



HAL
open science

Problématisation, investigations et apprentissages dans les sciences de la vie. : Etude didactico-pédagogique des conditions de possibilité pour des investigations empiriques problématisantes, dans deux domaines biologiques : nutrition et reproduction végétales.

Francois Xavier Beuve

► **To cite this version:**

Francois Xavier Beuve. Problématisation, investigations et apprentissages dans les sciences de la vie. : Etude didactico-pédagogique des conditions de possibilité pour des investigations empiriques problématisantes, dans deux domaines biologiques : nutrition et reproduction végétales.. Education. Normandie Université, 2017. Français. NNT : 2017NORMC010 . tel-01651118

HAL Id: tel-01651118

<https://theses.hal.science/tel-01651118>

Submitted on 28 Nov 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Normandie Université

THESE

Pour obtenir le diplôme de doctorat

Spécialité : Sciences de l'Education

Préparée au sein de l'Université de Caen Normandie

Problématisation, investigations et apprentissages dans les sciences de la vie

Etude didactico-pédagogique des conditions de possibilité pour des investigations empiriques problématisantes, dans deux domaines biologiques : nutrition et reproduction végétales

**Présentée et soutenue par
François-Xavier BEUVE**

**Thèse soutenue publiquement le mardi 30 mai 2017
devant le jury composé de**

| | | |
|-----------------------------|--|-----------------------|
| M. Jean-Marie BOILEVIN | Professeur – Université de Bretagne Occidentale | Examineur |
| M. Yann LHOSTE | Maître de conférences (HDR) – Université de Bordeaux | Co-directeur de thèse |
| Mme Patricia MARZIN-JANVIER | Maître de conférences (HDR) – Université de Grenoble Alpes | Rapporteuse |
| M. Christian ORANGE | Professeur – Université libre de Bruxelles | Rapporteur |
| M. Thierry PIOT | Professeur – Université de Caen Normandie | Directeur de thèse |
| Mme Patricia SCHNEEBERGER | Professeur – Université de Bordeaux | Examinatrice |

Thèse dirigée par Thierry PIOT (CIRNEF, EA 7454), et co-dirigée par Yann LHOSTE (Lab-E3D, EA 7441)



CIRNEF
Normandie Université • EA 7454

« Je crois que le cerveau humain a une exigence fondamentale : celle d'avoir une représentation unifiée et cohérente du monde qui l'entoure, ainsi que des forces qui animent ce monde. Les mythes, comme les théories scientifiques, répondent à cette exigence humaine. Dans tous les cas, et contrairement à ce qu'on pense souvent, il s'agit d'expliquer ce qu'on voit par ce qu'on ne voit pas, le monde visible par un monde invisible qui est toujours le produit de l'imagination. Par exemple, on peut regarder la foudre comme l'expression de la colère divine ou comme une différence de potentiel entre les nuages et la Terre ; on peut regarder une maladie comme le résultat d'un sort jeté à une personne, ou comme le résultat d'une infection virale, mais, dans tous les cas, ce qu'on invoque comme cause ou système d'explication, ce sont des forces invisibles qui sont censées régir le monde. Par conséquent, qu'il s'agisse d'un mythe ou d'une théorie scientifique, tout système d'explication est le produit de l'imagination humaine. La grande différence entre mythe et théorie scientifique, c'est que le mythe se fige. Une fois imaginé, il est considéré comme la seule explication du monde possible. Tout ce qu'on rencontre comme événement est interprété comme un signe qui confirme le mythe. Une théorie scientifique fonctionne de manière différente. Les scientifiques s'efforcent de confronter le produit de leur imagination (la théorie scientifique) avec la "réalité", c'est-à-dire l'épreuve des faits observables. De plus, ils ne se contentent pas de récolter des signes de sa validité, ils s'efforcent d'en produire d'autres, plus précis, en la soumettant à l'expérimentation. Et les résultats de celle-ci peuvent s'accorder ou non à la théorie. Et si l'accord ne se fait pas, il faut jeter la théorie et en trouver une autre. Ainsi le propre d'une théorie scientifique est d'être tout le temps modifiée ou amendée. C'est, si vous voulez, un cadre conceptuel qui permet de progresser, d'interpréter un certain nombre d'événements, de suggérer certaines expériences, d'en prévoir certains résultats et précisément, en fonction des résultats obtenus, la théorie pourra être modifiée, améliorée, voire, au contraire, jetée à la poubelle pour être remplacée par une autre quand c'est devenu nécessaire. »

François Jacob (1979)

Avant-propos

Au terme de ce travail, je souhaite tout d'abord vivement remercier monsieur le professeur Thierry Piot, directeur du CERSE (EA 965) de l'université de Caen Normandie, pour avoir accepté de diriger ce travail de thèse. La qualité de son encadrement, ses compétences remarquables en matière de pédagogie, associées à une très grande disponibilité, m'ont été très profitables tout au long de ces trois années, pleines et entières, intenses même, de recherche en sciences humaines.

Je tiens également à témoigner au mieux de ma reconnaissance à Yann Lhoste, maître de conférences habilité à diriger des recherches, directeur adjoint du Lab-E3D (EA 7441) de l'université de Bordeaux, pour avoir accepté de co-diriger ce travail de thèse. Mais plus encore, m'a-t-il auparavant assuré de son encadrement, de son expertise lors de la préparation de mon professorat des écoles d'abord (Beuve, 2009), et de mon master recherche en didactique de la biologie ensuite (Beuve, 2011). Merci donc à toi Yann, pour cette initiation à la recherche en sciences humaines, d'un genre nouveau pour moi à l'époque, et puisque faisant suite à mon passé, enthousiaste au demeurant, d'avec les sciences du vivant, notamment lors de la préparation de mon master recherche en biologie (Beuve, 2006).

Que se voit encore et ici remercié, de chaleureuse façon, l'ensemble des formateurs de l'ESPE de l'académie de Caen, lesquels, dans un éclectisme particulièrement convaincant et des plus réussis, m'ont initié avec goût et justesse à la polyvalence d'un métier, celui de formateur, dont la complexité n'est plus à démontrer, et qu'il m'a été donné de pratiquer au cours de ces cinq dernières années (de septembre 2011 à juin 2016) : cours magistraux, travaux dirigés, travaux pratiques, tutorat, visites de terrain... Une attention plus particulière aussi, à la bibliothèque du centre saint-lois, d'une efficacité redoutable quant à mes requêtes quasi quotidiennes ; Pascale Delorme et Amandine Lecocq, sachez retrouver ici la marque de notre profonde amitié.

De même et pour la gentillesse, la bonne humeur et l'accueil chaleureux dont elle a su me faire preuve, j'adresse ma plus sincère sympathie à l'équipe éducative du RPI Saint-Georges

d'Elle – Saint-André de l'Épine – Saint-Pierre de Semilly, et à tous ses membres, et plus particulièrement à son directeur de l'époque, Jean-Marc Hamelin, qui a si généreusement su m'ouvrir les portes de sa classe, et assurer avec brio la mise en œuvre de mes deux dispositifs didactiques.

Tous mes remerciements les plus appuyés à Jean-Marie Boilevin, Patricia Marzin-Janvier, Christian Orange et Patricia Schneeberger, pour avoir accepté de prendre connaissance du présent travail.

Enfin, toute ma reconnaissance se porte naturellement vers mes proches ; à ma mère, pour son soutien indéfectible, inébranlable et sans limites, à ma compagne, pour sa patience et son abnégation magnifique, et à mon oncle qui, à sa façon, saura sans nul doute se reconnaître au travers de ce manuscrit.

Sigles / Acronymes

| | |
|-----------------|---|
| ADN | Acide DésoxyriboNucléique |
| ATP | Adénosine TriPhosphate |
| CAFIPEMF | Certificat d'Aptitude aux Fonctions d'Instituteur ou de Professeur des Écoles Maître Formateur |
| CE1 | Cours Élémentaire 1 ^{re} année |
| CE2 | Cours Élémentaire 2 ^e année |
| CERSE | Centre d'Études et de Recherche en Sciences de l'Éducation |
| CM1 | Cours Moyen 1 ^{re} année |
| CM2 | Cours Moyen 2 ^e année |
| CNRS | Centre National de la Recherche Scientifique |
| CO ₂ | Carbon Dioxide (Dioxyde de Carbone) |
| CP | Cours Préparatoire |
| DSDEN | Direction des Services Départementaux de l'Éducation Nationale |
| EA | Équipe d'Accueil |
| ED | École Doctorale |
| EN | École Normale |
| ESPE | École Supérieure du Professorat et de l'Éducation |
| HDR | Habilitation à Diriger des Recherches |
| INRP | Institut National de Recherche Pédagogique |
| Lab-E3D | Laboratoire d'Épistémologie et de Didactique Des Disciplines |
| MEEF | Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation |
| MRSH | Maison de la Recherche en Sciences Humaines |
| O ₂ | Dioxygen (Dioxygène) |

| | |
|---------|---|
| OHERIC | Observation / Hypothèse / Expérimentation ¹ / Résultat / Interprétation / Conclusion |
| PHERIC | Problème / Hypothèse / Expérimentation ² / Résultat / Interprétation / Conclusion |
| PRESTE | Plan de Rénovation de l'Enseignement des Sciences et de la Technologie à l'École |
| RPI | Regroupement Pédagogique Intercommunal |
| SCI | Socio-constructiviste / Constructiviste / Interactive |
| THEORIC | Théorie / Hypothèse / Expérimentation ³ / Observation / Résultat / Interprétation / Conclusion |
| TIC | Technologies de l'Information et de la Communication |
| TICE | Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement |
| UFR | Unité de Formation et de Recherche |
| UICPA | Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée |

1 Ou Expérience.

2 Ou Expérience.

3 Ou Expérience.

Sommaire

Introduction générale

CHAPITRE 1. INTRODUCTION ET EXPECTATIVES

1. Problèmes et modélisation dans l'enseignement des sciences de la vie
2. La formation de l'esprit scientifique dans l'apprentissage des sciences de la vie
3. Situations-problèmes et savoir scolaire dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences de la vie

CHAPITRE 2. “SITUATION DE PRATIQUE SCOLAIRE”, PROBLÉMATISATION ET DÉMARCHE SCIENTIFIQUE D'INVESTIGATION

Introduction

1. Activité et apprentissage : quel(s) lien(s) ?
 - 1.1. L'apprentissage portant sur l'activité en situation
 - 1.2. L'apprentissage se produisant à l'école
2. La pédagogie de projet, telle une problématique du sens
 - 2.1. Le projet d'activité : une logique de produits, la finalisation
 - 2.2. Le projet d'apprentissage : une logique de besoins, la légitimation
 - 2.3. Le projet d'enseignement : une logique de moyens, la didactisation
 - 2.4. L'intérêt de la pédagogie de projet
3. Le fonctionnement du système didactique au travers de la “situation de pratique scolaire”
 - 3.1. La “situation de pratique scolaire” au regard du projet d'activité, ou la rencontre de la logique de la société et de la logique de l'apprenant
 - 3.2. La “situation de pratique scolaire” au regard du projet d'enseignement, ou la rencontre de la logique du savoir et de la logique de la société

3.3. La “situation de pratique scolaire” au regard du projet d'apprentissage, ou la rencontre de la logique de l'apprenant et de la logique du savoir

3.4. L'opérationnalisation de la “situation de pratique scolaire”

4. La démarche de problématisation, telle une méthodologie d'apprentissage

4.1. Première caractéristique : un processus multidimensionnel impliquant position, construction et résolution de problèmes

4.2. Deuxième caractéristique : une recherche de l'inconnu à partir du connu, c'est-à-dire de l'édification d'un certain nombre de points d'appui à partir desquels questionner

4.3. Troisième caractéristique : une dialectique de faits et d'idées, d'expériences et de théories

4.4. Quatrième caractéristique : une pensée contrôlée par des normes (intellectuelles, éthiques, techniques, pragmatiques...), ces normes étant elles-mêmes tantôt prédéfinies et tantôt à construire

4.5. Cinquième caractéristique : une schématisation fonctionnelle du réel qui renonce à tout embrasser et à reproduire la réalité mais vise plutôt à construire des outils pour penser et agir

5. Regards croisés entre la démarche d'investigation et le modèle d'“investigation-structuration”

5.1. Fondements épistémologiques de la démarche d'investigation

5.2. Fondements épistémologiques du modèle d'“investigation-structuration”

6. Conclusion et première formulation de la question de recherche

CHAPITRE 3. PROBLÉMATISATION SCIENTIFIQUE ET INVESTIGATIONS EMPIRIQUES

Introduction

1. Problèmes et savoirs dans les activités scientifiques

1.1. Relations entre problèmes et savoirs scientifiques

1.2. Construction des problèmes dans les savoirs scientifiques

1.3. De la particularité des problèmes et de la problématisation scientifiques

- 1.4. Activités langagières, problématisation et conceptualisation scientifiques
- 2. Problèmes et modèles dans les activités scientifiques
 - 2.1. Registres en jeu dans les savoirs scientifiques
 - 2.2. Registres en jeu et construction des problèmes dans les savoirs scientifiques
 - 2.3. Des “espaces de contraintes” aux “espaces contraintes et nécessités”
- 3. Problèmes et expériences dans les activités scientifiques
 - 3.1. De la diversité des épistémologies scientifiques
 - 3.2. De la diversité du registre empirique
 - 3.3. De la diversité des investigations empiriques
- 4. Conclusion et seconde formulation de la question de recherche

CHAPITRE 4. PROBLÉMATISATION SCIENTIFIQUE ET ACTIVITÉS LANGAGIÈRES

Introduction

- 1. De la recherche à la justification de l'explication : la mise en texte du savoir au laboratoire
 - 1.1. Le langage au sein de l'activité scientifique
 - 1.2. La communication informelle, ou la recherche de l'explication
 - 1.3. La communication formelle, ou la justification de l'explication
 - 1.4. Conclusion
- 2. Le langage dans les activités scientifiques
 - 2.1. Le langage, telle une activité consubstantielle de l'activité scientifique
 - 2.2. Le langage, et la notion de dialogisme
 - 2.3. Le langage, et la notion de genres du discours
 - 2.4. Conclusion
- 3. Le langage dans les apprentissages scientifiques

- 3.1. Constructivisme et socio-constructivisme
- 3.2. Apprentissages incidents et apprentissages intentionnels
- 3.3. Concepts quotidiens et concepts scientifiques
- 3.4. Zone prochaine de développement et niveau présent de développement
- 3.5. Fonction interpsychique et fonction intrapsychique
- 3.6. Conclusion

CHAPITRE 5. PROBLÉMATISATION SCIENTIFIQUE ET MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

Introduction

- 1. Philosophie du dispositif didactique scientifique
 - 1.1. L'évaluation diagnostique, ou la "perception" du problème
 - 1.2. Le débat scientifique, ou l'articulation de la perception et de la construction du problème
 - 1.3. Les investigations empiriques, ou l'articulation de la construction et de la résolution du problème
- 2. Analyse de l'évaluation diagnostique en termes de problématisation scientifique
 - 2.1. Référentiel pour l'analyse des conceptions des apprenants sur le thème d'étude de la nutrition végétale : le cas des végétaux supérieurs
 - 2.2. Référentiel pour l'analyse des conceptions des apprenants sur le thème d'étude de la reproduction animale : le cas de l'Homme
- 3. Analyse du débat scientifique en termes de problématisation scientifique
 - 3.1. Analyse thématique du débat scientifique
 - 3.2. Analyse épistémologique du débat scientifique
- 4. Analyse des investigations empiriques en termes de problématisation scientifique
- 5. Conclusion

CHAPITRE 6. CONCEPTUALISATION, MISE EN ŒUVRE ET ANALYSE D'UN DISPOSITIF DIDACTIQUE LORS D'UNE PROBLÉMATISATION SCIENTIFIQUE AYANT TRAIT À LA NUTRITION VÉGÉTALE

Introduction

1. Analyse épistémologique de l'objet d'étude

1.1. Les obstacles en jeu

1.2. Les représentations en jeu

1.3. Les explications en jeu

2. Analyse de l'évaluation diagnostique en termes de problématisation scientifique

2.1. Première question

2.2. Deuxième question

2.3. Troisième question

2.4. Discussion partielle

3. Analyse du débat scientifique en termes de problématisation scientifique

3.1. Analyse thématique du débat scientifique

3.2. Analyse épistémologique du débat scientifique

4. Analyse des investigations empiriques en termes de problématisation scientifique

4.1. Séance du mardi vingt-cinq mars deux-mille-quatorze : investigation sur le besoin en eau

4.2. Séance du mardi premier avril deux-mille-quatorze : investigation sur le besoin en eau

4.3. Séance du lundi sept avril deux-mille-quatorze : structuration sur le besoin en eau

4.4. Séance du mardi huit avril deux-mille-quatorze : investigation sur le besoin en sels minéraux

4.5. Séance du lundi quatorze avril deux-mille-quatorze : structuration sur le besoin en sels minéraux

4.6. Séance du mardi quinze avril deux-mille-quatorze : investigation sur le besoin en CO₂ + lumière

4.7. Séance du mardi vingt-deux avril deux-mille-quatorze : structuration sur le besoin en CO₂ + lumière

5. Discussion générale autour du premier recueil de données

5.1. Articulation de l'investigation à la problématisation sur le temps des investigations empiriques

5.2. Construction de relations entre concepts : un cas d'étude, la séance ayant pour objectif la structuration sur le besoin en sels minéraux

5.3. Construction de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] d'une transformation (*via* un organe) de la matière prélevée : un cas d'étude, la séance ayant pour objectif l'investigation sur le besoin en CO₂ + lumière

5.4. Obstacles à la construction de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] d'une transformation (*via* un organe) de la matière prélevée

5.5. Le besoin en CO₂ : une connaissance apodictique pour le savoir savant, une connaissance assertorique pour le savoir à enseigner

5.6. Retour sur la question de recherche, de sa première formulation à sa seconde formulation

CHAPITRE 7. CONCEPTUALISATION, MISE EN ŒUVRE ET ANALYSE D'UN DISPOSITIF DIDACTIQUE LORS D'UNE PROBLÉMATISATION SCIENTIFIQUE AYANT TRAIT À LA REPRODUCTION VÉGÉTALE

Introduction

1. Analyse épistémologique de l'objet d'étude

1.1. Le concept de fleur

1.2. Le concept de fruit

1.3. Le concept de graine

1.4. Conclusion : actions didactiques possibles

2. Analyse de l'évaluation diagnostique en termes de problématisation scientifique
 - 2.1. Première question : le changement de génération au cours du cycle de développement / vie
 - 2.2. Deuxième question : la forme, la structure de la fleur et sa fonction, son rôle
 - 2.3. Troisième question : l'origine du fruit
 - 2.4. Quatrième question : la fonction, le rôle du fruit
 - 2.5. Discussion partielle
3. Analyse du débat scientifique en termes de problématisation scientifique
 - 3.1. Analyse thématique du débat scientifique
 - 3.2. Analyse épistémologique du débat scientifique
4. Analyse des investigations empiriques en termes de problématisation scientifique
 - 4.1. Séance du mardi dix mars deux-mille-quinze : le concept de fleur, et le pistil
 - 4.2. Séance du mardi dix-sept mars deux-mille-quinze : les concepts de fruit et de graine
 - 4.3. Séance du vendredi vingt mars deux-mille-quinze : le concept de fleur, et le pollen
 - 4.4. Séance du mardi vingt-quatre mars deux-mille-quinze
5. Discussion générale autour du second recueil de données
 - 5.1. Articulation de l'investigation à la problématisation sur le temps des investigations empiriques
 - 5.2. Construction de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] d'un "spermatozoïde" et d'un "ovule" : un cas d'étude, la séance portant sur le concept de fleur, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pistil
 - 5.3. Construction de relations entre concepts : un cas d'étude, la séance structurant les concepts de fleur, de fruit et de graine
 - 5.4. Observation de l'activité langagière dans les activités scientifiques
 - 5.5. Retour sur la question de recherche, de sa première formulation à sa seconde formulation

CHAPITRE 8. DISCUSSION GÉNÉRALE

Introduction

1. La démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences expérimentales et technologie

1.1. Des bases théoriques (socio)constructivistes à leur mise en œuvre

1.2. Mises au point et mises en garde

2. Le modèle d'“investigation-structuration” : une solution à la tension qui s'exerce entre la logique de l'apprenant, psychologique, et la logique du savoir, épistémologique

2.1. Contextualisation et description du modèle d'“investigation-structuration”

2.2. Écologie du modèle d'“investigation-structuration”

3. Les trois sens du constructivisme

3.1. Le registre épistémologique

3.2. Le registre psychologique

3.3. Le registre pédagogique

4. Fonction d'étayage, de tutelle et zone proximale de développement : ou de l'intérêt des activités de structuration

5. Perspectives vygotskienne et bakhtinienne de l'apprentissage en sciences : ou de l'intérêt des énoncés négociés et des énoncés “structurants” (productions langagières intermédiaires)

6. Le modèle d'“investigation-structuration” : une incarnation de la “situation de pratique scolaire” en sciences

7. Le modèle d'“investigation-structuration” : une condition pour des investigations empiriques problématisantes

7.1. Investigations empiriques et construction de problèmes explicatifs

7.2. Investigations empiriques et connaissances en jeu

7.3. Investigations empiriques au sein de la construction de problèmes explicatifs : diversité de formes, de structures et de fonctions, de rôles

8. Le modèle d'“investigation-structuration” : une solution au double écueil de la

pédagogie de la réponse et de la pédagogie de la question

CHAPITRE 9. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

1. Conditions didactiques de la problématisation scientifique
2. Conditions didactiques de la problématisation scientifique au regard de nos études empiriques : de l'importance, aussi, de ne pas négliger le registre psychologique du constructivisme
 - 2.1. Sur le temps du débat scientifique
 - 2.2. Sur le temps des investigations empiriques
3. Les trois dimensions du constructivisme en situation de classe
4. Perspectives de recherche

Conclusion générale

Bibliographie

Introduction générale

Le présent travail de recherche s'est déroulé au sein du CERSE (EA 965) de l'université de Caen Normandie qui, nous pouvons le souligner, a succédé en 1984 au Laboratoire de psychopédagogie, fondé en 1957 par le professeur Gaston Mialaret. Actuellement dirigé par le professeur Thierry Piot, le CERSE exerce, en lien étroit avec la MRSH, ses activités dans le domaine scientifique des sciences de l'Homme et de la société. Sur le plan de l'offre d'enseignement, le CERSE est rattaché à l'UFR des Humanités et Sciences Sociales et, plus précisément, au département des Sciences de l'Éducation de l'université de Caen Normandie ; aussi et pour ce qui nous concerne, est-il rattaché à l'école doctorale *Homme, Sociétés, Risques, Territoire* (ED 556). Enfin, le programme des recherches menées au laboratoire est-il organisé autour de trois grands groupes de thématiques et d'hypothèses, structurés en trois équipes, à savoir :

l'équipe Professionnalité, Identités et Apprentissages, dont le responsable est Philippe Mazereau ;

l'équipe Histoire, Institutions, Disciplines, Idées et Acteurs, dont la responsable est Isabelle Harlé ;

l'équipe Enfances, Jeunesses et Cultures, dont la responsable est Julie Delalande.

C'est donc au travers des préoccupations de la première équipe que s'est inscrit notre travail de recherche, en mobilisant plus particulièrement le cadre conceptuel de la problématisation, initié ici-même au CERSE, il y a de cela quelques années déjà, par Michel Fabre, puis développé plus spécifiquement dans le domaine des sciences de la vie et de la Terre par Christian Orange et Christian Ridaou, mais également dans le domaine de l'éducation physique et sportive par Alain Le Bas : il s'agissait là à l'initial « de l'«*École de Saint-Lô*», aujourd'hui quelque peu géographiquement dispersée mais toujours bien vivante. » (Fabre, 1999, p. 7). Plus encore, et dans des proportions variées, nous retrouvons-nous à plein, et par pure filiation intellectuelle d'avec cette même École, dans les différents axes structurants des travaux de recherche de Lhoste (2014), lesquels portent à nouveau sur le domaine des sciences de la vie et de la Terre, avec :

l'épistémologie des savoirs scolaires, pour le premier axe structurant ;

la problématisation et les apprentissages scolaires, pour le deuxième axe structurant ;

le langage et les apprentissages scolaires, pour le troisième axe structurant ;

les pratiques enseignantes et la formation des enseignants, pour le quatrième axe structurant.

Dès son origine, le cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons a tenu à mettre l'accent sur l'intérêt tout particulier du débat scientifique, au sein de tout dispositif didactique en sciences, et ce en vertu des interactions langagières qui le caractérisent. Tout un chacun disposant d'explications, de raisonnements qui lui sont propres, c'est en effet l'occasion d'une confrontation d'opinions, comme d'une prise de conscience de leur diversité, amenant à leur possible remise en cause. Ces convictions que l'on partage à l'échelle de la communauté scolaire sont, comprenons-le bien, tout droit issues de la communauté scientifique, où l'on ne sait que trop bien « *l'importance de ces confrontations critiques entre chercheurs tant au sein de leur équipe qu'entre laboratoires différents. Le scientifique doit en effet convaincre ses collègues de la validité de ses propositions en fournissant des arguments fondés. À l'opposé d'un processus rhétorique qui vise la persuasion des interlocuteurs, le débat scientifique s'appuie sur un système de preuves basé sur des connaissances et des raisonnements. L'étude des controverses permet aux historiens des sciences de repérer comment la légitimité des propositions des scientifiques est négociée dans la communauté savante. En biologie, nous retiendrons la querelle entre Pasteur et Pouchet (à propos de la génération spontanée) qui fut arbitrée par l'Académie des Sciences organisée en commissions d'experts.* » (Schneeberger, 2002, p. 49). C'est ainsi, et pour revenir à la communauté scolaire, qu'en ayant fait le choix « *de laisser plus de place à la parole des élèves, on cherche non pas à développer des habiletés rhétoriques mais à favoriser la construction d'un savoir collectif. En effet, si on considère qu'il est important de placer l'apprenant dans une situation comparable à celle du chercheur ou du professionnel, alors la dimension sociale et argumentative de l'activité scientifique a sa place dans la classe.* » (Schneeberger, 2002, p. 49). Précisons de suite, même si nous aurons largement l'occasion d'y revenir, que cette dernière dimension, celle de l'argumentation, laisse à voir également que nos « *savoirs scientifiques ne sont pas des savoirs factuels, assertoriques : savoir que l'eau bout à 100°, ou que les aliments ingérés subissent telles transformations dans le tube digestif ne relève pas de la science mais de l'érudition.* » (Orange, 2006, p. 77). En somme, n'est-il point question en sciences, ou point

seulement « de “savoir que”, mais de savoir “pourquoi cela ne peut pas être autrement” : pourquoi ne peut-il pas ne pas exister de transformations dans le tube digestif ? Pourquoi l'eau qui bout ne change pas de température quand on augmente la puissance du chauffage ? » (Orange, 2006, p. 77). Ainsi en va-t-il de l'intérêt du débat scientifique qui, en ne se focalisant pas sur la résolution du problème en jeu, permet de penser les conditions de possibilité de telle ou telle explication, de telle ou telle solution, et d'ainsi pleinement construire le problème en question (Fabre, 1999) ; nous délaissions là par ailleurs, définitivement, la passion qui persuade, au profit de la raison qui convainc.

Seulement, et à l'épreuve du terrain, un projet d'enseignement-apprentissage en sciences ne peut se limiter à la forme du débat scientifique, et puisque les instructions officielles encouragent notamment le recours à l'expérimental, ou tout du moins à l'investigation. Et, de ce point précis, découle toute notre problématique de recherche : nous observons en effet, régulièrement, une certaine rupture dans la dynamique de problématisation, entre le temps du débat scientifique et le temps des investigations empiriques. En d'autres termes, une activité de problématisation, bel et bien engagée sur le temps du débat scientifique mais qui peine à se poursuivre sur le temps des investigations empiriques. C'est pourquoi nous nous proposons de nous intéresser, dans le cadre de notre travail de recherche, à l'articulation de la problématisation à l'investigation et, plus précisément, à l'étude des conditions de possibilité pour des investigations empiriques problématisantes : finalement, de faire en sorte que l'investigation permette la poursuite de l'activité de problématisation. De fait, une telle étude empirique ne pourra se limiter à l'échelle de la séance, et d'un possible niveau d'étude microscopique, voire macroscopique, mais devra au contraire aborder l'échelle de la séquence, pour se situer alors sur un niveau d'étude mésoscopique. Issus de l'école élémentaire, nos recueils de données s'appliqueront en outre à deux domaines biologiques distincts, et néanmoins complémentaires, à savoir la nutrition et la reproduction végétales.

Notre travail de recherche visera donc à mieux comprendre la façon dont les apprenants sont amenés à s'engager dans la construction de savoirs scientifiques, dans le cadre de la démarche d'investigation, et à quelles conditions. Les modalités d'intervention de l'enseignant, pour engager à la fois l'apprenant dans l'investigation et la problématisation, seront questionnées.

Il est une autre façon, enfin, de légitimer notre problématique de recherche : le débat scientifique, que nous défendons ardemment, peut néanmoins être l'objet de critiques assez fortes ; ainsi, d'après Bautier et Rayou (2009), il serait à l'origine de difficultés scolaires, et puisque ne permettant qu'à de "bons élèves" de construire des savoirs scientifiques, dans un tel dispositif didactique. Plus encore, et au-delà du contexte scolaire, d'autres avancent tout bonnement qu'il « *n'a jamais fait avancer le schmilblick nulle part, jamais. Dans l'histoire des sciences, par exemple, cela n'a jamais rien donné.* » (Serres, Legros & Ortolí, 2014, p. 134). On comprend mieux alors le souci qui est le nôtre, lorsque nous nous proposons de nous intéresser aux modalités d'intervention de l'enseignant, et ce afin d'engager au mieux l'ensemble des apprenants de la classe dans les activités proposées, et notamment la démarche d'investigation. Les très nombreux travaux de recherches se réclamant du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons ont, faut-il le reconnaître, une dimension essentiellement épistémologique, voire épistémologico-langagière (Gobert, 2014 ; Lhoste, 2008a) : s'ils s'intéressent bel et bien aux phénomènes qui se déroulent au sein de la classe, trop peu manifestent cependant l'intention de comprendre la façon dont les savoirs scientifiques qui s'y construisent, sont alors partagés. En d'autres termes, de mieux comprendre la façon dont l'enseignant assure le partage lors de la construction de savoirs scientifiques, dans le cadre de la démarche d'investigation. C'est pourquoi nous nous proposons de nous intéresser, dans le cadre de notre travail de recherche, à la dimension aussi bien individuelle que collective, du travail entrepris lors de la démarche d'investigation et, surtout, à la façon dont l'enseignant parvient à tenir ces deux dimensions : construction de savoirs scientifiques, partage de ladite construction. En espérant pouvoir valoriser de tels résultats, au niveau même de la formation initiale et continue des enseignants, et même s'il ne peut réellement exister « *de science pédagogique en dehors de l'activité réflexive du pédagogue qui vise à construire une intelligibilité des situations pédagogiques, toujours en tension entre un ici et maintenant singulier et une certaine genericité. C'est en prenant en compte la complexité de l'activité pédagogique que la formation des pédagogues professionnels que sont les enseignants ne sera pas elle-même instrumentée et réduite à une approche fonctionnelle et technique. Car aucun apprentissage ne s'ancre chez un sujet sans concerner simultanément son identité d'apprenant.* » (Piot, 2014, p. 80).

Globalement, ce travail de recherche mobilisera d'une part l'expérimentation avec,

notamment, la mise en œuvre de deux dispositifs didactiques scientifiques, et d'autre part la description, au service de l'analyse desdits dispositifs, ce qui nous inciterait alors à l'assimiler aux recherches de régularités d'Astolfi (1993), de type nomothétique, lesquelles « *s'organisent les unes autour de la caractérisation du réel, les autres autour de l'administration de la preuve. Les hypothèses y ont ici le statut plus canonique qu'elles prennent dans les méthodologies des "sciences dures".* » (Astolfi, 1993, p. 13). Nous sommes bel et bien avec de telles recherches sur « *une caractérisation d'éléments, de processus, de relations isolables, éventuellement répétables ; elles emploient des techniques et méthodologies dont le critère de validité est la possibilité d'une réplique* » (Astolfi, 1993, p. 13) de nos résultats de recherche. Cependant, nous ne pouvons nier que, d'une autre manière, nous analysons également « *des situations didactiques enregistrées et décryptées, dans la singularité complexe de chacune, et dans la variété possible des registres interprétatifs.* » (Astolfi, 1993, p. 13), ce qui renverrait alors aux recherches de signification d'Astolfi (1993), de type herméneutique. Sans doute sommes-nous alors confrontés à une recherche hybride, au tiers de type herméneutique, aux deux tiers de type nomothétique. Quoiqu'il en soit, les pratiques de classe ont été, lors de la mise en œuvre de ces deux dispositifs didactiques scientifiques, nécessairement quelque peu forcées. Néanmoins, nous pensons pouvoir ici-même affirmer que nos « *recherches pédagogiques tiennent compte en effet des pratiques en situation réelle (mais choisies pour leur pertinence au regard des critères du chercheur) pour tenter de saisir les conditions et les ressorts de leur efficacité. Le chercheur quitte le laboratoire pour faire de la classe un observatoire. Il va alors soumettre l'observation (premier temps) à des critères scientifiques, procéder aux réélaborations nécessaires pour valider le savoir ainsi produit (deuxième temps) et pour le mettre à la disposition du pédagogue qui va chercher à transcrire les nouvelles données en programme d'action (par exemple, une modélisation des différents registres de représentations attendues chez les élèves par rapport à tel savoir, outil permettant de mieux les identifier et de les traiter lors de la séance elle-même).* » (Bodergat, 2014, p. 104).

D'une certaine façon, notre manuscrit de recherche se présentera à la manière de la philosophie, en termes d'intentions didactiques s'entend, du dispositif didactique scientifique que nous défendrons ici-même. Passé un premier chapitre visant à introduire bibliographiquement notre propos, nous consacrerons les chapitres 2, 3 et 4⁴ à la

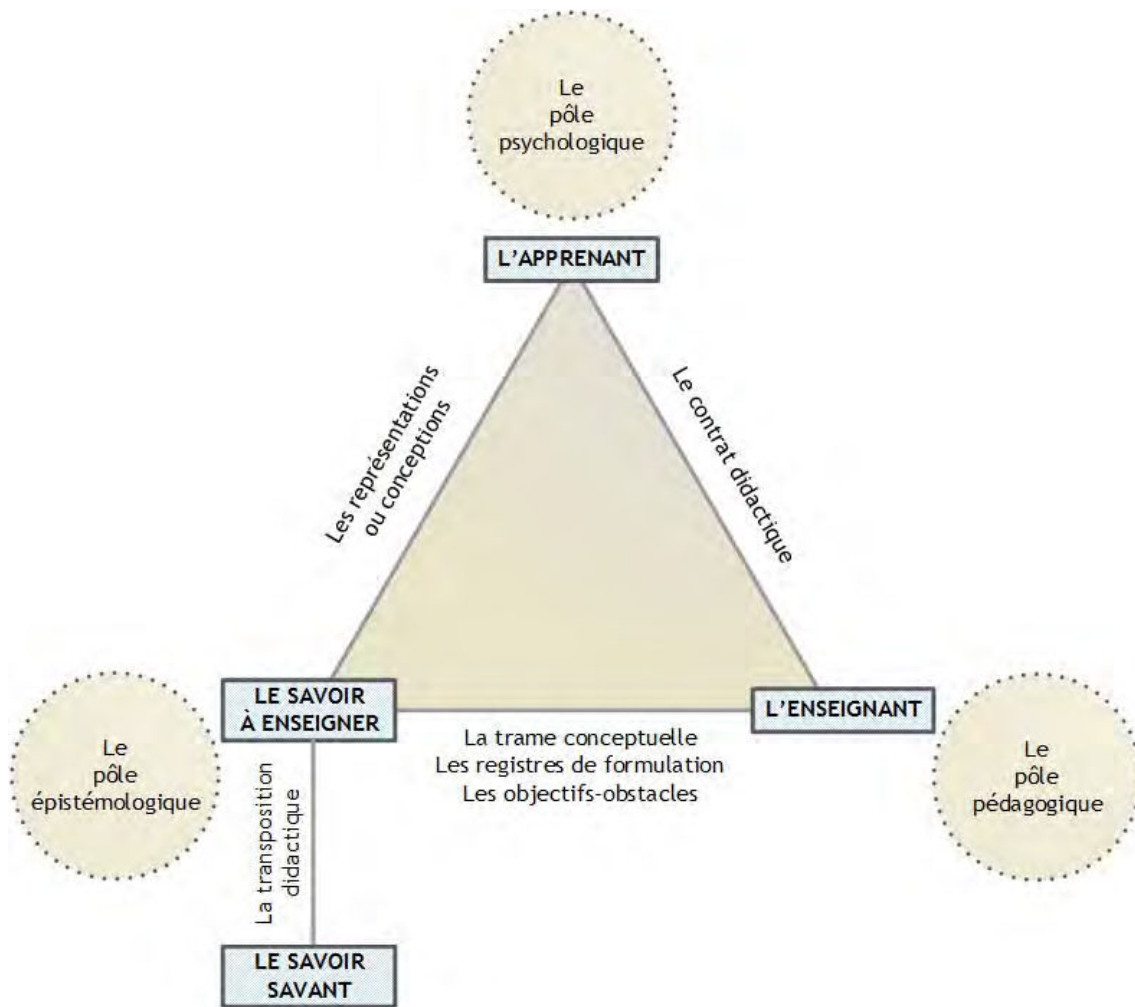
4 Très largement inspiré des travaux de recherche de Lhoste (2008a).

problématisation de notre objet de recherche avec, notamment, une première et une seconde formulation de la question de recherche. Le chapitre 5, quant à lui, assurera la bascule de la partie théorique à la partie empirique de notre travail de recherche. Après quoi, nous consacrerons les chapitres 6 et 7 à la construction du problème en jeu, par le biais de l'investigation, et le chapitre 8 à la décontextualisation dudit problème, par le biais de la structuration. Enfin, et avec un dernier chapitre, nous tenterons de conclure sur l'originalité de ce travail de recherche, en termes de résultats, comme d'élargir encore notre propos, pour toutes situations d'enseignement-apprentissage, quelles qu'elles soient.

Élargissant notre propos, et pour finir, comprenons bien que toute analyse didactique, pédagogique, toute proposition dans le domaine des sciences de l'éducation⁵, et lorsqu'elle vise à terme une meilleure professionnalisation des enseignants (Fabre, 1992 ; Fabre & Ridaou, 1990), en cela une meilleure efficacité –et si ce n'est une meilleure efficience de nos situations d'enseignement-apprentissage, n'a de sens et ne risque la pertinence qu'à la condition de se situer au croisement de différentes réflexions, de différents pôles, que nous développerons ci-après, et retrouvons invariablement au sein même de toute situation pédagogique ; ainsi fait, pouvons-nous alors rappeler la classique modélisation d'une situation d'enseignement-apprentissage (figure 0-1 ; Develay, 1987, p. 120), quelle qu'elle soit.

5 Au sens large, et pour ne pas entrer dans la polémique, quelque peu stérile, de la distinction de la didactique et de la pédagogie, qui n'a par ailleurs cessé d'évoluer avec le temps (Astolfi & Develay, 1989 ; Bertrand & Houssaye, 1995).

Figure 0-1. Modélisation d'une situation d'enseignement-apprentissage (Develay, 1987, p. 120)



Chapitre1. Introduction et expectatives

La philosophie de l'éducation a depuis longtemps porté à la connaissance de notre communauté la violence dont, au quotidien, fait preuve la pédagogie. En effet, les savoirs « *constituent, selon Pierre Bourdieu, une "violence symbolique" et relèvent d'un "arbitraire culturel" ; elles n'intéressent pas les élèves ou les dérangent car elles s'opposent aux représentations qu'ils s'étaient construites. Dans le cas de l'enseignement scientifique, l'imposition va plus loin car on a affaire à un mode de connaissance qui se construit contre le sens commun et conduit à sa dévalorisation ; on demande à l'élève de remplacer sa subjectivité par de l'objectivité, ce qui revient à valoriser l'objet aux dépens du sujet, alors que précisément la quête identitaire de l'élève le conduit à s'affirmer dans l'expression de ses propres valeurs, de ses propres opinions, de son corps et de ses sensations, autant de dimensions de son être dont l'activité scientifique demande de faire abstraction.* » (Trabal, 1999, p. 60). C'est ainsi qu'il nous faut, afin de pratiquer une réelle activité scientifique, renoncer en somme à une partie de nous-même : s'ouvre alors un monde nouveau, celui de la crédibilité qui, de fait, amène à l'autorité et, par voie de conséquence, au pouvoir (Trabal, 1999).

1. Problèmes et modélisation dans l'enseignement des sciences de la vie

La légitimité de tout enseignement relatif aux sciences de la vie, comme de son intérêt, renvoie inmanquablement et en premier lieu à sa propre dimension culturelle, double de son état (Orange, 1994a, 1997) : sociale d'abord, puisqu'envisagée telle une technicité partagée (Martinand, (1992)), individuelle ensuite, lorsqu'elle se veut le support de bouleversements cognitifs, divers et profonds qui, on peut l'imaginer, permettent alors de « *se construire des structures mentales, des outils intellectuels, des capacités de penser qui ouvrent de nouvelles possibilités* » (Orange, 1997, p. IX). Aussi, se pose-t-il la question de la définition même d'une culture des sciences de la vie, à laquelle Reboul (1980/1993) avance modestement⁶ le concept de compétences⁷ qui, selon Perrenoud (1995), reposent « *sur des savoirs étendus et explicites, et restent pertinentes pour une large classe de problèmes, car elles incluent des possibilités d'abstraction, de généralisation, de transfert. Il s'agit encore de savoir-faire, au sens large,*

6 Et puisqu'il ne s'est pas particulièrement intéressé à la culture des sciences de la vie et de la Terre.

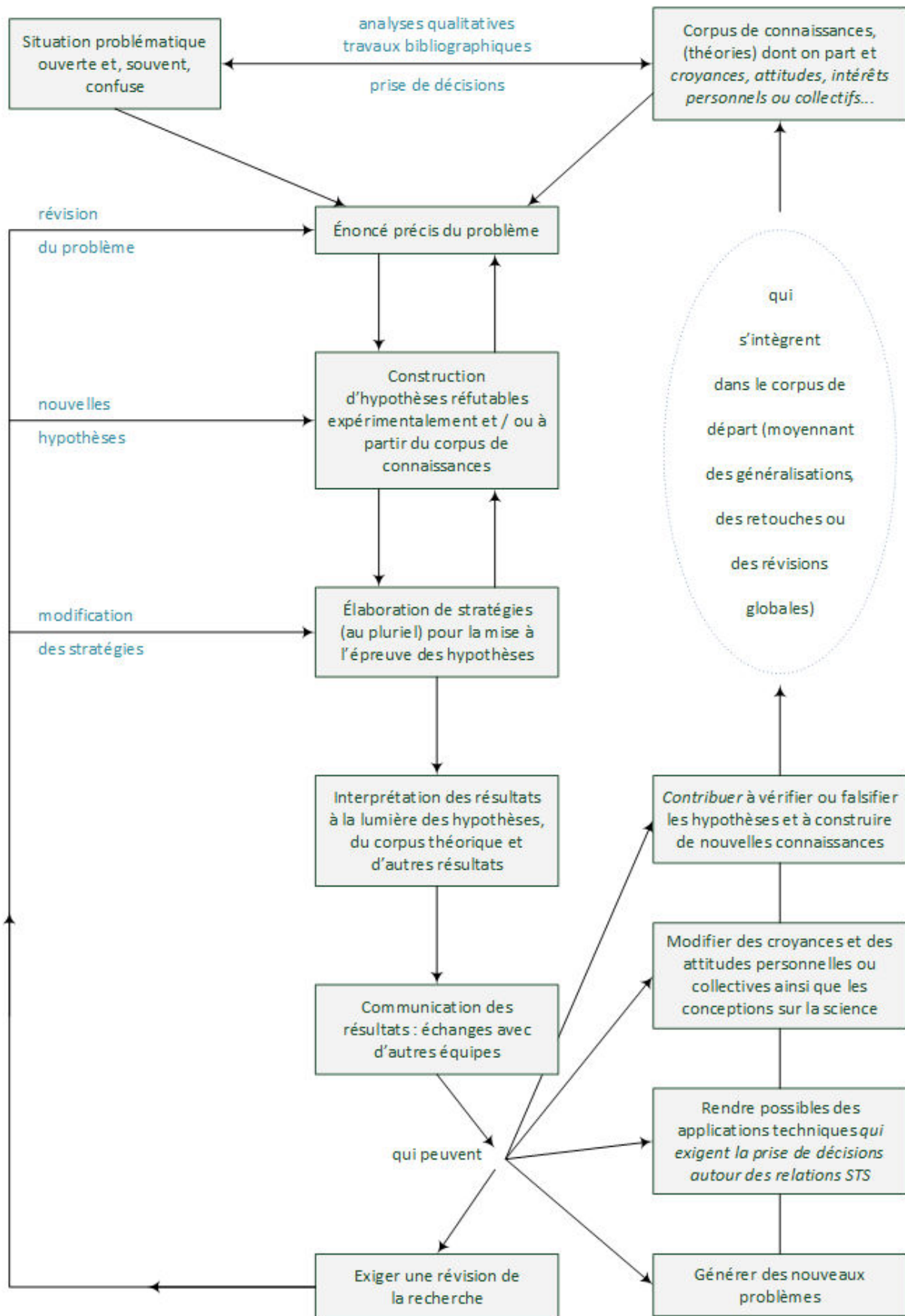
7 En effet, et vis-à-vis du concept de culture, Reboul (1980/1993) propose de se reporter « *à un concept plus modeste, mais sans doute plus "opérateur", celui de compétence. Je pose que la fin de l'enseignement est de donner, non pas des informations, ou même des savoir-faire, ou même des savoirs purs, mais une compétence. Autrement dit, l'élève doit parvenir non seulement à connaître quelque chose, mais à "s'y connaître".* » (Reboul, 1980/1993, p. 182).

puisque'il subsiste une référence à une pragmatique, à la sphère de la décision et de l'action. Une compétence permet de faire face à une situation singulière et complexe, à "inventer", à construire une réponse adaptée sans la puiser dans un répertoire de réponses » (Perrenoud, 1995, p. 75) qui seraient déjà programmées. Ainsi, la didactique des sciences expérimentales et technologie accorde, depuis quelques temps déjà, un intérêt des plus marqués à une certaine forme de maîtrise, pour l'apprenant, du problème scientifique⁸ (Brunet, 1998) et, de la même façon, de la modélisation⁹ (Orange, 1994a, 1997). En outre, la démarche d'investigation, par ailleurs préconisée par les instructions officielles, privilégie la mise en place d'une pédagogie active, voire pragmatiste et, surtout, permet de s'appuyer au mieux sur la "pratique sociale de référence" (Martinand, 1981) ici mobilisée, à savoir l'activité de recherche –scientifique. En cela, tout « *savoir scientifique que l'école doit permettre d'acquérir ne peut se réduire à une accumulation d'informations ou de résultats scientifiques.* » (Orange, 1997, p. 3), mais bel et bien à une activité collective extraordinairement complexe, à un travail d'investigations multiples et issues dudit problème scientifique, et comme le laisse entrevoir le diagramme d'un processus d'investigation / de recherche (figure 1-1 ; Gil-Pérez, 1993, p. 54).

8 En lui-même intimement lié au savoir scientifique en jeu.

9 Laquelle reste « *une compétence essentielle pour un scientifique et certainement parmi les plus intellectuellement riches car les modèles sont des outils d'intelligibilité.* » (Orange, 1997, p. X).

Figure 1-1. Diagramme d'un processus d'investigation / de recherche (Gil-Pérez, 1993, p. 54)



Ces quelques positions, très générales, étant posées, il convient à présent d'en préciser compendieusement l'origine conceptuelle.

2. La formation de l'esprit scientifique dans l'apprentissage des sciences de la vie

L'apprentissage et l'enseignement qui le précède, à travers les auteurs et les époques, ont été appréciés de façon bien diverse¹⁰ : en effet, si naguère la transmission du savoir scientifique, unidirectionnelle, verticale même était de mise, il en eut été depuis montré les limites, en termes d'acquis réels¹¹, l'omission d'alors résidant en l'absence d'une quelconque considération des représentations initiales¹² de l'apprenant (Giordan & de Vecchi, 1987 ; Ridao, 1993). Et Migne (1970) le premier de définir ainsi, didactiquement et sur le plan de formations pour adultes, ladite représentation initiale tel « *un modèle personnel d'organisation des connaissances par rapport à un problème particulier.* » (Migne, 1970, p. 80), quand Develay (1994) souligne qu'elle place « *le sujet qui l'exprime dans son rapport d'objectivité au monde. Elle est à considérer non comme un artefact, une pensée aberrante, une opinion passagère, une image de l'instant, mais pour chaque sujet comme son réel, sa manière de penser, son rapport au monde ici et maintenant. Cette adhérence entre la représentation exprimée et le sujet qui l'exprime est de l'ordre du rapport d'intimité. Pas étonnant alors que l'enseignant éprouve des difficultés à modifier les représentations de ses élèves et qu'il aperçoive une représentation surgir après que l'élève a fourni une explication rationnelle d'un fait. Modifier le système de représentations d'un élève oblige ce dernier à entrer en conflit avec lui-même. C'est pourquoi tout apprentissage conduit à une déstructuration cognitive, et en même temps à une déstabilisation affective de celui qui apprend. Il ne peut y avoir apprentissage que s'il y a rupture et continuité. Rupture car tout nouvel apprentissage introduit une césure avec le système explicatif qui jusqu'alors prévalait*

-
- 10 De cela, et parmi la multitude des modèles d'enseignement-apprentissage, Not (1990) oppose les apprentissages imposés (dont les maîtres-mots sont l'autorité et le dogme) aux apprentissages naturels ou spontanés (dont les maîtres-mots sont l'informel et l'occasionnel). Aussi et dans le même état d'esprit, à la façon d'Astolfi (1992), nous est-il permis de distinguer les modèles transmissif (l'“empreinte”), behavioriste (le “conditionnement”) et constructiviste (le “mentalisme”).
- 11 En cela qu'au-delà de la simple application (où l'apprenant est capable de mobiliser la compétence acquise au sein d'une situation nouvelle mais de structure même –à la situation d'enseignement-apprentissage), le sujet est également capable de réinvestissement (où l'apprenant est capable de mobiliser la compétence acquise au sein d'une situation nouvelle mais de structure proche –à la situation d'enseignement-apprentissage) ou, mieux encore, de transfert (où l'apprenant est capable de mobiliser la compétence acquise au sein d'une situation nouvelle mais de structure différente –à la situation d'enseignement-apprentissage), et lorsqu'il est question d'activités, de mouvements de décontextualisation et de recontextualisation (Develay, 1994). C'est pourquoi l'on peut dire que tout « *apprentissage réussi est un apprentissage qui permet des applications, des réinvestissements et même des transferts.* » (Develay, 1994, p. 42).
- 12 Selon les didacticiens et pédagogues, et par conséquent le sens qui y est porté, l'on parle distinctement ou indistinctement de conceptions (ou constructs) ou représentations initiales. C'est ainsi que Giordan et de Vecchi (1987) privilégient la conception, cependant qu'au regard de diverses approches (philosophie, psychologies génétique et sociale, sociologie), Ridao (1993) plaide « *sans acharnement et sans polémique, pour l'emploi du mot représentation en raison de sa pluralité de signification qui en fait sa richesse, et des liens qu'il assure avec les autres sciences humaines dont la didactique ne doit pas se couper.* » (Ridao, 1993, p. 118).

chez le sujet. Continuité parce que, au terme de cette rupture, l'apprentissage maîtrisé s'inscrit dans le champ notionnel déjà présent au départ. » (Develay, 1994, p. 41). En définitive, l'esprit de l'apprenant auquel on s'attache n'est jamais vierge mais, au contraire et d'une infrangible réalité, emprunt de systèmes explicatifs honnêtes, justes ou non, et durablement installés –d'où les résistances certaines et constatées lors de tout apprentissage. Alors, pour que puisse se construire le savoir scientifique en jeu, des transformations¹³ opérées sur le mode d'une rupture véritable sont nécessaires, indispensables même, et à travers la résolution de problèmes concrets. Cependant, s'opposent à cela, à la construction de ce savoir nouveau, de nombreux obstacles¹⁴, ceux-là mêmes dont Bachelard (1938/1986) en situe l'origine dans le savoir ancien et qui doit être dépassé, tout savoir nouvellement stabilisé devenant alors et à son tour obstacle au savoir nouveau ; de cela, Bachelard (1938/1986) s'efforcera-t-il à « *prouver que l'abstraction débarrasse l'esprit, qu'elle allège l'esprit, qu'elle le dynamise. Nous fournirons ces preuves en étudiant plus particulièrement les difficultés des abstractions correctes, en marquant l'insuffisance des premières ébauches, la lourdeur des premiers schémas, en soulignant aussi le caractère discursif de la cohérence abstraite et essentielle qui ne peut pas aller au but d'un seul trait.* » (Bachelard, 1938/1986, p. 6). Plus que d'acquérir de nouvelles connaissances¹⁵, capacités, attitudes... l'apprenant, pour apprendre¹⁶... se voit ainsi amené à les transformer, et ce en mettant au travail tel ou tel obstacle épistémologique (Bachelard, 1938/1986) qu'il s'agira alors de surmonter. Gardons cependant à l'esprit qu'en plus de sa transversalité¹⁷, l'obstacle en question possède, comme le rappelle Bachelard (1938/1986), une résistance certaine car¹⁸, et en usant du procédé de la

-
- 13 Lesquelles, et lors de la mise en œuvre d'un quelconque projet d'enseignement-apprentissage, seront qualifiées de cognitives en sciences de la vie et de la Terre mais, et pour exemple, de motrices en éducation physique et sportive (où l'enjeu n'est autre que de permettre le passage d'une motricité usuelle à une motricité extraordinaire).
- 14 Est ici clairement fait référence à l'obstacle épistémologique (Bachelard, 1938/1986), lequel possède tout un panel d'équivalents dans le domaine des sciences de la vie car, lorsque l'« *on cherche les conditions psychologiques des progrès de la science, on arrive bientôt à cette conviction que c'est en termes d'obstacles qu'il faut poser le problème de la connaissance scientifique. Et il ne s'agit pas de considérer des obstacles externes, comme la complexité et la fugacité des phénomènes, ni d'incriminer la faiblesse des sens et de l'esprit humain : c'est dans l'acte même de connaître, intimement, qu'apparaissent, par une sorte de nécessité fonctionnelle, des lenteurs et des troubles. C'est là que nous montrerons des causes de stagnation et même de régression, c'est là que nous décèlerons des causes d'inertie que nous appellerons des obstacles épistémologiques.* » (Bachelard, 1938/1986, p. 13).
- 15 Soulignons d'ailleurs ici la distinction terminologique opérée par Bachelard (1949), et lorsqu'il distingue les connaissances communes des connaissances scientifiques.
- 16 S'il nous fallait définir l'acte même d'apprendre, sans doute pourrions-nous le résumer à une acquisition certaine « *des structures de conduites et des représentations d'objets permettant d'agir dans et sur notre milieu ou sur les représentations qu'on en a.* » (Not, 1990, p. 8).
- 17 Remarquons qu'avec son caractère protéiforme, le caractère transversal de l'obstacle épistémologique (Bachelard, 1938/1986) définit ce que Fabre (1995) nomme la polymorphie dudit obstacle ; d'autres caractéristiques, et qui se complètent les unes les autres, ont d'ailleurs été identifiées, à savoir l'ambiguïté, la facilité, l'intériorité, la positivité et la récursivité de l'obstacle (Fabre, 1995).
- 18 Et pour exemple, formulez la simple demande, et à de plus ou moins jeunes « *élèves (mais aussi à un large public ayant fait de bonnes études secondaires) de dessiner le trajet des aliments dans leur corps lorsqu'ils ont mangé un*

métaphore, trouverons-nous toujours « *des zones obscures, des cavernes où continuent à vivre des ombres. Même chez l'homme nouveau, il reste des vestiges du vieil homme. En nous, le XVIII^e siècle continue sa vie sourde ; il peut – hélas – réapparaître. Nous n'y voyons pas, comme Meyerson, une preuve de la permanence et de la fixité de la raison humaine, mais bien plutôt une preuve de la somnolence du savoir, une preuve de cette avarice de l'homme cultivé ruminant sans cesse le même acquis, la même culture et devenant, comme tous les avares, victime de l'or caressé. Nous montrerons, en effet, l'endosmose abusive de l'assertorique dans l'apodictique, de la mémoire dans la raison. Nous insisterons sur ce fait qu'on ne peut se prévaloir d'un esprit scientifique tant qu'on n'est pas assuré, à tous les moments de la vie pensive, de reconstruire tout son savoir.* » (Bachelard, 1938/1986, p. 7). C'est alors, et puisque nous empruntons certainement plus à l'une qu'à l'autre, que nous nous proposons maintenant de résumer les caractéristiques de la thèse piagétienne vis-à-vis de la thèse bachelardienne (tableau 1-1 ; d'après Astolfi, 1997), l'une et l'autre structurant à elles seules les deux grandes orientations qu'a toujours connues la philosophie de l'éducation

Tableau 1-1. Caractéristiques de la thèse piagétienne vis-à-vis de la thèse bachelardienne (d'après Astolfi, 1997)

| | Thèse piagétienne ¹⁹ | Thèse bachelardienne ²⁰ |
|-----------------------|---|---|
| Concepts-clefs | Schème Représentation Déséquilibre Coordination Rééquilibration majorante | Rupture Opinion Obstacle Ascèse Psychanalyse de la connaissance objective |
| Idées-clefs | L'avenir de la raison Stades évolutifs : on naît jeune ; apprendre, c'est vieillir. | Le passé de la raison Archaïsmes régressifs : on naît vieux ; apprendre, c'est rajeunir. |

sandwich et bu un verre de bière. Au grand dam des professeurs de biologie qui ont passé tant d'heures à établir les notions de digestion et de nutrition, un fort pourcentage de réponses indique une conception en termes de "tuyauterie continue" entre les appareils digestif et excréteur ! Mieux : nombreux sont ceux qui figurent une sorte de bifurcation au niveau de l'estomac, à partir de laquelle les déchets solides seraient évacués par l'anus, quand un raccord direct conduirait les liquides à la vessie. De tels dessins, fréquents à l'école primaire, se retrouvent avec une fréquence comparable à l'entrée en IUFM ! Une telle conception est évidemment aberrante du point de vue biologique car c'est la fonction nutritive qui disparaît entièrement : les aliments ne font que traverser le corps, de part en part, sans véritablement pénétrer le milieu intérieur. Des connaissances factuelles de biologie ont probablement été acquises, mais pas l'idée essentielle que la véritable "entrée" nutritive dans l'organisme n'est pas la bouche mais la paroi de l'intestin grêle. » (Astolfi, 1995, p. 108).

19 Dont le champ d'étude se résume pour l'essentiel à l'épistémologie génétique (Giordan, 1978a) ou structurale, et lorsqu'il est question du travail des catégories logiques.

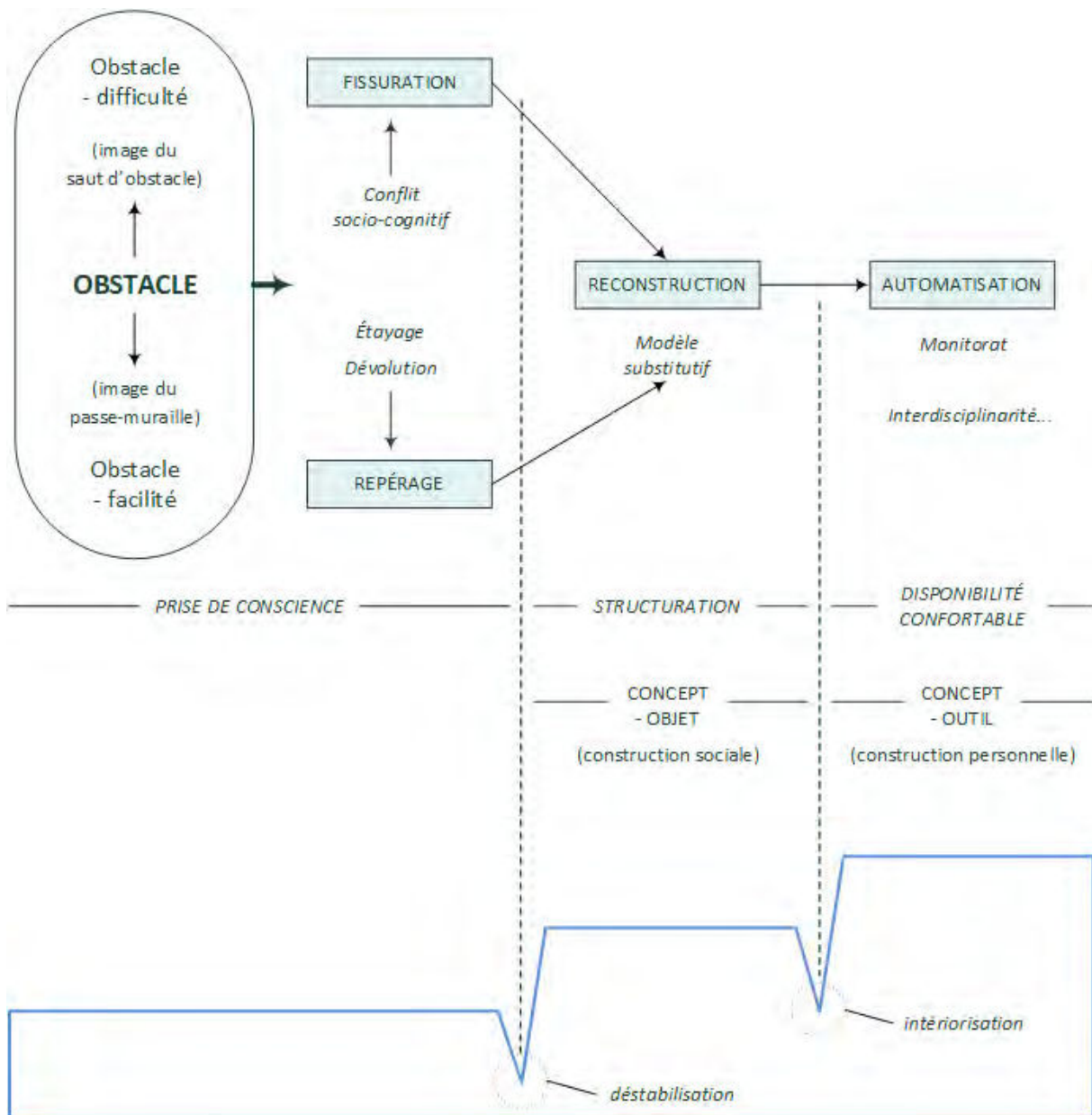
20 Dont le champ d'étude se résume pour l'essentiel à l'épistémologie historique (Giordan, 1978a) ou régionale, et lorsqu'il est question du travail des catégories conceptuelles.

| | | |
|-------------------|--|--|
| | Sujet épistémique Progrès de la pensée opératoire | Inconscient collectif Compulsions répétitives |
| Terme-clef | Développer | Rectifier |

En situation de classe, l'intérêt de la thèse bachelardienne est alors le suivant : en réfléchissant « à la stratégie pour surmonter entre autres cet obstacle épistémologique, l'enseignant sera moins pris au dépourvu pour exploiter ce qui se dit d'imprévu dans la classe, exploiter les remarques et arguments des élèves, piloter la confrontation (entre lui et les élèves, entre les élèves eux-mêmes, entre les élèves et les documents) et les conduire vers la mise en commun qui aura alors plus de chances de leur faire reconnaître et s'approprier la validité du savoir en jeu. » (Bodergat, 2014, p. 105). Retenons néanmoins et à présent qu'un courant de recherches en didactique des sciences expérimentales et technologie, et plus précisément dans le domaine des sciences de la vie et de la Terre (Astolfi, 1990a ; Clément, 1998 ; Coquidé-Cantor & Vander Borght, 1998 ; Rumelhard, 1998), a malgré tout pu conclure à une insuffisance du modèle de repérage, fissuration et franchissement de l'obstacle (figure 1-2 ; Astolfi & Peterfalvi, 1993, p. 119), amenant d'un côté Astolfi et Peterfalvi (1997) à le complexifier (Peterfalvi, 2001), et de l'autre Fabre et Orange (1997) à le dépasser (Orange, 1994a) au travers du cadre conceptuel de la problématisation²¹, voie que nous privilégierons et questionnerons dans le présent travail, notamment sur le point des liens indéfectibles et qui l'unissent aux investigations expérimentales.

21 Lequel, d'un point de vue épistémologique et didactique, affirme et défend que tout « problème renvoie à l'ensemble d'un processus : de ce qui fait problème au problème construit à partir de références, théoriques et empiriques, que cela fait évoluer. » (Orange, 1997, p. 12).

Figure 1-2. Repérage, fissuration et franchissement de l'obstacle (Astolfi & Peterfalvi, 1993, p. 119)



Ayant maintenant précisé la question de l'obstacle épistémologique (Bachelard, 1938/1986), indubitablement liée à l'intérêt que nous pouvons porter au problème en sciences, il convient à présent d'en préciser la manière qui, de l'avis de toute la communauté scientifique, permet assurément sa mise au travail.

3. Situations-problèmes et savoir scolaire dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences de la vie

De notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation, nous reporterons-nous nécessairement, et sans toujours la nommer, à la situation-problème²² qui, lorsqu'elle s'appuie sur un système combiné de ressources²³ et de contraintes²⁴, sollicite d'anciennes connaissances, capacités, attitudes... mais au service de l'acquisition de nouvelles compétences, indispensables à la résolution du problème en jeu. De cela pouvons-nous d'ailleurs, et pour plus de clarté, rappeler à l'aide de Meirieu (1987/1988) les quelques essentiels, ou points cardinaux de la situation-problème, et que sont :

un sujet, en effectuant une tâche, s'affronte à un obstacle ;

le sujet est orienté par la tâche, l'enseignant par l'obstacle ;

le franchissement de l'obstacle doit représenter un palier dans le développement cognitif du sujet ;

l'obstacle est franchi si les matériaux²⁵ fournis et les consignes²⁶ données suscitent chez le sujet l'opération mentale requise ;

pour effectuer une même opération mentale, chaque sujet doit pouvoir utiliser une stratégie différente ;

la conception et la mise en œuvre de la situation-problème doivent être régulées par un ensemble de dispositifs d'évaluation (figure 1-3 ; Meirieu, 1987/1988, p. 179).

22 Que l'on qualifie volontiers de "pédagogie de l'émancipation" (Rancière, 1987), ou bien de "pédagogie de l'étonnement" (Legrand, 1969/X), et lorsqu'il s'agit d'une situation d'enseignement-apprentissage « où s'articulent explicitement problèmes et réponses, où les réponses puissent être construites par les sujets et intégrées dans la dynamique d'un apprentissage finalisé. » (Meirieu, 1987/1988, p. 168).

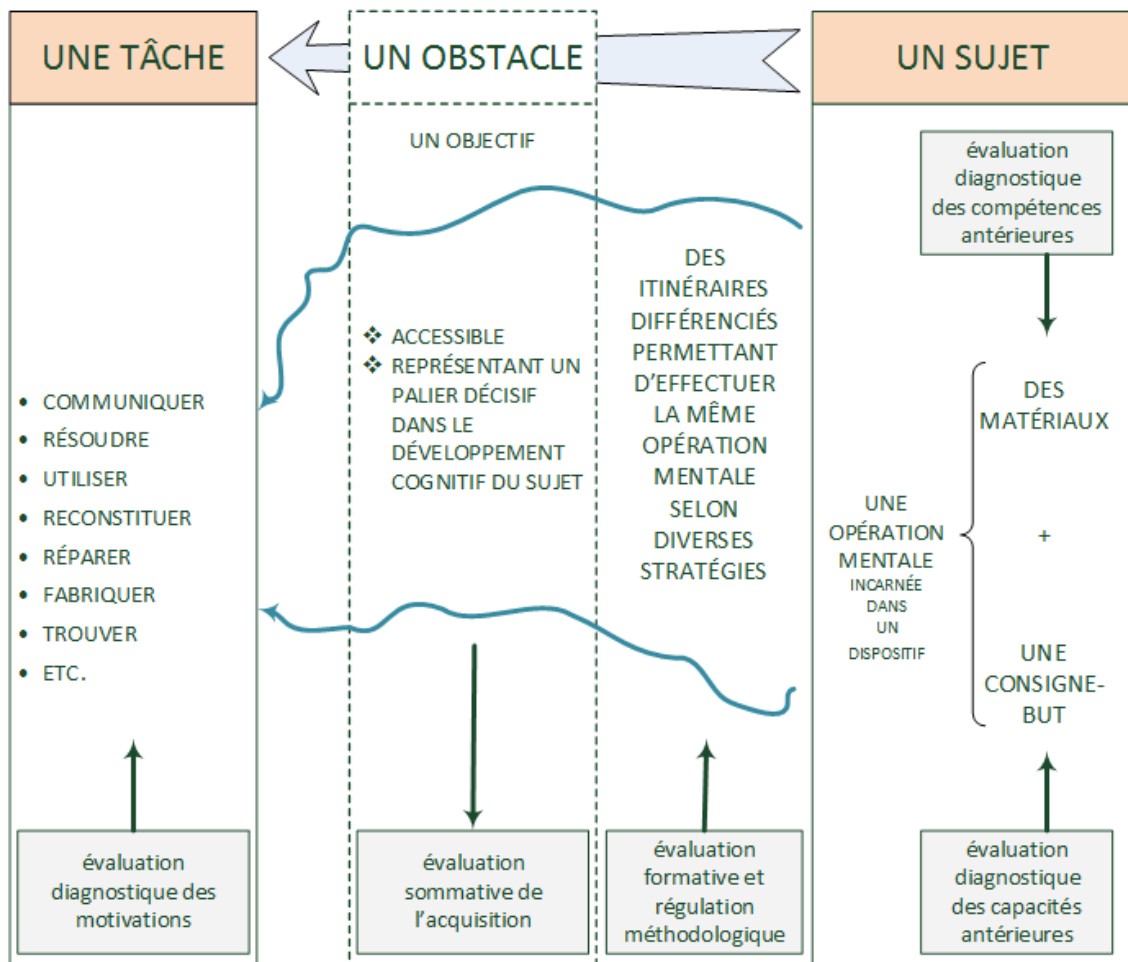
23 Lesquelles permettent alors au sujet de surmonter l'obstacle en question (Meirieu, 1987/1988).

24 Lesquelles permettent alors au sujet d'affronter l'obstacle en question (Meirieu, 1987/1988).

25 Ou ressources.

26 Ou contraintes.

Figure 1-3. Ensemble de dispositifs d'évaluation de la situation-problème (Meirieu, 1987/1988, p. 179)



D'une autre façon, et clairement issue du domaine de la didactique des mathématiques, en résumerons-nous la philosophie, en termes de principes s'entend, au travers de ces quelques caractéristiques de la situation-problème (tableau 1-2 ; d'après Fabre, 1999) que, bien évidemment, nous ne saurions confondre avec le problème ouvert.

Tableau 1-2. Caractéristiques de la situation-problème (d'après Fabre, 1999)

| Caractéristique 1 |
|--|
| L'apprenant doit pouvoir s'engager dans la résolution du problème, pouvoir imaginer ce que le problème attend comme type de réponse possible. Autrement dit, le problème doit demeurer dans la zone prochaine de développement de l'apprenant : ni trop près ni trop loin de ce qu'il sait déjà. |

| |
|--|
| Caractéristique 2 |
| Les connaissances de l'apprenant sont en principe insuffisantes pour qu'il résolve immédiatement son problème. On retrouve là les caractéristiques d'un problème authentique : il n'y a pas de solution toute prête en mémoire. Si l'on veut faire évoluer les conduites adaptatrices, il faut précisément mettre les apprenants dans une situation de désadaptation où les schémas habituels ne fonctionnent plus. La situation-problème définit toujours quelque chose comme un piège, ou encore une situation critique. |
| Caractéristique 3 |
| La situation-problème doit permettre à l'apprenant d'évaluer la solution trouvée : sa conformité ou sa fausseté. C'est l'apprenant lui-même qui doit prendre conscience de l'échec de son savoir antérieur. Il est donc indispensable que cet échec lui soit renvoyé par la situation elle-même et non par l'enseignant ²⁷ . |
| Caractéristique 4 |
| La connaissance que l'on désire voir acquérir par l'apprenant doit s'avérer l'outil le plus adapté pour la résolution du problème. En effet, l'apprenant pourrait découvrir un bon outil, mais qui ne correspondrait pas à la connaissance visée. On voit la nécessité d'une analyse <i>a priori</i> de la tâche, mais aussi d'une anticipation de l'activité des apprenants, pour mettre au point les variables didactiques du dispositif. |
| Caractéristique 5 |
| Pour pouvoir résoudre le problème, on peut le formuler dans plusieurs cadres ²⁸ . L'apprenant a pris conscience de l'inadéquation de ses représentations ou stratégies anciennes. Comment va-t-il sortir du puits ? Toute la difficulté est bien de l'aider sans faire le travail à sa place. Formuler le même problème dans plusieurs cadres constitue une forme possible d'aide. Le jeu de cadres permet d'établir des relations, des correspondances, opérations qui amènent les apprenants à repérer les invariants et les variables de la situation. Mais ce jeu n'opère pas de manière mécanique. Les correspondances ne sont jamais parfaites et ne conduisent pas automatiquement aux solutions mais se contentent le plus souvent de les suggérer. |

Nota bene : au-delà de la question de ses caractéristiques, est-il également possible de définir, en termes de déroulement, notre situation-problème au travers de –ses trois– dimensions, et lorsqu'elle permet dans un premier temps et à l'apprenant d'investir son savoir ancien, pour dans un deuxième temps que ledit savoir ancien lui apparaisse comme nettement insuffisant et, dans un troisième temps, l'aider à construire son savoir nouveau.

27 On retrouve là l'idée de situation chère à l'emblématique Rousseau. Mais cet enseignement par les choses est-il possible toujours et partout ? N'exige-t-il pas, le plus souvent, des formes de médiations plus subtiles où l'enseignant intervient (même indirectement) dans l'évaluation de l'échec ?

28 Et que peuvent être, dans le domaine des mathématiques, les cadres algébrique, arithmétique, géométrique...

Chapitre 2. “Situation de pratique scolaire”, problématisation et démarche scientifique d'investigation

Introduction

Passée la présentation lors du chapitre précédent de la façon dont, pour l'essentiel à l'appui de la thèse bachelardienne, nous sommes à même d'envisager l'activité d'apprentissage scientifique, comme de son enseignement, il nous faut maintenant préciser la manière dont ces quelques positions générales peuvent se concrétiser en termes de situations d'enseignement-apprentissage, quelles qu'elles soient d'abord ou, plus justement, quel qu'en soit le champ disciplinaire, et sur un plan purement scientifique ensuite.

Pour ce faire, nous tenterons dans une première partie de mettre à jour la relation fondamentale qui unit l'activité à l'apprentissage, laquelle nous permettra alors de mieux défendre la pédagogie de projet, telle une problématique du sens, et que nous présenterons dans une deuxième partie. Une telle pédagogie, qui s'inscrit dans un progressisme philosophique, se revendique naturellement d'une pédagogie naturalisme²⁹ où éduquer, c'est avant tout continuer avec la nature de l'Homme (Reboul, 1971). Néanmoins, la “situation de pratique scolaire” (Le Bas, 1996, (1998), 2007, 2008) que nous présenterons dans une troisième partie, si elle mobilise assurément la pédagogie de projet, se veut à ce sujet malgré tout plus consensuelle : en effet, en mobilisant de nombreuses références bachelardiennes, elle ne peut à son tour se défendre de s'inscrire également dans un classicisme philosophique. En d'autres termes, d'une pédagogie culturalisme³⁰ où éduquer, c'est avant tout rompre avec la nature de l'Homme (Reboul, 1971). Issue de la didactique professionnelle, la “situation de pratique scolaire” repose entre autres sur le leitmotif suivant : il faut « *que les apprentissages soient construits dans l'action, par l'action et pour l'action.* » (Le Bas, 2005, p. 54). De même, et lorsqu'elle se réfère au “triangle pédagogique” (Houssaye, 1988a, 1988b, 1993, 2014), la “situation de pratique scolaire” doit être pensée tel un outil possible de la construction de la pensée professionnelle de l'enseignant, et qui a pour perspective d'engager au mieux l'apprenant dans un processus d'apprentissage ; à cela sont d'ailleurs nécessaires trois conditions : la finalisation, du côté du processus “former” (tentative), la légitimation, du côté du processus “apprendre” (transformation), et la didactisation, du côté du processus “enseigner” (tentations). De par son approche systémique, et plus que syncrétique, la “situation de pratique scolaire” permet d'opérationnaliser, par le biais des actions

29 Ou pédagogie de la nature.

30 Ou pédagogie de la culture.

enseignantes, la mise en relation de trois entités en perpétuelle évolution mais qui demeurent, à savoir l'apprenant, le savoir et la société : comprenons alors que ces entités restent gouvernées « *par des logiques spécifiques indépendantes, mais en tension, l'enseignant est chargé de gérer le fonctionnement du couple enseigner/apprendre, en* » (Le Bas, 2005, p. 55) outrepassant, voire dominant lesdites tensions. Aussi, et transposé à la formation des enseignants, un tel cadre de pensée rend-il possible le croisement de champs théoriques aussi divers qu'hétérogènes, et parmi lesquels distingue-t-on des référents d'ordre philosophique³¹, sociologique³², psychologique³³ et épistémologique³⁴ (Le Bas, 2005, 2007). Puisque la “situation de pratique scolaire” s'en revendique pleinement, nous profiterons également de nous arrêter un instant sur la démarche de problématisation, telle une méthodologie d'apprentissage, et que nous présenterons dans une quatrième partie. Cependant et puisque, ne l'oublions pas, nos thèmes d'étude s'inscrivent dans le domaine des sciences de la vie, la “situation de pratique scolaire” ici mise en œuvre doit s'accommoder d'une démarche toute singulière, et nécessairement issue de la culture scientifique, en cela la démarche d'investigation que nous présenterons dans une cinquième partie, et de laquelle nous allons pourtant être amenés à en souligner les limites, et si ce n'est la faille, pour alors présenter le modèle d'“investigation-structuration” (Alemanni & al., 1983). Enfin, nous concluons dans une sixième partie, avec une première formulation de notre question de recherche.

31 Lorsque l'on interroge le concept de sens.

32 Lorsque l'on interroge le concept de professionnalité.

33 Lorsque l'on interroge le concept de problème.

34 Lorsque l'on interroge le concept d'obstacle.

La notion de compétence, centrale dans le monde du travail³⁵, polysémique et, parfois des plus insaisissables, reste néanmoins et malgré tout intimement liée à l'idée d'une certaine activité du sujet. En cela qu'il faille la définir, globalement, pourrions-nous sûrement voir la compétence tel un savoir-agir³⁶ opérationnel, contextualisé et finalisé ; en effet, lorsqu'un sujet fait quelque chose, il le fait pour quelque chose. Aussi et selon Piattelli-Palmarini (1979), ladite notion de compétence est-elle à rattacher à celle de performance³⁷, notamment lorsqu'il expose que la compétence linguistique³⁸ s'atteste à partir de la performance³⁹, c'est-à-dire de sa capacité à produire des énoncés signifiants dans un contexte donné. Conséquemment et de l'activité –de laquelle est issue la performance, est-il possible d'inférer sur les compétences requises à sa réalisation ; cependant que ce qui y est véritablement fait, loin s'en faut, ne puisse se réduire à un comportement observable⁴⁰. On le voit bien ici, la compétence, quelle qu'elle soit et en plus de sa part comportementale⁴¹, jouit d'une part invisible, appréciable avec peine, certes, mais ô combien d'importance, notamment dans les métiers d'interactions humaines⁴².

1. **Activité et apprentissage : quel(s) lien(s) ?**

Au-delà de la vie professionnelle et selon Pastré (2006), l'apprentissage ne saurait se défaire de toute activité, quelle qu'elle soit, au point d'en poser le postulat que dès lors « *qu'il y a activité, il y a apprentissage, plus ou moins important, bien entendu.* » (Pastré, 2006, p. 109). Il rejoint en cela la problématique de la didactique professionnelle, laquelle tente « *d'analyser l'apprentissage qui se réalise dans l'exercice de l'activité professionnelle : on y*

35 Qui, et de nos sociétés actuelles, s'inscrit dans une logique économique libérale.

36 Qui, lorsqu'il est en jeu, rend alors saisissable ladite notion de compétence.

37 Ou, plus justement et selon Le Bas (2007), de prestation, en cela que la compétence, dans sa dimension productive, s'infère au regard d'une prestation. Ceci étant, la notion de performance amène ici l'idée d'une compétence qui, de juste façon, reste toujours valorisée.

38 Laquelle, et de toute l'œuvre de Chomsky, illustre le rattachement d'une théorie à l'autre, celle portant sur l'enseignement à celle portant sur le langage (Reboul, 1980/1993).

39 Plus précisément, notre « *linguiste Noam Chomsky s'est servi de l'expression "compétence linguistique" pour montrer que la connaissance d'une langue ne se réduit pas à une somme de "performances", autrement dit à pouvoir répéter un certain nombre de phrases déjà entendues. Connaître une langue, c'est pouvoir, à partir d'un nombre restreint de règles, former et comprendre un nombre indéfini de phrases nouvelles correctement construites ; c'est donc pouvoir déceler des phrases non correctes, comme : "J'ai Sartre fait lire", ou des phrases ambiguës, comme : "J'ai fait lire Sartre." Cette compétence linguistique est ce que l'enfant acquiert en apprenant sa langue. Et Chomsky montre, contre les empiristes et les béhavioristes, qu'il ne peut l'acquérir par un apprentissage passif, c'est-à-dire en entendant des phrases et en généralisant à partir d'elles.* » (Reboul, 1980/1993, p. 182-183).

40 C'est pourquoi et concernant la compétence, nous parlerons ci-après d'objectifs de prestation et de transformation (Le Bas, 2007).

41 Il s'agit là de la part visible.

42 Citons pour exemples les cas de l'aidant, de l'enseignant, du soignant...

apprend à faire, mais on y apprend aussi en faisant. Les Compagnons du Devoir utilisent une distinction très intéressante : ils distinguent apprendre le métier et apprendre par le métier. La première expression correspond à l'apprentissage professionnel initial. La deuxième expression correspond à ce qu'on continue à apprendre par l'exercice même de son métier. » (Pastré, 2006, p. 109). Ainsi, et de ses relations qui l'articulent à l'activité, l'apprentissage peut distinctement être envisagé, et de deux façons qui présentement vont être explicitées.

1.1. L'apprentissage portant sur l'activité en situation

Reprenant la distinction de Marx (1975) et qui voit dans toute activité⁴³ une dimension constructive s'ajoutant, accompagnant la dimension première et productive, l'apprentissage s'envisage ici telle une genèse de ressources concomitante à l'action, et qui servirait par ailleurs à la guider, comme à l'orienter⁴⁴. Force est de constater, comme le rappellent Samurçay et Rabardel (2004), qu'au travers de l'agir, tout « *sujet transforme le réel (réel matériel, social, symbolique) ; mais en transformant celui-ci, il se transforme lui-même. Et ces deux sortes d'activités, productive et constructive, constituent un couple inséparable. »* (Pastré, 2006, p. 110). Notons cependant l'importance relative et accordée ici à chacune d'elle, quand notre « *activité productive s'arrête avec la fin de l'action. »* (Pastré, 2006, p. 110) et reste le but, alors même que « *l'activité constructive n'est qu'un effet, qui n'est généralement ni voulu ni conscient. »* (Pastré, 2006, p. 110) mais qui, par essence, a la possibilité, la potentialité de ne s'en arrêter pas là, notamment lors « *de tout ce qui relève de l'analyse réflexive et rétrospective de sa propre activité. »* (Pastré, 2006, p. 110).

1.2. L'apprentissage se produisant à l'école

La notion d'apprentissage incident, qui avait cours ci-avant, n'a plus ici lieu d'être mais laisse la place à celle d'un apprentissage intentionnel, et ce en raison d'un renversement de la relation qui précédemment subordonnait l'activité constructive à l'activité productive. Ainsi, le but de l'activité se voit placé en sa dimension constructive, avec pour moyen de réalisation, sa dimension productive. Conséquemment et dans le cadre du système scolaire, et plus

43 Il est, vis-à-vis de ladite activité, également possible de se reporter à l'emblématique Léontiev, et à qui l'on doit notamment la "théorie de l'activité" ; ou de ce que l'on pourrait assimiler à une dialectique soutenue, au sujet même de l'activité, entre sa face conceptuelle et sa face matérielle, c'est-à-dire entre la compréhension et l'effectuation.

44 On parle donc ici d'apprentissage incident.

généralement de toute institution qui se réclame d'un apprentissage de la sorte, à savoir intentionnel, observe-t-on « *une autre conséquence : les ressources pour orienter et guider l'activité vont être transformées en savoirs, de manière à pouvoir être plus facilement transmises.* » (Pastré, 2006, p. 111).

Passée l'explicitation du lien entre l'activité et l'apprentissage, que travaille régulièrement la didactique professionnelle, nous allons pouvoir à présent développer la pédagogie de projet, pour qui également l'activité et l'apprentissage sont bel et bien indissociables.

2. La pédagogie de projet, telle une problématique du sens

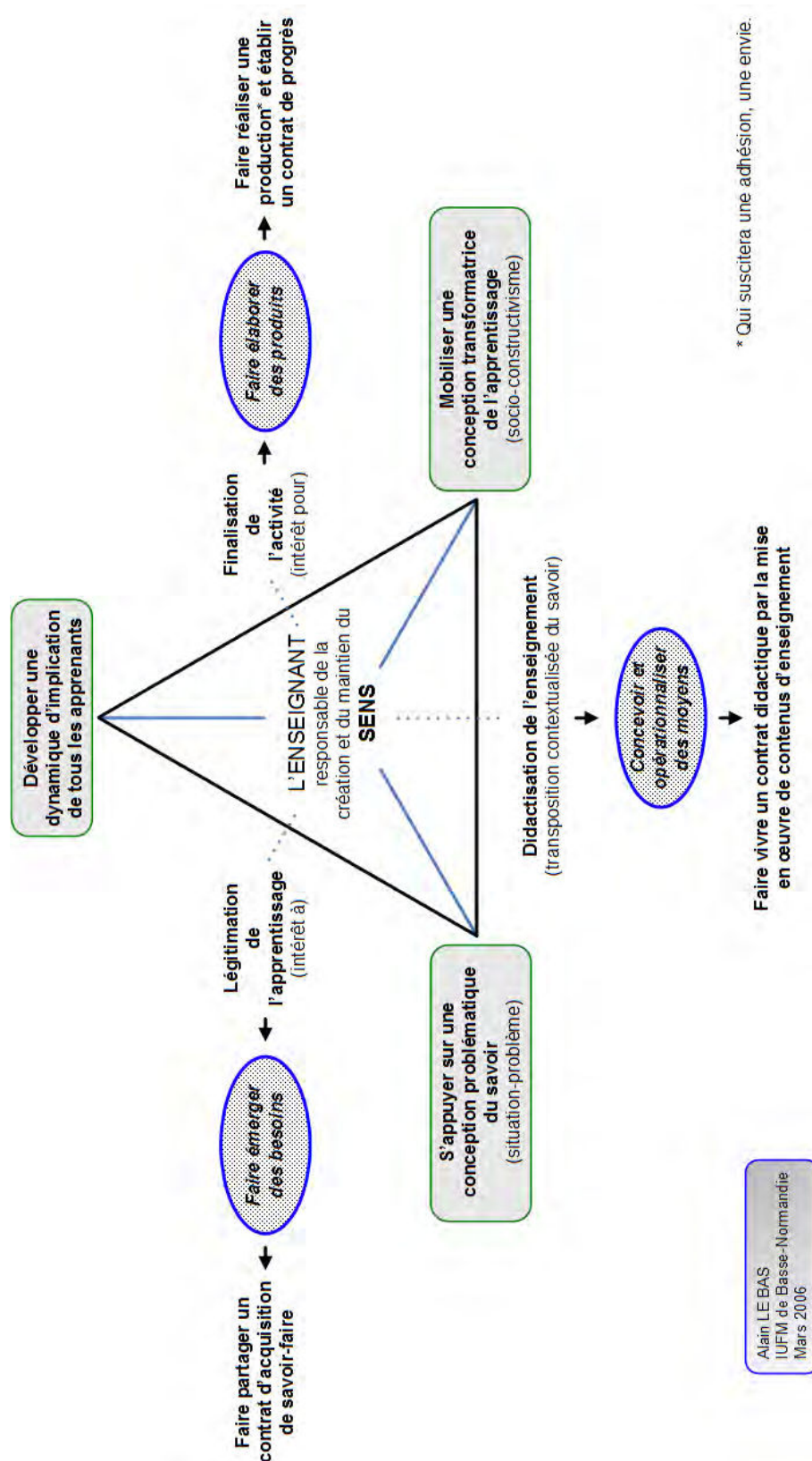
On l'aura compris, l'apprentissage, s'il n'intègre à la fois tout autant l'activité que l'intérêt de l'apprenant, a toutes chances d'échouer puisque, de fait, l'on assiste à une perte définitive du sens qui aurait dû lui être adressé. Partant de cela, et en vue d'une articulation désirée de l'activité à l'apprentissage, dans le cadre scolaire, Dewey (X/1931), ardent défenseur d'une pédagogie pragmatiste qui se focalise sur l'activité de l'apprenant, comme de son expérience, sera, non sans le vouloir, l'un des instigateurs de la pédagogie de projet⁴⁵. Plus que cela même, Dewey (X/1931) prône avant tout « *une méthode qui attirera au moins l'attention sur les problèmes qui devraient être étudiés, et d'indiquer les relations principales entre ces problèmes et les matières à discussion.* » (Dewey, X/1931, p. 39). Réagissant au classicisme philosophique, et s'inscrivant naturellement dans un progressisme philosophique, Dewey (X/1931) a-t-il dû abondamment discuter de « *l'attitude prise au cours de l'histoire et actuellement vis-à-vis du problème de l'intérêt.* » (Dewey, X/1931, p. 40). Aussi pouvons-nous résumer en ces quelques mots le propre de sa philosophie éducative en « *elle-même. Il est psychologiquement impossible de provoquer une activité sans quelque intérêt. La théorie de l'effort ne fait que substituer un intérêt à un autre. Elle remplace l'intérêt normal pour l'objet qu'on étudie par un intérêt vicié : la crainte du maître ou l'espoir d'une récompense.* » (Dewey, X/1931, p. 42). Et, à l'issue de la mise en évidence que, pour surprenant que cela puisse paraître, il existe bel et bien un même principe fondant inconsciemment l'une et l'autre écoles pédagogiques, celle de l'effort, celle de l'intérêt, Dewey (X/1931) ajoute-t-il que tout « *véritable principe de l'intérêt est celui qui reconnaît la correspondance d'un fait ou d'une action avec l'appétit du moi ; qui voit dans ce fait ou cette action quelque chose de désiré par l'organisme en croissance, quelque chose que l'agent réclame impérieusement pour se réaliser lui-même. S'il en est ainsi, plus n'est besoin ni de recourir aux bons offices de la volonté ni de rendre les choses intéressantes pour l'enfant. La théorie de l'effort signifie, nous l'avons vu, une sorte de dédoublement de l'attention à laquelle correspond une désintégration intellectuelle et morale du caractère. La grande erreur de cette théorie, c'est d'identifier l'exercice et l'éducation de la volonté avec certaines activités et certains résultats externes. Parce qu'un enfant est occupé à quelque besogne et parce qu'il réussit à produire ce qu'on attend de lui, on suppose qu'il fait réellement un effort de volonté et que des habitudes*

45 Laquelle s'inscrit désormais dans le moule même du modèle socio-constructiviste. Cependant, et comme le montre Meirieu (1984/1996) avec les pratiques de groupe, sachons voir que la pédagogie de projet n'est systématiquement pas de nature socio-constructiviste.

intellectuelles et morales définies évoluent en lui. Mais, en fait, l'exercice de la volonté ne se manifeste pas par l'attitude extérieure, et la formation d'habitudes morales ne peut pas s'identifier avec la capacité de produire un certain résultat sur commande. La volonté ne se manifeste pas dans le domaine de l'attention à défaut de l'esprit, des motifs, des dispositions qui animent le travailleur. » (Dewey, X/1931, p. 46-47). Nous ne le savons en effet que trop bien, toutes sortes de « *pouvoirs spontanés de l'enfant, son besoin de réaliser ses propres impulsions ne peuvent être supprimés d'aucune manière. Si les conditions extérieures sont telles que l'enfant ne puisse pas déverser dans son travail ces puissances instinctives, s'il a le sentiment de ne pas pouvoir s'exprimer par ce travail, il apprend alors, d'une manière tout à fait merveilleuse, à fournir exactement la quantité d'attention nécessaire pour satisfaire les exigences du maître et à réserver une partie de son énergie mentale pour suivre les lignes tracées par ses besoins innés.* » (Dewey, X/1931, p. 48). S'il nous fallait donc définir la pédagogie de projet, sûrement serait-il possible de dire que c'est en raison du caractère attrayant d'une production concrète, voire d'une réalisation matérielle⁴⁶, que l'apprenant consent alors à s'engager dans divers apprentissages qui, en eux-mêmes, exigent délai et effort. Par conséquent, il s'agit là de placer en la dimension productive de l'activité et pour l'apprenant un but –concret, lequel ne sera accessible qu'à l'issue d'une réflexion sur les moyens qui permettront de l'atteindre ; en d'autres termes, et lorsqu'il a un projet, l'apprenant ne vise rien d'autre que l'accomplissement du but qu'il s'est initialement fixé, concret par essence. Nous appuyant maintenant plus particulièrement sur les contraintes et conditions du “fonctionnement” du système didactique (figure 2-1 ; Le Bas, 2007, p. 113), lequel se réfère à la pédagogie de projet, vont à présent être explicitées les problématiques qui le composent, et lui donnent vie.

46 Qui, d'un point de vue social, se révèle pertinente.

Figure 2-1. Contraintes et conditions du “fonctionnement” du système didactique (Le Bas, 2007, p. 113)



Abordons à présent la pédagogie de projet au regard de ses différentes logiques, à savoir une logique de produits, une logique de besoins et une logique de moyens.

2.1. Le projet d'activité : une logique de produits, la finalisation

Le projet d'activité, et qu'il se décline en projets de production⁴⁷, de classe⁴⁸ et / ou de tâches⁴⁹, constitue le but –concret, le mobile d'agir de l'apprenant qui, à travers lui, peut se projeter différent, plus compétent surtout, et pour peu qu'il entrevoie au mieux la réalisation attendue.

En cela et puisqu'il suscite son adhésion, le projet d'activité est, d'une certaine façon, négocié par l'apprenant.

2.2. Le projet d'apprentissage : une logique de besoins, la légitimation

Il s'agit là de la nécessaire prise de conscience, de la part de l'apprenant, de ce qu'il sait et ne sait pas, de ce qu'il sait faire et ne pas faire, de ce qu'il sait être et ne pas être... le tout en vue de parvenir au but –concret, et fixé par le projet d'activité. C'est la perception d'un manque ou plutôt, et notamment en sciences, la limite d'un quelconque système explicatif, comme de l'utilité de la construction d'une certaine compétence⁵⁰ qui est ici visée et souhaitée, le tout en référence au projet d'activité précédemment négocié, et que l'on cherchera à satisfaire. Se joue donc ici l'idée d'un apprenant qui « *devient un apprenti qui va devoir s'engager dans l'acquisition des compétences qui lui font défaut, et dont l'absence explique que le but recherché ne puisse être atteint immédiatement.* » (Le Bas, 2007, p. 114).

En cela et puisqu'il est formulé à la manière et avec les termes d'un contrat⁵¹, le projet d'apprentissage est, d'une certaine façon, conscientisé par l'apprenant.

47 En cela la réalisation attendue.

48 En cela l'occasion commune qui, lorsqu'elle se réfère au vécu collectif, justifie la réalisation attendue.

49 En cela la succession de ce qui est à faire afin d'aboutir à la réalisation attendue.

50 Laquelle peut prendre la forme d'une connaissance (savoir), d'une capacité (savoir-faire) ou d'une attitude (savoir-être).

51 Entendons par là l'idée d'un contrat d'acquisition de telle(s) ou telle(s) compétence(s) (Le Bas, 2007).

2.3. Le projet d'enseignement : une logique de moyens, la didactisation

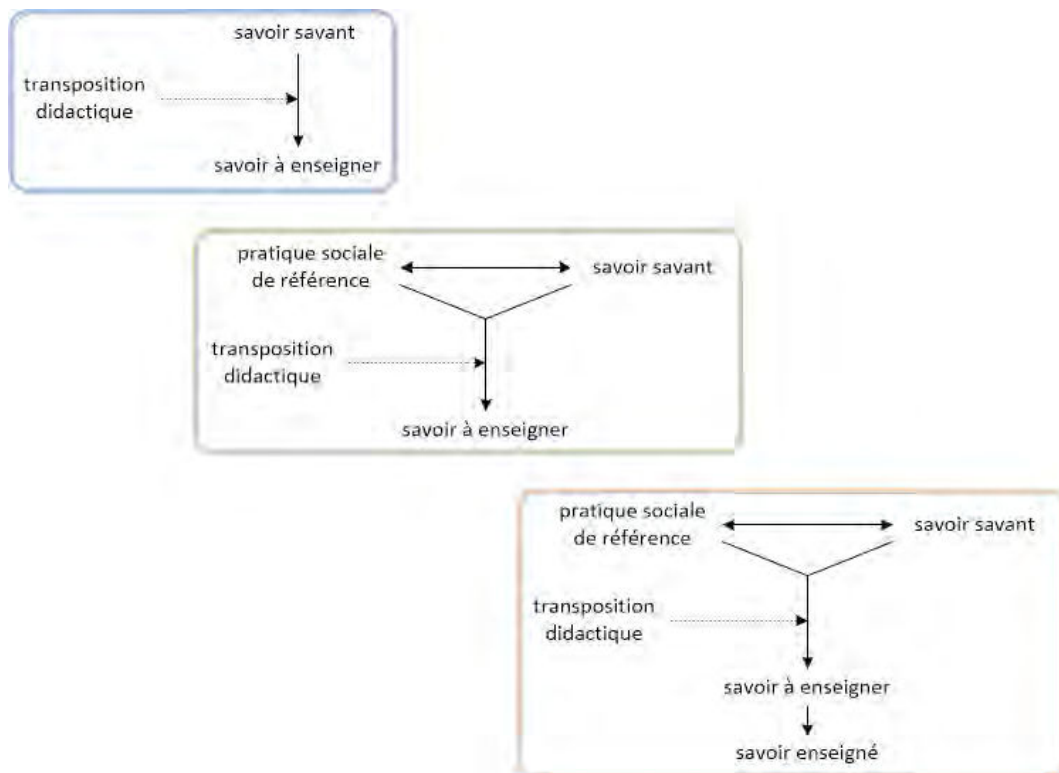
Reste enfin à assurer l'articulation de l'activité à l'apprentissage et, par conséquent, du projet d'activité au projet d'apprentissage, tâche qui incombe à l'enseignant, et ce au travers de la conception, la réalisation du projet d'enseignement : celui-ci, en référence au champ disciplinaire traité et par le biais d'objectifs, de prestation⁵² mais aussi et surtout de transformation⁵³ (Le Bas, 2007), permet alors la proposition d'une situation d'enseignement-apprentissage pleinement adaptée. Cette dernière, lorsqu'elle fait appel à la “théorie des situations didactiques” (Brousseau, 1986, 1987, 1998), et plus particulièrement à la situation-problème⁵⁴, est idéalement conçue tel un stratagème pensé de façon à, et d'une certaine façon, piéger l'apprenant qui, sur la base de ses représentations initiales, ne peut parvenir à résoudre le problème en jeu, à moins qu'il ne se saisisse de quelques moyens et outils mis à sa disposition au sein du piège même. Ainsi et plus que d'une maîtrise des savoirs seuls, il convient ici de penser l'affaire par le prisme d'une “transposition didactique” (Chevallard, 1985 ; Verret, 1975) qui, des savoirs savants, experts, amène aux savoirs scolaires, enseignés. Gardons-nous cependant de ne pas, à l'instar de Chevallard (1985), en arriver à une « *problématique qui se limite au seul savoir, qui ne questionne pas beaucoup le savoir savant dans sa nature, son fonctionnement, sa fonction sociale, et qui tend à faire de la transposition didactique un “habillage du savoir dans une situation scolaire”, où le jeu du contexte* » (Martinand, 1989, p. 25) serait à l'origine de tant de variations. Préférentiellement et dans l'esprit de Develay (1987) et de Martinand (1989), il nous faut alors, et par l'entremise de la “transposition didactique”, bâtir et inventer l'activité scolaire en référence même à la “pratique sociale de référence” dont elle se réclame, plus que d'une simple déformation, si ce n'est dégradation, du savoir savant au savoir enseigné ; ou d'une certaine prise en compte de la “pratique sociale de référence” dans la “transposition didactique” (figure 2-2 ; Develay, 1987, p. 136-137).

52 Qui, en un sens, correspond à la face émergée de l'activité ; il s'agit là de la dimension productive de la compétence, en cela qu'elle représente le produit même de l'apprentissage, et ce par le biais d'une prestation qui la concrétise.

53 Qui, en un sens, correspond à la face immergée de l'activité ; il s'agit là de la dimension constructive de la compétence, en cela qu'elle représente le processus même de l'apprentissage, et ce par le biais d'une transformation qui la caractérise, et qui nécessite de mobiliser diverses ressources cognitives.

54 Car, nous pouvons le rappeler, les notions de contrat didactique et de situation-problème sont au cœur même de la “théorie des situations didactiques”.

Figure 2-2. Prise en compte de la “pratique sociale de référence” dans la “transposition didactique” (Develay, 1987, p. 136-137)



Revenant à notre projet d'enseignement, nous semble-t-il maintenant nécessaire de passer en revue les éléments qui le composent, et lui donnent vie, avec :

le thème d'étude qui, en référence au champ disciplinaire traité, a donc une dimension épistémologique, mais reste avant tout et au plus possible générique ;

l'objet d'étude qui, plus que de le détailler, adapte précisément le thème d'étude au contexte donné, en cela l'idée d'un niveau de formulation à construire au regard de l'âge de l'apprenant ;

l'obstacle qui, de son caractère protéiforme, comporte de multiples dimensions (figure 2-3 ; Astolfi, 1997, p. 98), et qu'elles soient d'ordre épistémologique⁵⁵, psychologique⁵⁶ ou sociologique, en somme, d'une nature multiforme et que l'on peut qualifier de socio-cognitivo-affective⁵⁷ ;

55 Nous retrouvons bien évidemment là l'obstacle qui a été travaillé dans toute l'œuvre de Bachelard (épistémologie historique (tableau 1-1 ; d'après Astolfi, 1997)), à savoir l'obstacle épistémologique, lequel permet d'appréhender la difficulté toute relative et rencontrée lors du passage de la connaissance commune, basée sur la perception, à la connaissance scientifique, basée sur l'abstraction.

56 Nous retrouvons bien évidemment là l'obstacle qui a été travaillé dans toute l'œuvre de Piaget (épistémologie génétique (tableau 1-1 ; d'après Astolfi, 1997)), à savoir l'obstacle psychologique ou, plus justement, psychogénétique, lequel permet d'appréhender la lenteur toute relative et rencontrée lors du développement de l'affectivité et de l'intelligence d'un sujet.

57 Comprendons par là qu'un remaniement d'opinions (dimension épistémologique ; qui croire ?) s'accompagne

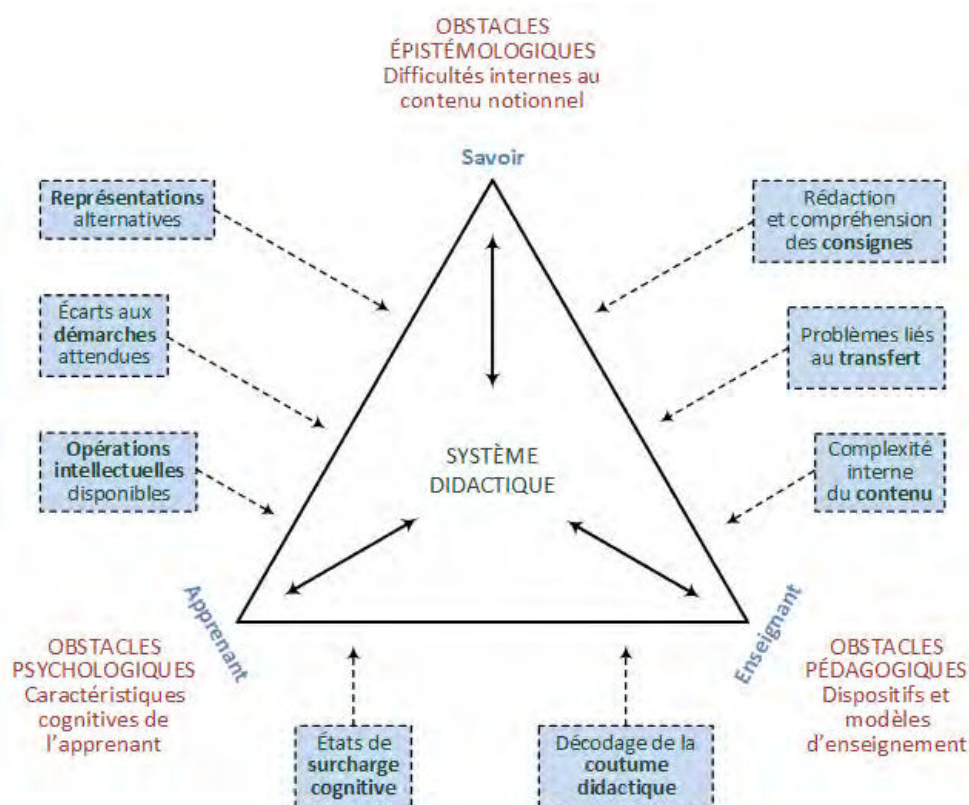
le problème qui, à l'image de l'obstacle, peut au moins revêtir deux dimensions, l'une épistémologique⁵⁸, l'autre psychologique⁵⁹, mais qui finalement se concrétisera, dans sa double dimension, au sein de l'opérationnalisation de la situation d'enseignement-apprentissage⁶⁰ ;

l'objectif de transformation qui, au regard de l'activité, s'inscrit dans une logique constructive⁶¹, et correspond au processus de construction de la réponse à la tâche prescrite ;

l'objectif de prestation qui, au regard de l'activité, s'inscrit dans une logique productive⁶², et correspond à la réponse à la tâche prescrite ;

les contenus d'enseignement qui, au regard de la compétence à acquérir, renseignent les conditions de la transformation à intérioriser du côté de l'apprenant.

Figure 2-3. Visualisation graphique et logique des différents types d'erreurs d'apprenants au regard du système didactique (Astolfi, 1997, p. 98)



toujours d'un remaniement de représentations (dimension psychologique ; que penser ?) et d'identifications (dimension sociologique ; que vauz-je ?).

58 Lorsque, au niveau même du savoir, l'on retrouve l'idée de l'énigme et de la controverse (Fabre, 1993).

59 Lorsque, au niveau même de l'apprenant, et avec ce qu'il sait, ce qu'il sait faire, ce qu'il sait être... l'on retrouve l'idée d'une impossibilité momentanée à accomplir la tâche prescrite.

60 Et ce, par le biais du but de tâche, des contraintes de réalisation et des critères de réussite de la "situation de pratique scolaire", et comme nous le verrons ci-après.

61 C'est pourquoi l'objectif de transformation correspond à la dimension constructive de la compétence.

62 C'est pourquoi l'objectif de prestation correspond à la dimension productive de la compétence.

En cela et puisqu'il résulte d'une articulation dont il ne saurait être l'auteur, le projet d'enseignement est, d'une certaine façon, approprié par l'apprenant.

2.4. L'intérêt de la pédagogie de projet

Comme le rappelle Le Bas (2007), la pédagogie de projet se base donc avant tout sur le désir et l'intérêt de l'apprenant et, par conséquent, de ses besoins fonctionnels, lesquels justifieront alors l'effort à consentir afin d'apprendre. Du fait de la finalisation de l'activité, la pédagogie de projet rend ainsi possible la légitimation de l'apprentissage, c'est-à-dire la possibilité, et pour l'apprenant, de mener à bien et de façon consciente ses apprentissages propres ; s'il n'en devient que plus autonome, notamment lorsqu'il prend à sa charge, et en grande partie l'activité, l'apprenant comprend alors et surtout les apprentissages qu'il a engagés, et plus que de seulement les faire et / ou de les réussir. C'est pourquoi, et toujours selon Le Bas (2007), ces mêmes apprenants *« deviennent les acteurs de leurs apprentissages et leur activité est organisée par un but. Ils participent à une négociation qui définit l'orientation du travail permettant la réalisation des tâches inhérentes à l'atteinte du but. »* (Le Bas, 2007, p. 112). Cependant, ne l'oublions pas, la mise en œuvre de la pédagogie de projet, qui travaille avant tout une problématique du sens, ne saurait se passer, lors de la dévolution des projets d'activité, d'apprentissage et d'enseignement, d'une action enseignante, et quelque peu passée sous silence ci-avant.

Passée l'explicitation de la pédagogie de projet, dans ses grandes lignes, nous allons pouvoir à présent développer la “situation de pratique scolaire” que nous mobilisons, et qui la mobilise entre autres choses.

3. Le fonctionnement du système didactique au travers de la “situation de pratique scolaire”

Le système didactique⁶³, en cela la mise en relation de l'apprenant, du savoir et de la société⁶⁴, doit pour mener à bien tout apprentissage rendre possibles les liens fonctionnels des différents pôles qui le composent, et dont chacun respecte une logique indépendante et qui lui est propre : la logique de l'apprenant, la logique du savoir et la logique de la société. Fabre (1993), lorsqu'il reprend les travaux de Deleuze (1968, 1969) et de Meyer (1982) sur la question du sens, et plus précisément de sa construction, les envisage pour sa part sous une autre dénomination, celle de dimension, lesquelles, toujours de par leur mise en tension et sous le joug de l'enseignant, restent à l'œuvre dans la création et le maintien du sens au travail proposé (figure 2-1 ; Le Bas, 2007, p. 113), et permettent ainsi de penser un modèle de “construction du sens” référé à une problématique de projet(s) (figure 2-4 ; Le Bas, 2007, p. 116) ; elles sont explicitées ci-après :

la logique de l'apprenant, ou dimension de la manifestation, qui nécessite « *de prendre en compte la logique interne du fonctionnement adaptatif* » (Le Bas, 2008, p. 1) de l'apprenant, sa structure d'accueil et, de par ses possibilités, lui permettre de s'exprimer non sans une certaine résistance. En d'autres termes, la question est ici de savoir si la situation d'enseignement que l'on envisage peut rendre possible l'expression de compétences déjà acquises avec, bien évidemment, une résistance certaine, sans laquelle de nouveaux savoirs, savoir-faire et savoir-être ne sauraient être construits ;

la logique du savoir, ou dimension de la signification, qui nécessite « *une conservation de l'authenticité épistémologique respectant la logique du champ disciplinaire* » (Le Bas, 2008, p. 1) en jeu. En d'autres termes, la question est ici de savoir si la situation d'enseignement que l'on envisage se révèle juste et pertinente, épistémologiquement⁶⁵ parlant ;

la logique de la société, ou dimension de l'indication, qui nécessite d'avoir des égards à quelques valeurs : sociales, culturelles, voire institutionnelles. En d'autres termes, la question est ici de savoir si la situation d'enseignement que l'on envisage n'omet pas la dimension

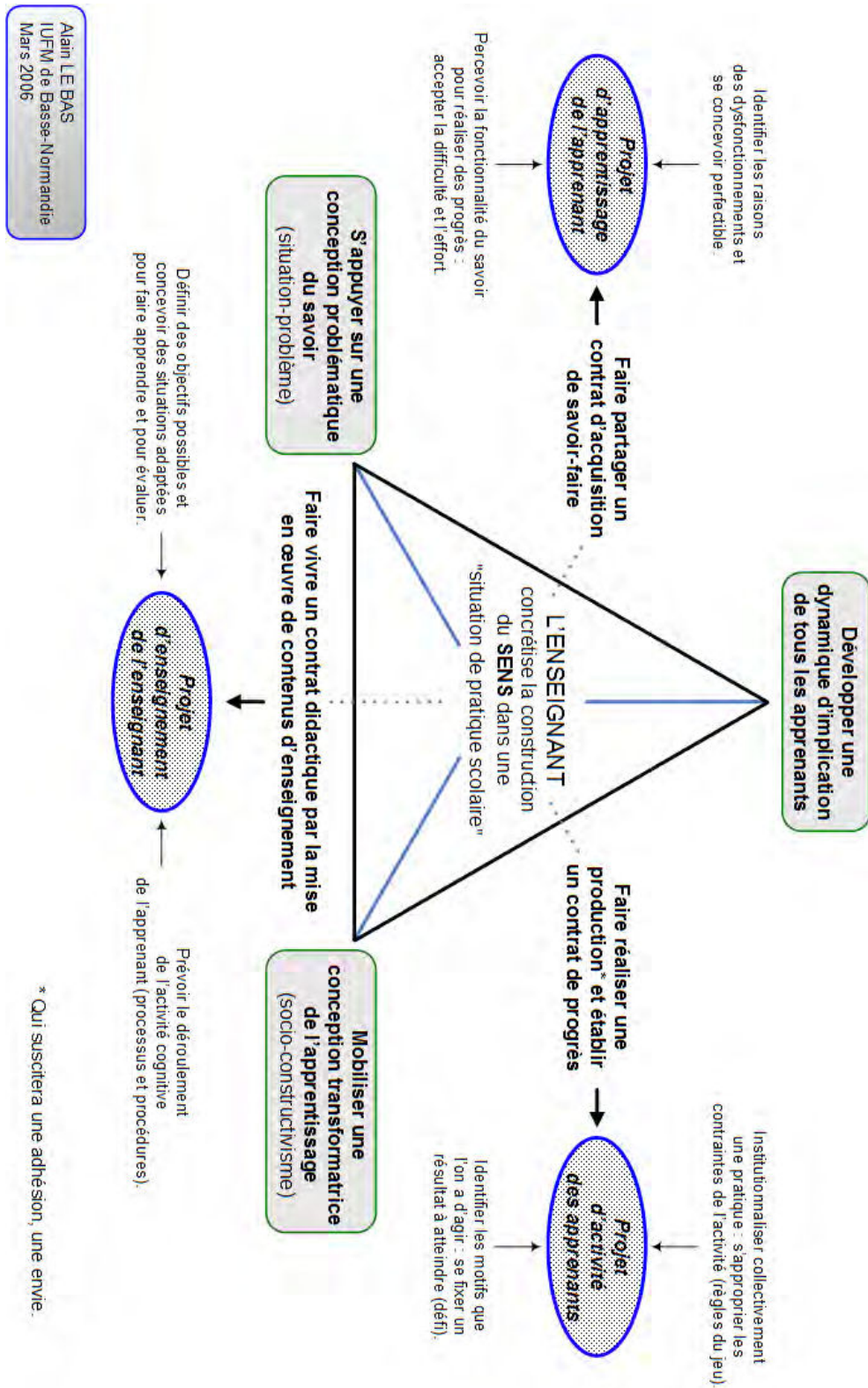
63 S'il nous fallait le définir, correspond finalement à « *ce qui, concrètement, dans une classe, met en relation un enseignant, des élèves, un savoir et qui permet que s'établisse entre eux, un jeu dont il va falloir élucider les déterminants. Le système didactique est un système ouvert, qui n'a de sens que par rapport à l'environnement social qui surdétermine son fonctionnement en référence au projet social qu'il lui assigne (Chevallard, 1985). Tout en acceptant la globalité de ce cadre, il nous semble préférable de définir ce système à partir d'une relation ternaire un peu différente : le savoir, l'élève et la société. Nous assignerions alors à l'enseignant la fonction essentielle d'assurer les liens fonctionnels entre ces différents pôles, et c'est sur la nature et sur la dynamique de ces différentes relations qu'il conviendra de faire porter l'action de formation.* » (Le Bas, 2005, p. 54-55).

64 Par le biais des instructions officielles.

65 Entendons par là les dimensions anthropologique et historique, mais également technique du savoir en jeu.

culturelle, la dimension sociétale, et auxquelles se réfèrent les instructions officielles.

Figure 2-4. Modèle de "construction du sens" référé à une problématique de projet(s) (Le Bas, 2007, p. 116)



Et, comme le souligne Fabre (1999), il ne faut surtout pas craindre de se laisser « *intimider par les accusations de technicisme, voire de néo-positivisme ! Nous le montrerons, la perspective de la psychanalyse de la connaissance permet de définir une gestion didactique de la situation-problème à l'intérieur d'un paradigme herméneutique. Loin de se réduire à un technicisme sans égard pour les sujets, une didactique qui prendrait au sérieux la question du sens dans la totalité de ses dimensions, permettrait précisément de doter l'enseignant d'outils de compréhension et de régulation d'un processus de formation où la quête de savoir serait en même temps quête d'existence.* » (Fabre, 1999, p. 7).

Abordons à présent la “situation de pratique scolaire” au regard de la pédagogie de projet, et de la rencontre de ces différentes logiques, à savoir la logique de l'apprenant, la logique du savoir et la logique de la société.

3.1. La “situation de pratique scolaire” au regard du projet d'activité, ou la rencontre de la logique de la société et de la logique de l'apprenant

Au carrefour des logiques ou dimensions pré-citées, trouve-t-on la “situation de pratique scolaire”, laquelle se réclame invariablement et de façon authentique, bien que non conforme, d'une “pratique sociale de référence”, en tant qu'activité hautement signifiante⁶⁶, et d'un point de vue social pour l'apprenant. C'est pourquoi, et notamment « *en sciences et technologie, les activités scolaires veulent être des images d'activités sociales réelles. Il y a certes des différences obligatoires, mais la référence est nécessaire.* » (Martinand, 1989, p. 24) ; bien entendu, l'activité de recherche sert ici de support à l'activité d'apprentissage : en termes de connaissances, bien évidemment, mais également de démarches, voire d'attitudes (Martinand, 1989). Subséquemment, la mise en œuvre d'une telle situation n'est rendue possible qu'au travers d'un processus de modélisation, de reconstruction de la pratique sociale et qui veille, tout en ne la dénaturant pas, à la placer *a minima* à distance. Ce processus que représente la “transposition didactique”, et qui nous permet de passer d'une pratique sociale à une pratique scolaire, doit nécessairement assurer la mise en relation de l'apprenant, et plus précisément de son fonctionnement adaptatif, avec l'essence même de la “pratique sociale de référence”.

66 Et donc détentrice de sens.

3.2. La “situation de pratique scolaire” au regard du projet d'enseignement, ou la rencontre de la logique du savoir et de la logique de la société

Se basant à l'évidence sur la situation-problème⁶⁷, et notamment au niveau disciplinaire (Brousseau, 1987), la “situation de pratique scolaire” place au fondement même de son identité la notion de problème, lequel réside au cœur de tout processus d'apprentissage, et comme la psychologie cognitive a également pu le montrer (Weil-Barais, 1991). D'un point de vue plus épistémologique, Fabre (1993) entrevoit pour sa part ledit problème au travers de deux dimensions, de deux figures et que sont l'énigme, quand notre intellect se retrouve tout autant bloqué que mobilisé, puis la controverse, quand nos conceptions, tout autant hétérogènes qu'intersubjectives, se retrouvent mêlées entre elles. Plus globalement, et de notre “situation de pratique scolaire”, pouvons-nous dire que l'on repère, et sans ambiguïté, la présence d'un problème chez un sujet lorsque, de toutes les réponses qu'il peut immédiatement apporter, aucune d'elles n'est véritablement adaptée à la situation en jeu. Cependant, sachons voir qu'est ici clairement rejetée une épistémologie de la résolution de problème⁶⁸ au profit d'une épistémologie de la problématisation⁶⁹ : à l'évidence, les problèmes ne peuvent se poser d'eux-mêmes et, surtout, doivent être construits (Fabre, 1993, 1997), et quand bien même persistera longtemps encore l'« *illusion culturelle que les problèmes apparaissent déjà posés et déjà définis par un maître ou un expert.* » (Fabre, 1993, p. 83). Conséquemment, et toujours selon Fabre (2005a, 2005b, 2009), la problématisation, tel un processus aux multiples dimensions, associe à la fois la position, la construction et la résolution dudit problème, quand Le Bas (2008) la définit telle l'exploration d'un ensemble de possibles au sein d'un ensemble de contraintes, la résolution du problème en jeu passant nécessairement par l'accord, l'entente de ces deux ensembles. Enfin, et en référence à Brousseau (1986), notons que Le Bas (2008), dans le cadre de la “situation de pratique scolaire” et en appui du processus de la problématisation, imagine le processus d'une certaine dévolution du savoir, avec :

un temps d'appropriation du jeu⁷⁰, ou de confrontation⁷¹ au problème ;

un temps de situation par rapport à l'action⁷², ou de reconstruction du problème ;

67 Qui, dans le cadre de la “situation de pratique scolaire”, prend la forme d'une situation que l'on qualifie de dérivée : moins sophistiquée, elle est aussi et surtout, conséquemment plus recentrée sur l'inévitable problème.

68 Que l'on peut assimiler à une pédagogie dite de la réponse.

69 Que l'on peut assimiler à une pédagogie dite de la recherche.

70 Le Bas (2008) parle ici d'une *dévolution du jeu*.

71 C'est-à-dire de position et d'identification.

72 Le Bas (2008) parle ici d'une *dévolution de la causalité de ses échecs ou difficultés*.

un temps de formulation et de validation de projet(s) d'action⁷³, ou de recherche de solution(s) au problème ;

un temps d'institutionnalisation du savoir⁷⁴, ou de reconnaissance du problème dans un autre contexte.

3.3. La “situation de pratique scolaire” au regard du projet d'apprentissage, ou la rencontre de la logique de l'apprenant et de la logique du savoir

La “situation de pratique scolaire” s'inscrit alors continuellement dans une recherche de cohérences liées au fonctionnement propre du sujet, cohérences nouvelles et toujours plus efficaces, plus opérantes. De par la tâche proposée et à accomplir, et comme le rappelle Allal (1979/1985), il s'agit là de vivre toujours, et de façon optimale, un décalage adéquat d'avec ce que croit savoir le sujet, de façon à lui rendre tout autant possible que nécessaire l'acquisition de savoirs, savoir-faire et savoir-être nouveaux et, par conséquent, plus efficaces et plus justes que les précédents ; de fait, et d'un tel parti pris, l'on place alors l'apprentissage au service du développement du sujet (Vygotski, X/1997).

3.4. L'opérationnalisation de la “situation de pratique scolaire”

Concrètement, et afin de satisfaire aux diverses conditions discutées ci-avant, le dispositif de la “situation de pratique scolaire”, et qui n'est autre que l'axe vertébral de notre projet d'enseignement-apprentissage, s'opérationnalise au moyen de trois variables, et qui sont explicitées ci-après :

le but de tâche qui, à travers la finalisation, engage l'apprenant au sein d'un projet d'activité porteur de sens, en lequel il se retrouve, et pour finalement être amené à assurer la mobilisation des savoirs, savoir-faire et savoir-être travaillés ;

les contraintes de réalisation qui, à travers la didactisation, immergent l'apprenant dans un espace, un milieu véritablement problématique, et puisque permettant la confrontation de l'apprenant au problème, voire aux problèmes visés par le projet d'enseignement ;

73 Le Bas (2008) parle ici d'une *dévolution de la responsabilité de la construction du savoir*.

74 Le Bas (2008) parle ici d'une *dévolution de la socialisation du savoir*.

les critères de réussite qui, à travers la légitimation, renseignent l'apprenant de l'ampleur des progrès qu'il lui reste à parcourir afin de parvenir à la réalisation de ladite tâche ; en d'autres termes, de la formulation de son projet d'apprentissage.

Passée l'explicitation de la "situation de pratique scolaire", qui se réclame sans équivoque de la pédagogie de projet, nous allons pouvoir à présent développer la démarche de problématisation, dont la "situation de pratique scolaire" se réclame tout autant, mais sur un autre plan.

4. La démarche de problématisation, telle une méthodologie d'apprentissage

Puisque de problème et, par conséquent, de problématisation il est question lorsque l'on souhaite faire pleinement vivre la "situation de pratique scolaire", en résumerons-nous la philosophie (Fabre, 2005a), à l'appui de Bachelard (1949) et de Dewey (1967/1993), à l'un le rationalisme, à l'autre le pragmatisme, au travers de ces quelques caractéristiques de la problématisation (tableau 2-1 ; d'après Fabre, 2005b ; Fabre & Houssaye, 2005 ; Fabre & Musquer, 2009 ; Fleury & Fabre, 2005) ou, plus justement, de son processus.

Tableau 2-1. Caractéristiques de la problématisation (d'après Fabre, 2005b ; Fabre & Houssaye, 2005 ; Fabre & Musquer, 2009 ; Fleury & Fabre, 2005)

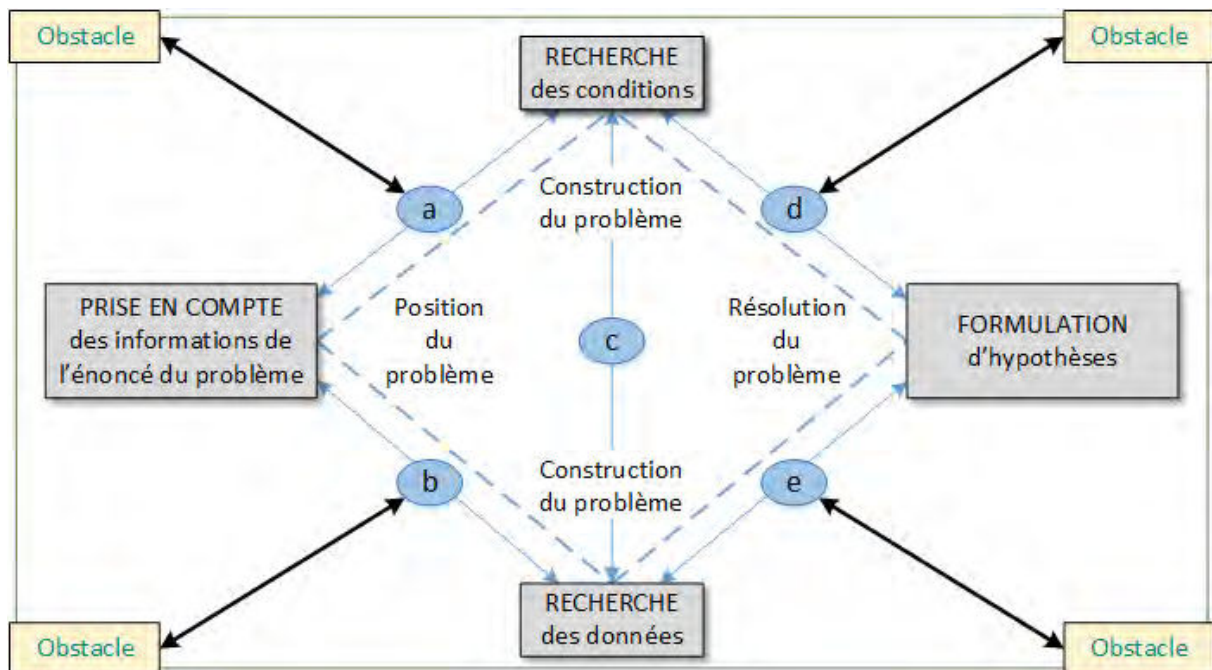
| |
|---|
| Caractéristique 1 |
| Un processus multidimensionnel impliquant position, construction et résolution de problèmes. |
| Caractéristique 2 |
| Une recherche de l'inconnu à partir du connu, c'est-à-dire de l'édification d'un certain nombre de points d'appui à partir desquels questionner. |
| Caractéristique 3 |
| Une dialectique de faits et d'idées, d'expériences et de théories. |
| Caractéristique 4 |
| Une pensée contrôlée par des normes (intellectuelles, éthiques, techniques, pragmatiques...), ces normes étant elles-mêmes tantôt prédéfinies et tantôt à construire. |
| Caractéristique 5 |
| Une schématisation fonctionnelle du réel qui renonce à tout embrasser et à reproduire la réalité mais vise plutôt à construire des outils pour penser et agir. |

Enfin, la problématisation ne vise rien d'autre que de « *développer un questionnement visant à identifier les données et les conditions du problème et à les mettre en tensions. De cette interaction résultent des hypothèses de solutions qui seront ensuite validées ou non. Les données sont présentes dans la situation ou peuvent être rajoutées au fur et à mesure de l'apprentissage par les élèves ou l'enseignant. Elles ont un statut de contraintes. Elles s'expriment dans des propositions factuelles : ceci est carré, rouge, dur... Elles sont choisies en fonction de leur pertinence et de leur adéquation aux conditions. Les conditions concernent les critères, les principes, les concepts qui commandent le processus de problématisation. Ce sont des nécessités dont il faut absolument tenir compte dans la construction et dans la résolution du problème.* » (Fabre & Musquer, 2009, p. 113). Ainsi

résumé, et dans l'esprit de Dewey (1967/1993), nous risquons-nous aux associations suivantes : à la position et à la construction du problème la détermination de nos données et conditions, à la résolution du problème la production de nos hypothèses⁷⁵ de solutions (Fabre & Musquer, 2009).

Nota bene : plus que de se succéder, et comme nous le rappellent Fabre et Musquer (2009), les phases de position, de construction et de résolution du problème entretiennent, lors du processus de problématisation, des interactions permanentes, et à la façon d'un mouvement de va-et-vient, comme le montre très clairement le losange de la problématisation (figure 2-5 ; Fabre & Musquer, 2009, p. 117).

Figure 2-5. Losange de la problématisation (Fabre & Musquer, 2009, p. 117)



À la façon, et telle que nous la développerons ci-après, de la démarche d'investigation qui s'est imposée dans la sphère scientifique, la démarche de problématisation s'est tout autant imposée, ces dernières années, dans la sphère scolaire au travers de nos situations d'enseignement-apprentissage, dont les articles spécialisés ne cessent d'ailleurs de rendre compte : il n'en a bien évidemment pas toujours été ainsi, car pour exemple « *l'enseignement*

75 Qu'il s'agira de tester vis-à-vis de nos données et conditions.

des sciences à l'école, au collège et au lycée a été longtemps proposé "garanti sans problèmes" animé qu'il était par des épistémologies positivistes, voire empiristes qui valorisaient l'observation ou l'expérimentation sans forcément les rapporter à un étonnement quelconque. Enfin, que les élèves soient sommés de problématiser dans les matières traditionnellement vouées à l'apprentissage de mémoire sinon "par cœur" comme l'histoire ou la géographie marque bien l'avènement d'un nouveau paradigme » (Fabre, 2005b, p. 6). Il en est fait appel, même au-delà au travers de situations de formation, notamment lorsqu'il est question d'une certaine analyse de pratiques, qui par ailleurs a rendu possible l'émergence du praticien réflexif. La pratique, loin d'être comme on la pense trop souvent, c'est-à-dire aveugle, est inexorablement habitée d'intelligence⁷⁶, et plus encore même, de réflexion (Fabre, 2005b) : elle ne saurait être la stricte application de la théorie qui, en retour, ne peut à elle seule fonder ladite pratique, et donc l'action, l'activité. S'agissant pour ainsi dire d'un nouveau paradigme pédagogique et, avant cela, épistémologique, psychologique (Fabre, 2005b), la problématisation mérite, afin qu'on ne la galvaude pas, que ses contours soient au mieux définis, ce qui nous incite alors à revenir quelque peu plus en détails sur les caractéristiques de la problématisation (tableau 2-1 ; d'après Fabre, 2005b ; Fabre & Houssaye, 2005 ; Fabre & Musquer, 2009 ; Fleury & Fabre, 2005).

4.1. Première caractéristique : un processus multidimensionnel impliquant position, construction et résolution de problèmes

Par processus multidimensionnel, faut-il comprendre avant tout qu'aucune de ces différentes dimensions, et que sont la position, la construction et la résolution du problème, ne doit faire l'objet d'une quelconque économie, au risque d'y perdre de son efficacité, comme de sa pertinence. C'est ainsi que, trop souvent, la résolution du problème focalise à tort toute l'attention avec, pour conséquence, des réinvestissements et / ou des transferts qui ne se font pas, ou très difficilement, et puisque la construction du problème, qui est essentielle, a été évincée du processus : nous ne pouvons ici parler d'acquis réels, et donc d'apprentissage. Gardons-nous donc de ne pas nous focaliser « *sur la résolution, comme si la valeur des solutions ne dépendait pas de la manière de définir les problèmes et comme si le plus important, dans la pensée et dans l'apprendre, n'était pas de construire de "bons" problèmes, ainsi que ne cesse d'ailleurs de le répéter Bachelard, si généreusement* » (Fabre, 1999, p. 177)

76 Et Detienne et Vernant (1974) parlent alors d'une certaine intelligence de la pratique.

cité de par nous tous. Pour peu évidentes qu'elles soient à marier, la position et la construction du problème ne doivent en rien et au final être négligées, sous peine d'aboutir à des solutions dont l'opérationnalité et la pertinence feraient défaut ; sur ce point, Fabre (1993) ajoute que la construction du problème « *dessine une image de la pensée et de l'apprendre qui ne valorise plus naïvement la question ou la réponse, mais véritablement cette fois, leur interaction. Car les solutions n'ont de sens que par rapport aux problèmes qui leur donnent vie. Et de même, les problèmes n'ont que les solutions qu'ils méritent selon leur pertinence (Michel Meyer, 1986).* » (Fabre, 1993, p. 97). C'est pourquoi nous retiendrons, et du processus multidimensionnel dont il est ici question que, l'essentiel « *et le plus difficile aussi c'est de savoir construire les problèmes, lesquels ne sont jamais donnés mais doivent être conquis de haute lutte sur les préjugés ou les faux problèmes.* » (Fabre, 2005b, p. 5-6). De cela, reste à savoir pour nous la teneur de ladite construction du problème : se résumerait-elle à un simple questionnement ? Il va de soi que non et, plus vraisemblablement, s'agirait-il ici d'un ensemble de questions, nouées entre elles au sein de ce que l'on pourrait appeler un réseau et qui, finalement, s'inscrivent dans un cadre. Néanmoins, et pour parvenir à la résolution du problème en jeu, devons-nous prendre appui sur quelques certitudes et ce, à la façon de points d'appui, de leviers.

Enfin, et avant de justement discuter plus en détails cette question des points d'appui et des leviers, terminons notre propos en ajoutant que, si la position et la construction du problème se rejoignent quand elles se situent clairement du côté de la question, et la résolution du côté de la réponse, il n'en reste pas moins que la construction du problème envisage l'existence même d'une réponse, comme par anticipation. C'est pourquoi et pour ce qui nous concerne, nous pouvons en effet remarquer que, de « *fait, les scientifiques s'attaquent à ce qui leur semble le plus important parmi les problèmes qui leur paraissent accessibles ; c'est-à-dire ceux qu'ils ont, à tort ou à raison, l'impression de pouvoir résoudre. Car leur métier, ce n'est pas uniquement de se débattre au milieu des questions. C'est aussi de leur trouver des solutions. Comme dans beaucoup d'activités humaines, comme dans la vie en général, le scientifique navigue entre deux pôles : le désirable et le possible. Sans possible, le désirable n'est que rêve. Sans désirable, le possible n'est qu'ennui. Il est souvent difficile de résister au rêve et à l'utopie. Mais l'expérimentation permet de contenir l'imagination. À chaque étape, le scientifique est obligé de s'exposer à la critique et à l'expérience pour limiter la part du rêve dans la représentation du monde qu'il élabore. La démarche scientifique consiste à confronter*

sans cesse ce qui pourrait être et ce qui est. » (Jacob, 1997, p. 12-13).

4.2. Deuxième caractéristique : une recherche de l'inconnu à partir du connu, c'est-à-dire de l'édification d'un certain nombre de points d'appui à partir desquels questionner

Se référant ici clairement à la “théorie de l'enquête” (Dewey, 1967/1993), puisque discutant finalement le passage d'une situation indéterminée, incertaine, à une situation déterminée, certaine, distinguerons-nous par la suite ce qui relève de l'inconnu et du connu, avec :

les données du problème, d'une part, lesquelles ont à voir avec l'inconnu, et prennent la forme de références, tels des points d'appui. Il s'agira en sciences, nous le verrons ci-après, des contraintes portant sur le monde des faits constatables, ou registre empirique. Loin de se révéler elles-mêmes, les données sont alors des éléments du problème qui, parce que choisis, sont construits, et plus que d'être sélectionnés au hasard, car devant par dessus tout rester pertinents au regard du questionnement en jeu. Nous retiendrons ainsi que les données du problème « désignent a) *ce qui est présent, réellement présent dans la situation ; b) ce qui a le statut de contraintes, ce que je me vois obligé de prendre en compte ; et enfin c) ce qui s'avère connu.* » (Fabre, 2006, p. 20) ;

les conditions du problème, d'autre part, lesquelles ont à voir avec le connu, et prennent la forme d'inférences, tels des leviers. Il s'agira en sciences, nous le verrons ci-après, des nécessités portant sur le monde des idées explicatives, ou registre du modèle [ou des modèles]. Loin de se révéler elles-mêmes, les conditions se nourrissent alors de notre vécu, de nos supposées connaissances qui, sur le mode de l'anticipation, mènent notre raisonnement sur la base de règles conditionnelles. Nous retiendrons ainsi que les conditions du problème « renvoient à : a) *ce qui est encore à venir, ce qui n'est pas réellement présent dans la situation ; b) ce qui a statut de possible ; enfin c) à ce qui est inconnu mais qui peut être inféré à partir du connu.* » (Fabre, 2006, p. 20).

Nota bene : ces mêmes conditions du problème s'inscrivent toujours dans un système de significations que l'on peut qualifier de cohérent, d'organisé. Il s'agira en sciences, nous le verrons ci-après, du registre explicatif.

4.3. Troisième caractéristique : une dialectique de faits et d'idées, d'expériences et de théories

De ce qui vient d'être dit, nous pouvons alors associer les données du problème, lesquelles ont à voir avec l'inconnu, et prennent la forme de références, aux faits constatables, aux expériences, et les conditions du problème, lesquelles ont à voir avec le connu, et prennent la forme d'inférences, aux idées explicatives, aux théories. Il s'agit là, en sciences, de bien articuler les données du problème, les points d'appui, en cela le monde des phénomènes, avec les conditions du problème, les leviers, en cela le monde des explications. Lors de la construction du problème, sommes-nous finalement amenés à travailler, de possible façon, l'identification des conditions du problème d'abord, la transposition de ces dernières au sein d'une hypothèse de solution ensuite, et la détermination des données du problème enfin, le tout en vue d'aboutir à la résolution du problème en jeu. Sachons voir également que ce dialogue, cette mise en relation des données et conditions du problème n'est en rien figée ; plus encore remarque-t-on régulièrement son évolution lors de la problématisation : de notre pensée qui chemine, une condition du problème peut, si elle vient à être acceptée lors du processus de la problématisation, se transformer en une donnée du problème. L'on observe alors un mouvement de bascule, du levier au point d'appui, de l'inférence à la référence ; ou d'une situation qui devient de moins en moins indéterminée. *A contrario*, une condition du problème peut tout aussi bien être abandonnée lors de ce même processus de la problématisation. Comprendons enfin que cette articulation des données et conditions du problème ne saurait prendre vie sans l'existence, en arrière-plan, d'un quelconque régime d'action, ou régime de pensée à la façon d'un paradigme, voire de présupposés métaphysiques : il s'agira en sciences, nous le verrons ci-après, du registre explicatif, où la « *problématisation est envisagée comme l'exploration des possibles dans un champ de contraintes et la réponse produite comme une transaction entre ces possibles et ces contraintes.* » (Le Bas, 2011, p. 173).

4.4. Quatrième caractéristique : une pensée contrôlée par des normes (intellectuelles, éthiques, techniques, pragmatiques...), ces normes étant elles-mêmes tantôt prédéfinies et tantôt à construire

Énoncés en des termes différents, le processus de la problématisation relève finalement, pour Bachelard (1949) d'un côté, et Dewey (1967/1993) de l'autre, d'un certain contrôle, en

cela qu'il reste malgré lui assujetti à moult normes, et que se donne alors la pensée.

Tout d'abord, et pour Bachelard (1949), intervient d'abord un premier niveau de surveillance, dit de contrôle pragmatique, où une procédure automatique, routinière, permet la mise en évidence des conditions du problème, qui correspondent à ce niveau à des outils : nous sommes là dans le cadre de la problématique. Clairement, les conditions du problème ne font ici pas l'objet d'un processus de rationalisation. Ensuite, intervient un deuxième niveau de surveillance⁷⁷, dit de contrôle méthodologique, où une procédure non automatique, non routinière, permet d'envisager telles des règles d'action les conditions du problème, qui correspondent à ce niveau à des normes : non interpellées au sujet de leur bien-fondé, nous restons là dans le cadre de la problématique, mais accédons à la "science normale" (Kuhn, 1983), où le paradigme qui contient les conditions du problème n'est pas remis en question. Clairement, les conditions du problème font ici l'objet d'un processus de rationalisation, mais qui n'est pas critiqué. Enfin, intervient un troisième niveau de surveillance⁷⁸, dit de contrôle épistémologique, qui permet la mise au travail des conditions du problème : interpellées au sujet de leur bien-fondé, nous entrons là dans le cadre de la problématisation, et accédons à la "science extraordinaire" (Kuhn, 1983), où le paradigme qui contient les conditions du problème est remis en question ; plus précisément, lesdites conditions peuvent n'être pas applicables, ou même connues, se concurrencer et devoir être hiérarchisées, ou rester à inventer. Clairement, les conditions du problème font ici l'objet d'un processus de rationalisation, mais qui est critiqué.

Ensuite, et pour Dewey (1967/1993), intervient d'abord une première modalité de contrôle, assimilable au contrôle pragmatique précédemment discuté, et qui vise l'opérationnalité et la fonctionnalité : la réussite de la tâche est primordiale, sans nécessairement accéder aux clefs de ladite réussite, en cela ses raisons. Ensuite, intervient une seconde modalité de contrôle, assimilable aux contrôles méthodologique et épistémologique précédemment discutés, et qui vise à s'intégrer au sein d'un système préexistant à la situation, et porteur de significations : si la réussite de la tâche est primordiale, l'accès aux clefs de ladite réussite, en cela ses raisons, l'est tout autant ; nous observons là notre inférence qui, d'une suggestion passe à une idée, et parce que davantage fondée, raisonnée et, par conséquent, rationnelle. C'est pourquoi et bien

⁷⁷ Qui surveille le premier niveau de surveillance.

⁷⁸ Qui surveille le deuxième niveau de surveillance.

qu'opérationnelle et fonctionnelle, l'“idée” suggérée peut n'être pas assez rationnelle, car pas assez fondée en raisons, lesquelles sont à rechercher, ou peut-être même à construire, dans le ou les systèmes de significations concernés.

4.5. Cinquième caractéristique : une schématisation fonctionnelle du réel qui renonce à tout embrasser et à reproduire la réalité mais vise plutôt à construire des outils pour penser et agir

Le processus de la problématisation, loin de vouloir tout appréhender, tout traiter, recourt méthodologiquement parlant à la modélisation⁷⁹, ou encore la schématisation et, par voie de conséquence, renonce à tout embrasser. Si la démarche de problématisation envisage la complexité de la situation, ce n'est pas au travers de son exhaustivité : il est nécessaire de borner, de délimiter ladite démarche. Toutes les données et conditions potentielles du problème en jeu ne pourront être retenues, certaines données du problème seront évincées, certaines conditions du problème seront privilégiées ; aussi, certaines mises en concordance, en relation, en tension de données et conditions du problème seront favorisées : ce deuil, ce renoncement douloureux assure la faisabilité de la démarche de problématisation, c'est-à-dire la prise en charge du problème à traiter. Partant de là, nous finissons par comprendre que tout ne peut être problème, que tout ne peut légitimement faire appel à la démarche de problématisation : certains “problèmes”, particulièrement inconsistants, ne méritent pas que l'on y porte un quelconque intérêt. En d'autres termes, il y aurait de faux problèmes, à savoir des difficultés passagères, et de vrais problèmes. D'un point de vue épistémologique, nous le savons, le problème s'entrevoit au travers de ses deux dimensions, de ses deux figures, et que sont l'énigme, puis la controverse (Fabre, 1993) : est-il alors ici question de chercher, d'inventer. Il s'agit là de conditions mobilisatrices pour celui qui s'y engage, à la condition même que toute situation ne relève d'une telle épreuve.

Passée l'explicitation de la démarche de problématisation, qu'il nous fallait évidemment définir au regard du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, nous allons pouvoir à présent développer la démarche d'investigation, usuellement mobilisée dans le

⁷⁹ Tout du moins dans le domaine des sciences de la vie et de la Terre.

domaine des sciences de la vie et de la Terre, mais sans nous défaire pour autant de la “situation de pratique scolaire”, précédemment détaillée.

5. Regards croisés entre la démarche d'investigation et le modèle d'“investigation-structuration”

La “situation de pratique scolaire”, bien qu'initialement pensée dans le domaine de l'éducation physique et sportive (Le Bas, 1996, (1998)), se réclame, de par son caractère global, à valoir pour tous champs disciplinaires (Le Bas, 2007, 2008), dont les sciences évidemment ; cependant que, lorsque l'on se réfère aux instructions officielles, la démarche scientifique d'investigation s'en détache quelque peu (Lhoste, 2007), et plus particulièrement lorsqu'il est question de la construction du problème⁸⁰ sans laquelle, et nous le verrons plus tard, il paraît somme toute assez peu probable d'accéder à de véritables savoirs scientifiques. De cela, prenons-nous alors le parti de nous essayer à un rapprochement de la démarche d'investigation, si chère à la culture scientifique, de la “situation de pratique scolaire” qui, nous l'avons rappelé, n'omet pas la dimension problématisante de l'apprentissage. Ainsi fait, et de l'étude des caractéristiques de la “situation de pratique scolaire” en sciences et technologie vis-à-vis de la démarche d'investigation (tableau 2-2 ; d'après Lhoste, 2007), ladite démarche d'investigation paraît plus à même de s'inscrire dans notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation.

Tableau 2-2. Caractéristiques de la “situation de pratique scolaire” en sciences et technologie vis-à-vis de la démarche d'investigation (d'après Lhoste, 2007)

| “Situation de pratique scolaire” | Démarche d'investigation |
|---|---|
| Mise en activité de l'apprenant : position du problème. | Situation de départ et formulation du questionnement des apprenants (individuel). |
| Mise à distance de l'action : construction du problème. | Formulation du questionnement des apprenants (collectif : travaux de groupes) et confrontation des explications des apprenants, lesquelles visent l'appropriation du problème par les apprenants. Élaboration des hypothèses par les apprenants. |
| Validation de l'action : résolution du problème. | Conception par les apprenants de l'investigation à conduire pour valider et / ou invalider les hypothèses. Investigation conduite par les apprenants. |
| Stabilisation du savoir. | Acquisition et structuration des connaissances. |

Nota bene : issues du domaine de la didactique des mathématiques, nous retrouvons là

⁸⁰ Lequel n'est pour autant pas totalement oublié. Ainsi, et toujours à la lecture des instructions officielles, Coquidé, Fortin et Rumelhard (2009) entrevoient ladite démarche d'investigation comme « centrée sur la démarche expérimentale et le recours à la situation-problème avec développement d'un raisonnement hypothético-déductif. » (Coquidé, Fortin & Rumelhard, 2009, p. 57).

finalement les différentes situations d'action, de formulation, de validation et d'institutionnalisation.

Indiscutablement, la démarche d'investigation se pose en héritière de la “théorie de l'enquête” lorsque, dans sa matrice⁸¹ même, elle insiste sur le nécessaire intérêt d'une activité proposée. Ainsi, et partant d'une situation objectivement qualifiée, à l'initiale d'indéterminée, l'apprenant se place en quête de l'organiser autrement, et en vue d'y apporter une solution. Ce passage ou, plus justement, cette transformation de notre situation indéterminée⁸², subie par l'apprenant, à une situation déterminée et, par conséquent unifiée et réellement problématique, comme de sa résolution, peut alors et toujours selon Dewey (1967/1993), se résumer au travers de quelques étapes qui, bien que distinguées, ne se suivent d'ailleurs pas nécessairement de façon linéaire, à savoir :

- la perception du problème ;
- la détermination du problème ;
- la suggestion des hypothèses ;
- l'appréciation des hypothèses ;
- la validation et / ou invalidation⁸³ des hypothèses.

Comprenons bien que nous dépassons là, et au travers de la “théorie de l'enquête”, l'intérêt du tâtonnement expérimental, extrêmement présent dans toute l'œuvre de Freinet, au profit d'une rigoureuse et bienveillante « *méthode scientifique considérée comme méthodologie éducative à toutes les étapes de l'enseignement, qui est valorisée par les pragmatistes américains, et en premier lieu Dewey.* » (Coquidé, 2000, p. 105).

Finalement, sont ici réunies « *les conditions pédagogiques pour stimuler les activités de l'élève et ainsi l'amener à résoudre les problèmes* » (Coquidé, Fortin & Rumelhard, 2009, p. 59) constitutifs du savoir en jeu. Pour avoir clairement défendu ci-avant l'articulation désirée

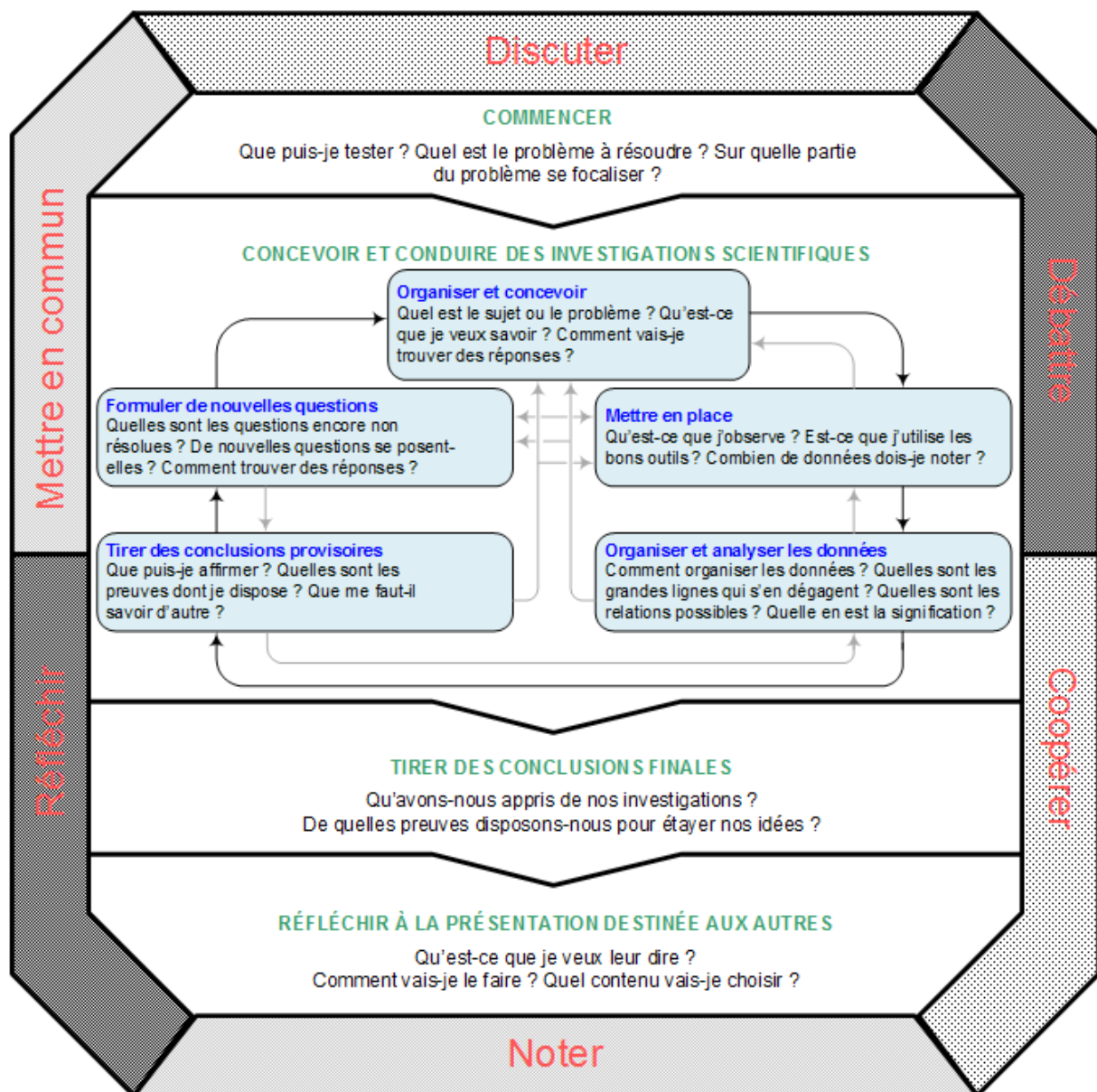
81 Qui repose sur des fondements divers : épistémologique, psychologique et sociologique.

82 Et en cela douteuse, incertaine et instable.

83 Qui, si elle se présente, réactive l'investigation.

de l'activité à l'apprentissage (Dewey⁸⁴, X/1931) –et que l'on retrouve au sein de la démarche d'investigation, il nous apparaît maintenant nécessaire de questionner en plus approfondi le cadre de la démarche scientifique d'investigation (figure 2-6 ; Saltiel, Worth & Duque, 2009, p. 10), et dans ses fondements épistémologiques, lesquels n'échapperont bien évidemment pas à la critique qui va suivre.

Figure 2-6. Cadre de la démarche scientifique d'investigation (Saltiel, Worth & Duque, 2009, p. 10)



84 Sachons voir que l'on parle ici plus globalement de « tradition pédagogique, issue de Dewey, Bruner, Wallon, Freinet, Piaget, où l'élève est actif. Les pédagogues, en particulier les militants de l'Éducation nouvelle, ont mis en œuvre des innovations pédagogiques et ont théorisé l'importance de l'activité de l'élève dans les apprentissages » (Coquidé, Fortin & Rumelhard, 2009, p. 57) qui relèvent de l'activité scientifique.

5.1. Fondements épistémologiques de la démarche d'investigation

5.1.1. Intérêts de la démarche d'investigation

Loin d'adhérer à l'illustration ou à la présentation, la démarche d'investigation se veut, tout du moins à l'origine, clairement inductive⁸⁵, en cela qu'elle envisage de passer « *de l'observation des faits à l'élaboration des lois. C'est par une expérience, et non pas par l'exposé des lois, que la méthode préconisée incite à commencer le cours. L'éducation sensorielle et motrice est aussi mise en avant.* » (Coquidé, Fortin & Rumelhard, 2009, p. 52). Ses principes, aujourd'hui retravaillés par, notamment, le groupe technique associé au comité de suivi du PRESTE (annexe 2-1), ne se résument plus à ce courant inductiviste mais, de façon plus ambitieuse, répondent alors à une double exigence : à la première l'unité, quand il est question de « *continuité entre le questionnement initial des élèves, l'investigation réalisée pour y répondre et l'acquisition des connaissances et des savoir-faire.* » (Coquidé, Fortin & Rumelhard, 2009, p. 53), à la seconde la diversité, quand l'investigation, dans ses modalités mêmes, se veut plurielle et ne peut se résumer à l'expérimental⁸⁶. Aussi et comme exposé ci-avant (tableau 2-2 ; d'après Lhoste, 2007), quelques moments-clefs⁸⁷ ont-ils été distingués au sein de la démarche d'investigation, à savoir :

le choix d'une situation de départ (paramètres qui ont guidé le choix de l'enseignant en fonction des objectifs des programmes) ;

la formulation du questionnement des apprenants ;

l'élaboration des hypothèses et la conception de l'investigation à réaliser pour les valider / invalider ;

l'investigation conduite par les apprenants ;

l'acquisition et la structuration des connaissances.

C'est alors que, d'une approche inductive, nous basculons sur la méthode « *hypothético-déductive d'une démarche expérimentale, avec un accent supplémentaire mis sur l'activité des*

85 Ce faisant, elle s'inscrit alors dans une épistémologie empiriste de l'activité scientifique, où la connaissance est directement issue de l'expérience (Coquidé, Fortin & Rumelhard, 2009).

86 Bien qu'il soit, dès que la déontologie et le matériel le permettent, systématiquement privilégié.

87 Lesquels ont d'ailleurs été reformulés dans les instructions officielles du premier degré (et plus précisément de l'école élémentaire) en 2002, et du second degré (et plus précisément du collège) en 2008. Pour le premier degré, se reporter également aux documents qui accompagnent les instructions officielles (Blanchard & Denis, 2002).

élèves. Le protocole expérimental n'est pas imposé ou suggéré aux élèves par le professeur, il est laissé à leur initiative, lesquels le conçoivent et le réalisent pour tester » (Coquidé, Fortin & Rumelhard, 2009, p. 54) telle ou telle hypothèse de travail.

5.1.2. Limites de la démarche d'investigation

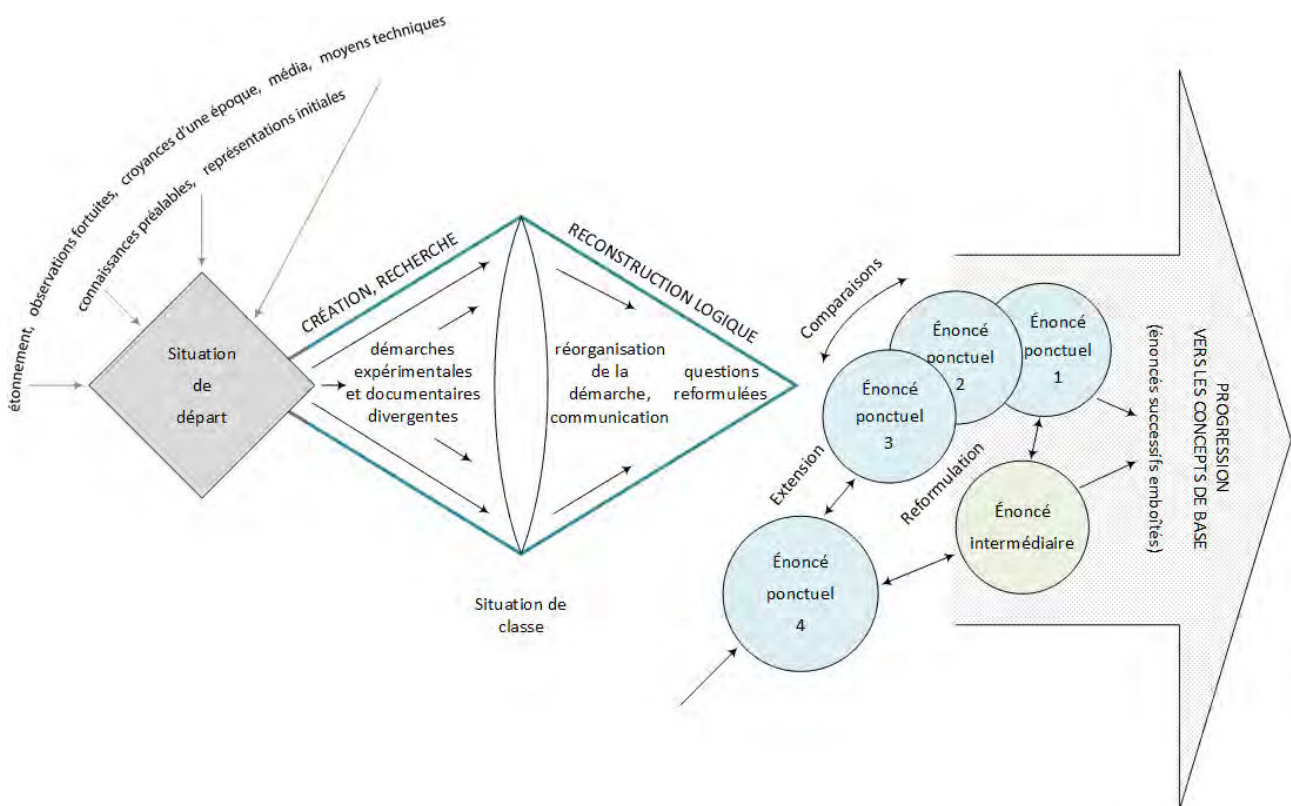
Tout d'abord, et de ce que nous avons dit ci-avant, nous semble-t-il que la démarche d'investigation originelle⁸⁸, à l'image même de la “théorie de l'enquête”, s'inscrit plus largement dans une épistémologie empiriste de l'activité scientifique ce qui, contrairement au « *cadre rationaliste bachelardien, ne permet pas une analyse d'obstacles épistémologiques rencontrés par les élèves, obstacles qui limiteraient nécessairement la production de* » (Coquidé, Fortin & Rumelhard, 2009, p. 60) telle ou telle hypothèse de travail, c'est-à-dire de solutions suggérées comme étant possibles.

Ensuite, et quand bien même nous sommes-nous essayés à un rapprochement de la démarche d'investigation, si chère à la culture scientifique, de la “situation de pratique scolaire” qui, nous l'avons rappelé, n'omet pas la dimension problématisante de l'apprentissage, observons-nous à l'épreuve du terrain que, si la pratique de la situation-problème semble effective et acceptée, il en est tout autre de la stabilisation du savoir, en cela l'acquisition et la structuration des connaissances. Une gêne majeure est en effet décelée quant à ce que l'on pourrait appeler l'opérationnalisation des savoirs scientifiques, celle-ci semblant alors et pour nombre d'enseignants comme hors d'atteinte quand, côté apprenants, nombre d'entre eux n'envisageraient les activités que pour ce qu'elles ne sont pas, c'est-à-dire pour elles en soi, et non comme des stratégies permettant un réel accès auxdits savoirs scientifiques. Ainsi, on le voit bien, le chemin qui mène du questionnement à la connaissance en passant par l'expérience, loin d'être linéaire, paraît semé d'embûches et n'est pas sans poser de problèmes. Du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, au cadre de la démarche scientifique d'investigation (figure 2-6 ; Saltiel, Worth & Duque, 2009, p. 10) qui, ces dernières années, s'est imposé en sciences et dans les instructions officielles, nous faut-il sans doute chercher un levier, un point d'appui sur lequel expérimenter l'articulation de l'investigation à la problématisation ; en somme, un temps de l'apprentissage qui rende

88 Telle qu'elle a, notamment, pu être pensée par la fondation de La main à la pâte, à la différence du groupe technique associé au comité de suivi du PRESTE.

possible, à l'issue de l'investigation, la poursuite de la problématisation, dans sa dimension seconde & constructive, bien entendu. Ce moment privilégié, et c'est l'hypothèse de travail que nous faisons, réside sûrement en quelques moments structurants, et qui assoient le savoir scientifique initialement visé. D'où l'appel, somme toute logique, au modèle d'“investigation-structuration” en situation de classe (figure 2-7 ; Giordan, 1983/1987, p. 23), et que nous nous proposons de développer à présent.

Figure 2-7. Modèle d'“investigation-structuration” en situation de classe (Giordan, 1983/1987, p. 23)



5.2. Fondements épistémologiques du modèle d'“investigation-structuration”

À la vue de l'hypothèse de travail qui vient d'être posée et qui souligne, en sciences et dans le cadre scolaire, un manque certain de continuité dans l'activité⁸⁹ même de problématisation de l'apprenant, une orientation possible du travail à mener réside probablement en l'appel à un modèle pédagogique déjà ancien, et produit par le groupe de recherche en sciences expérimentales de l'INRP, sous l'égide de Victor Host : le modèle d'“investigation-

⁸⁹ Nous pensons là aux dimensions première & productive et seconde & constructive de l'activité (Marx, 1975).

structuration” (années 70 / 80), et qui fit suite aux “activités d’éveil”⁹⁰ (années 60 / 70). Il s'agit là, et comme cela a été encore assez récemment montré (Astolfi & *al.*, 1997), de prendre « *en compte à la fois les activités d'investigation, de résolution de problème et de structuration de* » (Coquidé, Fortin & Rumelhard, 2009, p. 60) savoirs scientifiques. Aux activités d'exploration (ou fonctionnelles⁹¹) d'où émerge censément le problème travaillé, font suite les activités d'investigation, et qui visent, à travers la représentation du réel, une certaine forme de résolution dudit problème (annexe 2-2 ; d'après Alemanni & *al.*, 1983), quand les activités de structuration, et en référence à la “théorie des champs conceptuels” (Vergnaud, 1990), portent « *sur les activités organisées par le maître, à partir des acquis de la résolution du problème. Le maître propose des activités de confrontation, de comparaison, de réinvestissement, de généralisation, pour aider l'élève à intégrer le savoir construit* » (Coquidé, Fortin & Rumelhard, 2009, p. 61) ; le tout en vue d'assimiler au champ conceptuel questionné les savoirs nouveaux et qui sont issus de, nous l'espérons la résolution dudit problème travaillé. C'est pourquoi notre « *structuration n'est donc pas un bilan ou une synthèse, mais souvent une mise en relation avec d'autres concepts, permettant d'étendre le champ de validité d'un acquis ponctuel.* » (Coquidé, Fortin & Rumelhard, 2009, p. 61). Remarquons enfin, et comme le rappelle Paccaud (1991), qu'à chaque type d'activité correspondent un type d'apprentissage et un style pédagogique spécifiques, à savoir :

spontané et incitatif pour les activités d'exploration (ou fonctionnelles), nous sommes là dans le temps du tâtonnement ;

heuristique et interactif pour les activités d'investigation, nous sommes là dans le temps de la recherche ;

systématique et normatif pour les activités de structuration, nous sommes là dans le temps de la synthèse.

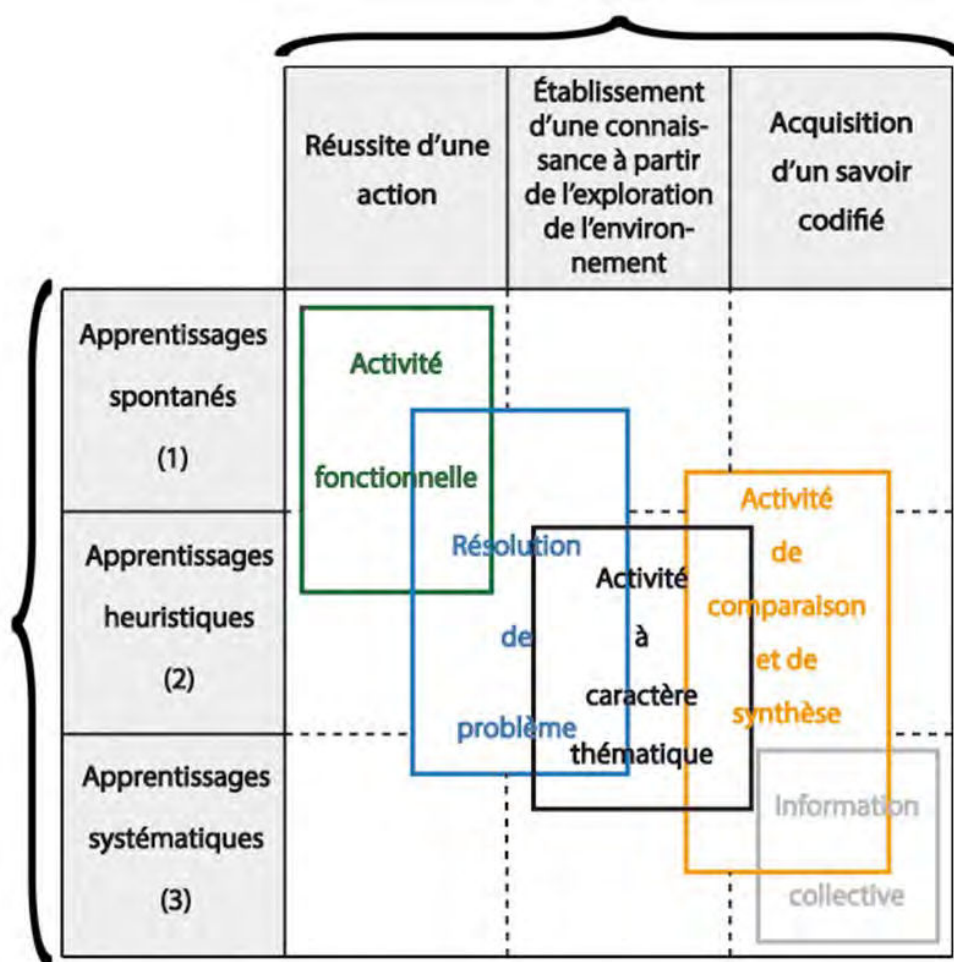
Il n'est en effet, et à notre époque, plus possible de croire « *que les apprentissages par découverte suffisent, par leur logique propre, à construire un savoir scientifique socialisé, correspondant aux objectifs des programmes scolaires.* » (Giordan, 1983/1987, p. 120). Se

90 Lesquelles, et toujours sous l'égide de l'INRP (Host & Martinand, 1975 ; Host, Deunff & Deman, 1976), ont assurément permis l'essor de l'investigation, en sciences et dans le cadre scolaire, telle une « *procédure d'exploration du réel : observer, expérimenter, mesurer, schématiser, etc.* » (Coquidé, Fortin & Rumelhard, 2009, p. 58). En vue de les articuler, l'on parle alors et déjà de différents types d'activités : d'exploration (ou fonctionnelles), d'investigation et, nous pouvons le souligner, de structuration.

91 Comme le soulignent Coquidé, Fortin et Rumelhard (2009), il peut s'agir là d'élevages à s'occuper, de plantations (voire de semis) à réaliser...

trouve donc ici résumé tout l'intérêt de telles activités de structuration, et quand elles permettent à la fois de délimiter et d'étendre le champ conceptuel questionné, quand elles apportent enfin « *une cohésion aux découvertes résultant de la succession des sujets d'étude, et à celles effectuées au hasard des problèmes rencontrés au contact de l'environnement naturel et social, afin de favoriser la construction de trames conceptuelles.* » (Giordan, 1983/1987, p. 120). Sachons voir cependant, et même si nous devons d'ailleurs quelque peu remettre en cause les correspondances présentées ci-avant (Paccaud, 1991), que nous pouvons être amenés, et de façon inévitable, à certainement apprécier une diversité des activités de structuration (figure 2-8 ; Host, 1977, p. x).

Figure 2-8. Diversité des activités de structuration (Host, 1977, p. x)



- (1) **Apprentissages spontanés** : ils prolongent les apprentissages de la petite enfance en permettant la maturation et l'épanouissement des besoins, grâce à un environnement social favorable. L'individu se construit une image cohérente du milieu sur lequel il agit. Par la création, l'expression et la communication, il développe la fonction symbolique (langage, en particulier). Le jeu constitue la forme la plus caractéristique des apprentissages spontanés. Les objectifs ne sont pas donnés à l'avance et ne font pas l'objet d'une planification. Leur réalisation jalonne simplement le développement biologique et naturel de l'enfant.
- (2) **Apprentissages heuristiques** : un contrat d'objectifs existe entre l'enseignant et la classe mais celui-ci n'est pas imposé sans discussion et la planification n'est pas prédéterminée. La démarche investigatrice permet d'explicitier et de réorganiser les représentations spontanées.
- (3) **Apprentissages systématiques** : les apprentissages systématiques sont imposés à partir d'un programme d'objectifs. Les situations, les sujets d'étude sont commandés par l'objectif. Les expériences présentées ou réalisées jouent un rôle démonstratif.

Si le modèle d'« investigation-structuration » et la démarche d'investigation se rejoignent sur la nécessaire mise en question du réel, il apparaît cependant, et comme évoqué ci-avant, que ne soit éclipsée de ladite démarche d'investigation la notion même d'obstacle épistémologique (Bachelard, 1938/1986) et, par conséquent, de problème scientifique ; ce faisant, et dans un tel cas, nos « résultats expérimentaux, obtenus lors de l'investigation, semblent suffire à construire une modélisation du réel. » (Coquidé, Fortin & Rumelhard, 2009, p. 61). Or vis-à-vis de notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation, toute activité scientifique

visé, au travers de la modélisation, à justement séparer les données qui, pour les unes sont objectives, pour les autres sont subjectives ; en somme, nous référons-nous ici à la fois à la thèse piagétienne, avec l'idée d'une rééquilibration majorante, et à la thèse bachelardienne, avec l'idée d'une psychanalyse de la connaissance objective (tableau 1-1 ; d'après Astolfi, 1997). C'est pourquoi, et avec ce « *modèle investigation-structuration, l'objectivation du savoir résulte d'un processus de décentration organisé sur des activités de dépassement des conceptions des élèves et des obstacles rencontrés. Dans ce modèle, le problème naît d'une contradiction de points de vue ou de la rencontre avec un obstacle, et l'investigation conduit à l'élaboration d'un référent empirique (Martinand, 1986). La mise en relation entre un référent empirique et une élaboration intellectuelle ou la construction de concept ne se fait pas spontanément. Elle nécessite des tâches de représentation, des démarches de modélisation du réel en relation avec un cadre théorique donné.* » (Coquidé, Fortin & Rumelhard, 2009, p. 61). En cela, et puisqu'il n'ignore rien de la place du problème scientifique, le modèle d'« investigation-structuration » nous semble tout à fait compatible avec le cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, et qui s'inscrit dans une épistémologie rationaliste de l'activité scientifique, à la différence de la démarche d'investigation et, *a fortiori* du modèle de « présentation-réception »⁹², lequel consiste finalement « à faire travailler tous les élèves selon un rythme moyen, dans un cadre organisé sous l'égide du maître qui a l'initiative sur la base d'objectifs déterminés à l'avance pour chaque séquence, à partir d'un programme. » (Giordan, 1983/1987, p. 21).

Nota bene : on l'aura sans doute compris, les activités de structuration « permettent d'abstraire un élément qui se conserve au cours d'une transformation, de dégager un invariant par comparaison des situations d'apparences diverses, de provoquer des mises en relation plus riches, de proposer des modèles explicatifs construits. » (Giordan, 1983/1987, p. 114). Néanmoins, trouverions-nous particulièrement malvenu, à l'instar de Giordan (1983/1987), d'associer et dans le temps, de façon systématique, l'investigation à un premier temps, et la structuration à un second temps.

Abordons à présent les activités de structuration en elles-mêmes, en ce qu'elles peuvent

92 Lequel ne se limite d'ailleurs pas à la forme même du modèle transmissif, l'« empreinte » (Astolfi, 1992), et puisqu'il n'entre pas en contradiction avec « *l'emploi de moyens audiovisuels, de l'enseignement programmé, des pratiques documentaires, des travaux des élèves par équipes, de sorties sur le terrain et des contacts avec le milieu.* » (Giordan, 1983/1987, p. 21).

notamment être définies de par différents critères, comme le critère relatif à la centration sur un concept qui, pour sûr, ne prendra tout son sens qu'au travers d'une trame conceptuelle⁹³ et, par conséquent, d'un itinéraire d'apprentissage. Remarquons que nous sommes bien là, vis-à-vis des finalités de l'enseignement scientifique, sur la dimension de la problématisation scientifique.

5.2.1. Critères des activités de structuration

Comme le rappellent très justement Astolfi, Peterfalvi et Vérin (1998), le piège de l'intérêt d'une mise en activité de l'apprenant, au travers d'expérimentations diverses n'est autre, et pour sûr, en ce qu'englué dans les spécificités d'un cas bien choisi par l'enseignant, l'enjeu scientifique même de ce dernier se retrouve alors et pour ainsi dire obscurci, et bien que l'action et le concret d'une telle situation aient respectivement pu, à l'initiale, attirer et motiver notre apprenant du jour. D'où l'importance des activités de structuration, par ailleurs utiles à la nécessaire décontextualisation⁹⁴ du savoir scientifique visé, et dont nous nous proposons d'en rappeler les fondements, avec (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998) :

le critère relatif à la centration sur un concept qui, après s'être détaché des exemples étudiés, permet de définir, voire de remodeler le concept scientifique mobilisé ;

le critère relatif à des travaux préalables qui, loin de seulement appeler allusivement à de vieux souvenirs partagés, permet de reprendre⁹⁵ moult travaux préalables et portant sur le concept scientifique mobilisé ;

le critère relatif à la production d'un énoncé qui, lorsqu'il engage l'activité⁹⁶ de tous, permet de transformer une formulation quotidienne et antérieure en une formulation scientifique et nouvelle du concept scientifique mobilisé ;

le critère relatif au style pédagogique qui, passés les moments de confrontation et de libre expression, permet de convenir d'un style pédagogique plus normatif, comme d'une certaine injonction au sujet du concept scientifique mobilisé, et sans aboutir à un apprenant passif, et à un enseignant directif et dirigiste ;

93 Où de nombreux concepts scientifiques sont alors mis en relation.

94 Que l'on peut, vis-à-vis du domaine de la didactique des mathématiques, rapprocher de l'institutionnalisation.

95 Avec « *un caractère effectif et matériel pour la classe, qui recherche et consulte les notes prises ou les documents conservés, en vue d'un réexamen comparatif (entre eux et/ou avec une situation nouvelle).* » (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 209).

96 Et quelle qu'en soit la nature : graphique / rédactionnelle, collectivement / individuellement, cahier / tableau...

le critère relatif à la tâche des élèves qui, s'appuyant sur un certain nombre de travaux antérieurs, permet de réorganiser activement⁹⁷ ce que l'on appellera un matériau, et par comparaison au regard du concept scientifique mobilisé ;

le critère relatif aux opérations intellectuelles qui, sur la base d'allées et venues, permet de naviguer entre pensée convergente⁹⁸ et pensée divergente⁹⁹ vis-à-vis du concept scientifique mobilisé.

5.2.2. Trames conceptuelles et itinéraires d'apprentissage

Les activités de structuration, à nécessairement « *distinguer d'une synthèse magistrale, même sous forme dialoguée.* » (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 209), reviennent et au final, soit à comparer et à dépasser un certain nombre d'énoncés antérieurs, soit à modifier et à remodeler un énoncé antérieur, mais toujours en vue de la construction, de la production d'un énoncé scientifique qui, englobant et reformulant le(s) précédent(s), soit au plus généralisant possible. Ce faisant, et pour ne surtout pas se défaire de la centration sur un concept scientifique, celui mobilisé, nous apparaît alors particulièrement fécond le projet d'une trame conceptuelle¹⁰⁰ où des « *énoncés, n'étant ni strictement hiérarchisables entre eux ni strictement équivalents non plus, s'organisent en fait à la manière d'un réseau. Réseau aux entrées multiples, aux inter-relations logiques nombreuses, mais malgré tout réseau orienté avec une grande variété d'entrées et de liaisons possibles.* » (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 185). Par ailleurs, nous est-il possible d'en distinguer différents types, avec (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998) :

les trames *a priori*, qui permettent la visualisation (graphique) des différentes composantes logiques¹⁰¹ du concept scientifique mobilisé, le tout en vue d'en faciliter sa structuration¹⁰² (figure 2-9 ; Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 187) ;

97 En effet, la « *participation est active (réorganisation de "traces" antérieures sur des cahiers, recherche de nouveaux exemples dans les documents...), et ne se limite pas à noter les éléments nouveaux dégagés par l'enseignant, même quand celui-ci s'appuie sur le dialogue* » (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 210).

98 Ou de l'idée d'une certaine fermeture.

99 Ou de l'idée d'une certaine ouverture.

100 Qui ne correspond cependant pas « *à la figuration spatiale de progressions chronologiques ni à un quelconque cahier de bord temporel des activités. Ce n'est pas, en effet, parce qu'on a défini un réseau articulé de notions constitutives d'un concept qu'on a pour autant décrit le cheminement par lequel celui-ci sera enseigné. Au contraire, c'est un obstacle didactique fréquent que de se précipiter trop vite vers la définition des étapes d'un enseignement, avant même d'avoir identifié, en tant que telle, la constellation complexe des notions et sous-notions dont il s'agira de favoriser l'apprentissage.* » (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 185).

101 Et non chronologiques.

102 Qui, on le sait bien, ne peut être « *de type additif, mais nécessite une restructuration conceptuelle et cognitive.* » (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 186).

les trames prévisionnelles, qui permettent la visualisation (graphique) détaillée car limitée, mais non fermée¹⁰³ de ce qui, en situation de classe, est à construire du concept scientifique mobilisé (figure 2-10 ; Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 188) ;

les mini-trames de séquence, qui permettent la visualisation (graphique) des opérations cognitives requises au travail du concept scientifique mobilisé (figure 2-11 ; Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 189-190) ;

les trames-bilans, qui permettent la visualisation (graphique) d'une reconstruction *a posteriori* des trames prévisionnelles du concept scientifique mobilisé (figure 2-12 ; Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 191).

103 En effet, et puisqu'elle « est alors préparée, puis complétée en cours de travail, signale les bifurcations envisageables, identifie les options prises et délaissées. Elle fournit l'« arbre des possibles » sans risque d'enfermement. » (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 189).

Figure 2-9. Une trame *a priori* portant sur la notion de respiration (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 187)

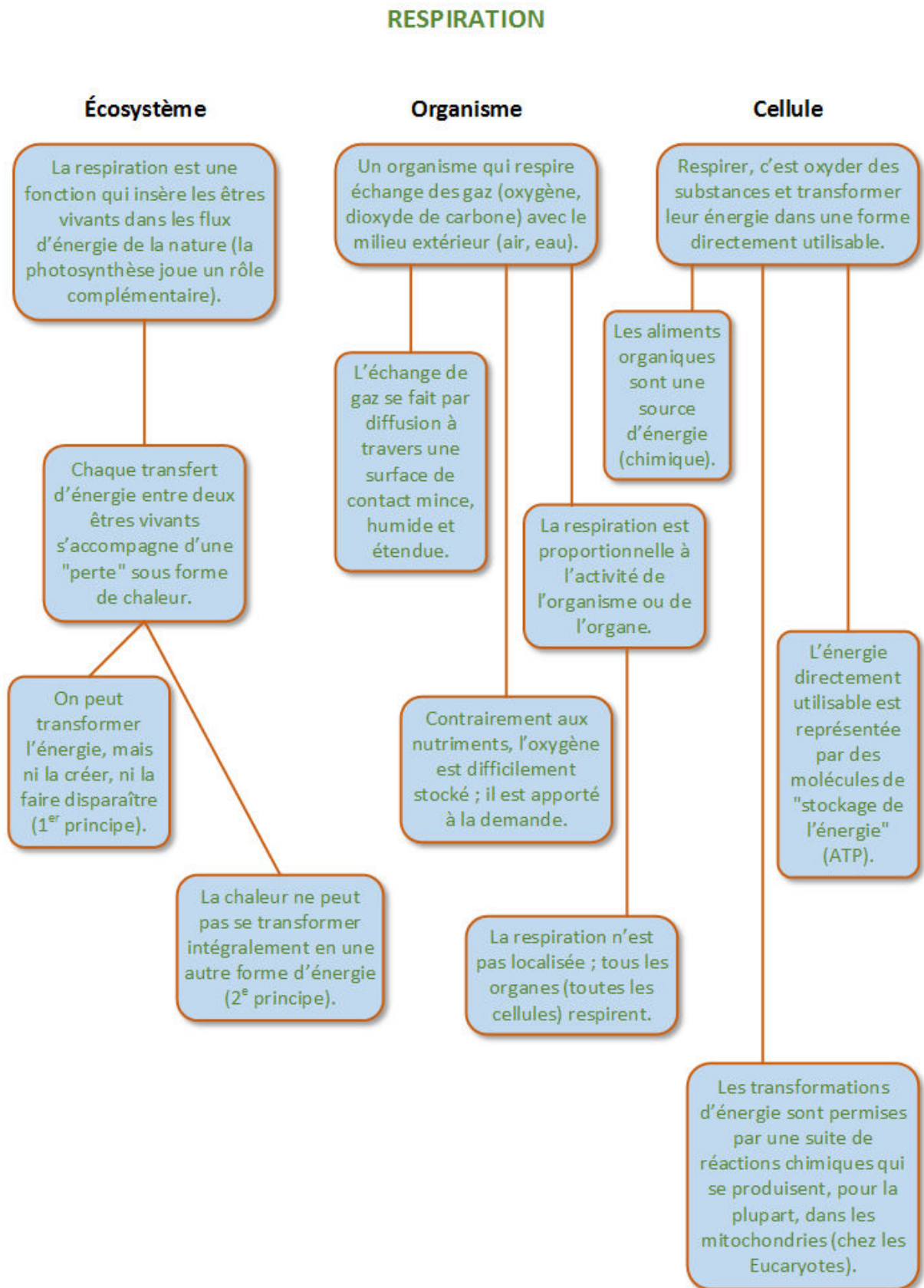


Figure 2-10. Une trame prévisionnelle portant sur la notion de matière (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 188)

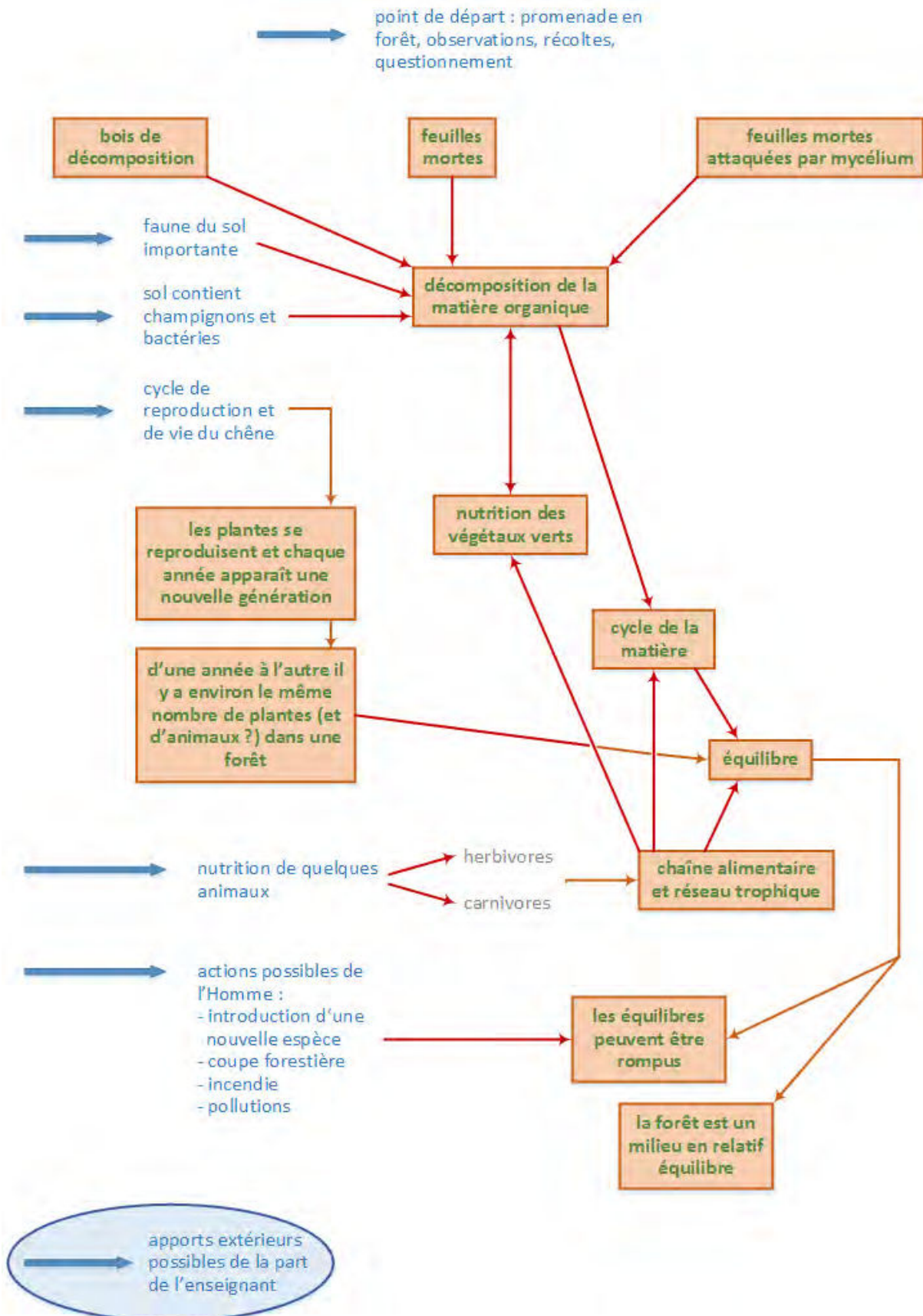
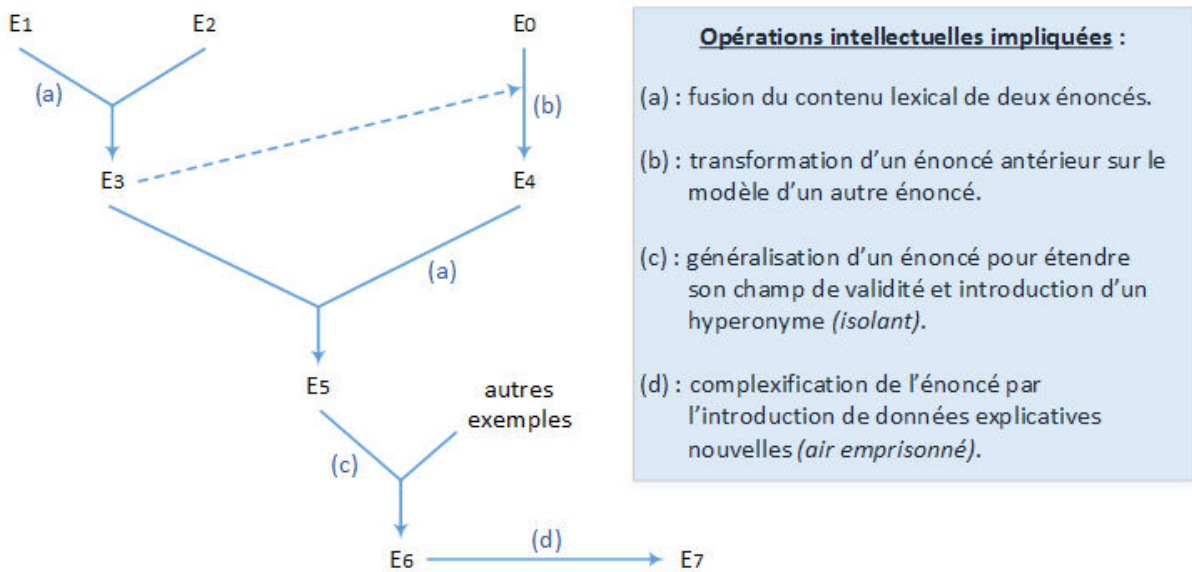


Figure 2-11. Une mini-trame de séquence portant sur la notion d'isolant (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 189-190)



E0 : la laine maintient la chaleur et le froid plus longtemps (rappel de l'année précédente).

E1 : le polystyrène laisse passer le froid difficilement.

E2 : le polystyrène laisse passer le chaud difficilement.

E3 : le polystyrène laisse passer difficilement le chaud et le froid.

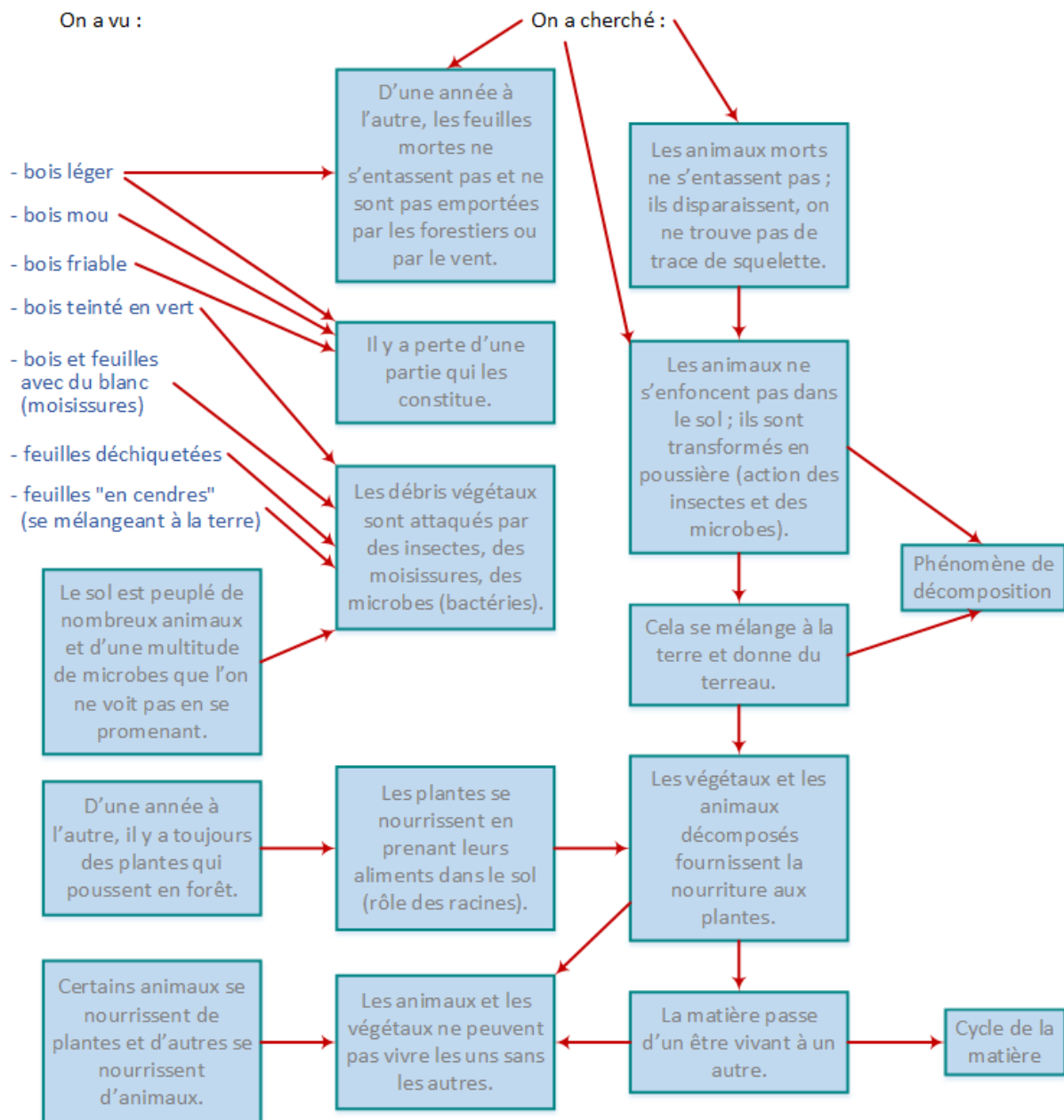
E4 : la laine laisse passer le chaud et le froid difficilement.

E5 : le polystyrène et la laine laissent passer tous les deux le chaud et le froid difficilement.

E6 : les isolants laissent passer le chaud et le froid difficilement.

E7 : un isolant est un matériau qui contient de l'air ou emprisonne de l'air.

Figure 2-12. Une trame-bilan portant sur la notion d'énergie (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 191)



5.2.3. Modèle d'“investigation-structuration” et finalités de l'enseignement scientifique

Ainsi fait, le modèle d'“investigation-structuration”, quand il réinterroge la démarche d'investigation, nous paraît le mieux à même de répondre aux finalités de tout enseignement relatif aux sciences de la vie et, plus généralement de toute activité scientifique, lesquelles, et sous une autre possible dénomination, celle de dimension, sont explicitées ci-après, avec (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998) :

la dimension de la familiarisation scientifique qui, lorsqu'il est question de domaines, d'instruments et d'objets d'étude propres à l'activité scientifique, permet le développement de notre référent empirique ;

la dimension de la formation scientifique qui, lorsqu'il est question de démarches et de raisonnements propres à l'activité scientifique, permet le développement de notre culture expérimentale ;

la dimension de la problématisation scientifique qui, lorsqu'il est question de problèmes¹⁰⁴ propres aux savoirs et à l'activité scientifiques, permet le développement de notre questionnement scientifique.

Passée l'explicitation de la démarche d'investigation, dont nous avons pu passer en revue les intérêts mais aussi et surtout les limites, et ce pour arriver au modèle d'“investigation-structuration”, nous allons pouvoir à présent développer notre conclusion et première formulation de la question de recherche.

104 Qu'il s'agira de poser, de construire et de résoudre.

6. Conclusion et première formulation de la question de recherche

Au terme de ce deuxième chapitre, nous a-t-il été permis de faire le point sur le cadre conceptuel de la didactique professionnelle ici mobilisé, à savoir la “situation de pratique scolaire”, laquelle, puisque reposant sur une problématique du sens, ne cherche pour rien au monde à se défaire du lien intangible et qui prévaut de l'activité¹⁰⁵ à l'apprentissage (Dewey, X/1931). Se référant à la pédagogie de projet, la “situation de pratique scolaire” se voit alors articulée autour de trois logiques fondamentales mais en tension permanente : une logique de produits, que traduit le projet d'activité, une logique de besoins, que traduit le projet d'apprentissage et une logique de moyens, que traduit le projet d'enseignement (figure 2-4 ; Le Bas, 2007, p. 116). S'inscrivant à plein et en premier lieu dans le cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, la “situation de pratique scolaire” vise naturellement et avant tout la position, la construction et la résolution du problème en jeu (Fabre, 2005a, 2005b, 2009) ce qui, dans le cadre scientifique et quand il est fait appel à la démarche d'investigation, paraît de beaucoup moins évident, notamment pour ce qui est de l'articulation de la construction à la résolution du problème scientifique. À cela, le modèle d’“investigation-structuration” –qu'il s'agira peut-être d'aménager, lorsqu'il laisse croire à une possible articulation de l'investigation à la problématisation apportera, et c'est l'hypothèse de travail que nous faisons, une solution épistémologique satisfaisante à la question de la construction du problème¹⁰⁶. Retenons enfin les quelques hypothèses à partir desquelles le modèle d’“investigation-structuration” s'est ordonné, avec (Astolfi & Develay, 1989) :

une hypothèse d'ordre psychologique, lorsque l'apprentissage ne remplit pas un vide ;

une hypothèse d'ordre épistémologique, lorsque l'apprentissage doit être significatif pour l'apprenant ;

une hypothèse d'ordre didactique, lorsque l'apprentissage valorise sur la forme les activités de langage¹⁰⁷ et de symbolisation, et sur le fond l'idée d'un savoir scientifique¹⁰⁸ s'inscrivant au sein d'une trame conceptuelle.

105 Et donc de l'intérêt.

106 Rappelons, et vis-à-vis de notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation, que nous croyons et ô combien fermement à « l'idée que l'entrée dans les savoirs scientifiques a plus à voir avec la construction des problèmes qu'avec leur résolution, qui n'est qu'un épisode terminal et, d'une certaine façon, accessoire (Fabre M., 1993). Cette construction de problèmes par les élèves, qui se développe et s'exprime en particulier dans les débats scientifiques en classe, est un processus complexe. Elle correspond au passage d'un problème qui se pose à des modèles explicatifs hypothétiques, complètement explicites et raisonnés. » (Orange & al., 1999, p. 108).

107 Portant sur ses pairs, mais également sur les objets.

108 Formé de différents concepts scientifiques, lesquels s'organisent sous forme de réseaux, et non de façon linéaire.

De tout cela, pouvons-nous rajouter enfin, et de tout l'intérêt que nous pouvons y porter, qu'il existe didactiquement une certaine diversité des apprentissages au sein du modèle d'«investigation-structuration» (tableau 2-3 ; d'après Astolfi & Develay, 1989).

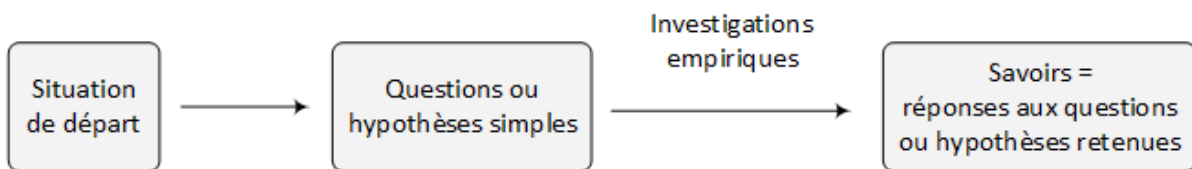
Tableau 2-3. Diversité des apprentissages au sein du modèle d'«investigation-structuration» (d'après Astolfi & Develay, 1989)

| | | |
|--|--|--|
| <p>L'enseignant est à l'écoute des besoins des apprenants et cherche à favoriser leur libre expression. L'observation de la classe prépare des interventions ultérieures d'un autre style. Elle a pour objet :</p> <ul style="list-style-type: none"> – de repérer des problèmes scientifiques possibles ; – de déterminer une variété d'objectifs auxquels les prolongements peuvent donner lieu ; – d'évaluer les acquisitions antérieures dans des situations nouvelles. | | <p>Le dialogue est essentiellement commandé par l'enseignant qui oriente un projet précis. Les diverses techniques (expérimentation, travail par groupes, audiovisuel, documents...) servent principalement comme instruments pour cette procédure. C'est le style le plus proche de la pédagogie traditionnelle (cryptodogmatique), mais une plus grande attention est apportée à la gestion optimale des moyens.</p> |
| <p>Apprentissage par investigation</p> | | <p>Apprentissage par transmission-réception</p> |
| <p>Activités d'exploration (ou fonctionnelles)</p> | <p>Activités d'investigation</p> | <p>Activités de structuration</p> |
| <p>Les activités librement poursuivies ont leur finalité propre sans référence explicite à des apprentissages, notamment en ce qui concerne le développement des attitudes (confiance en soi, capacité à s'étonner et à questionner, capacité à coopérer, à développer un esprit critique). Les objectifs ne sont pas fixés à l'avance et ne font pas l'objet d'un planning.</p> | <p>Elles sont caractérisées par les aspects suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> – formulation d'un problème scientifique à l'occasion d'un obstacle rencontré, d'une contradiction de points de vue. Le problème naît d'une prise de recul par rapport à l'action ; – phases de découverte par tâtonnement expérimental ; – phases d'explicitation et d'objectivation à l'occasion desquelles le problème est clarifié dans sa forme définitive, les variables étudiées étant clairement distinguées. | <p>Elles sont caractérisées par le souci d'étendre le champ de validité de ce qui a été acquis ponctuellement grâce à la comparaison, à l'opposition, à la généralisation. Elles résultent généralement d'activités documentaires, d'exercices systématiques, de reprises comparées de plusieurs acquis.</p> |
| | <p>Apprentissage par investigation-structuration</p> | |
| | <p>L'enseignant anime, relance, conseille et présente certaines</p> | |

| | | |
|--|---|--|
| | <p>exigences. À d'autres moments, il observe en laissant les apprenants autonomes. Il oriente l'activité tâtonnante surtout de manière indirecte par des suggestions ou des apports qui modifient l'activité, facilitent les échanges entre groupes, reformule ce qui est dit et fait. Il provoque des moments d'explication, de vérification, de confrontation, de communication (moments structurants).</p> | |
|--|---|--|

Pour finir, et en désaccord avec notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation, pouvons-nous et de façon utile présenter une interprétation possible et linéarisée de la démarche d'investigation (figure 2-13 ; Orange, 2012, p. 127), et quand elle est inspirée d'une épistémologie empiriste de l'activité scientifique.

Figure 2-13. Interprétation possible et linéarisée de la démarche d'investigation (Orange, 2012, p. 127)



Ici-même, l'intérêt que nous pouvons porter à une telle interprétation, que nous ne partageons donc pas, vaut en cela que nous allons être amenés, très vite, à la corriger à l'issue du chapitre suivant, et ce au regard de la question des investigations empiriques.

PREMIÈRE FORMULATION DE LA QUESTION DE RECHERCHE

Le modèle d'“investigation-structuration” représenterait un levier, un point d'appui à partir duquel nous pourrions penser l'articulation de l'investigation à la problématisation et, finalement, l'articulation de la construction à la résolution du problème scientifique en jeu. Nous faisons donc l'hypothèse que l'organisation de moments structurants au cours de séquences d'enseignement-apprentissage rendent possible, sur le temps des investigations empiriques, la poursuite de la problématisation, engagée sur le temps du débat scientifique.

Chapitre 3. Problématisation scientifique et investigations empiriques

Introduction

Passée la présentation lors du chapitre précédent de la démarche d'investigation et, pour la rendre plus efficiente, du modèle d'“investigation-structuration”, qui ne représente ni plus ni moins que notre hypothèse de travail, il nous faut maintenant revenir au cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons. Ce dernier a, au travers de la “situation de pratique scolaire”, été présenté dans son processus même, *via* la démarche de problématisation : nous faisons alors ici référence à ces quelques caractéristiques de la problématisation (tableau 2-1 ; d'après Fabre, 2005b ; Fabre & Houssaye, 2005 ; Fabre & Musquer, 2009 ; Fleury & Fabre, 2005). Mais il nous faut aller plus loin, et préciser en quoi la problématisation scientifique se distingue de toute autre.

Pour ce faire, nous tenterons dans une première partie de mettre à jour la relation fondamentale qui unit le problème au savoir scientifique : il y sera notamment question de circularité et, surtout, d'apodicticité (Bachelard, 1949 ; Canguilhem, 1977/1981), sur laquelle nous reviendrons dans une deuxième partie. En effet, s'appuyant sur la distinction centrale du registre empirique et du registre du modèle [ou des modèles], mais également sur la distinction tout aussi centrale de l'assertorique et de l'apodictique, c'est-à-dire de ce qui relève du contingent et du nécessaire, nous montrerons que le produit de l'activité de problématisation peut être représenté, et si ce n'est schématisé, au travers d'“espaces de contraintes” (Orange, 2000), depuis repensés en “espaces contraintes et nécessités” (Lhoste, 2008a ; Lhoste & Peterfalvi, 2009). Ce sera alors l'occasion d'apprécier pleinement une formulation nouvelle et riche d'intérêt, celle des “nécessités empiriques” (Lhoste, 2008a ; Lhoste & Peterfalvi, 2009), que nous ne manquerons bien évidemment pas de mobiliser ultérieurement, lors de l'analyse de nos deux recueils de données. Puisqu'elle fonde le cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, l'épistémologie rationaliste de l'activité scientifique que nous présenterons dans une troisième partie, sera mise en regard de son envers, à savoir l'épistémologie empiriste de l'activité scientifique : nous pourrons alors, à la lumière du dualisme précédemment explicité, mieux comprendre la diversité du registre empirique, dans les activités de recherche et d'apprentissage scientifiques, mais également la diversité des investigations empiriques elles-mêmes. Enfin, nous concluons dans une quatrième partie, avec une seconde formulation de notre question de recherche.

La didactique des sciences expérimentales et technologie accorde, depuis longtemps déjà, un intérêt clair et marqué à la question de la prise en compte des représentations initiales et, ce faisant, de l'obstacle épistémologique (Bachelard, 1938/1986) ; la formalisation d'un tel ensemble pouvant être mis en relation avec l'outil didactique de référence que représente la situation-problème. S'il paraît essentiel, dans ce cadre et comme le rappelle Brunet (1998), d'insister sur la mise en relation de concepts scientifiques au sein d'ensembles structurés, il nous semble néanmoins qu'il ne faudrait en rien passer outre l'activité de problématisation. De cette dernière et si, d'une approche purement psychologique, le domaine de la didactique des mathématiques l'eût trop souvent considérée au travers de la résolution de problèmes, il en va différemment de notre domaine, à savoir celui des sciences de la vie et de la Terre où, d'une approche plus épistémologique, nous privilégions la construction de problèmes où se « *transforme un problème perçu en un problème construit ou, plus généralement, en un ensemble articulé de problèmes construits (problématique).* » (Fabre & Orange, 1997, p. 38). De cela et de l'importance que notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation, accorde aux questions de représentations initiales et d'obstacles épistémologiques (Bachelard, 1938/1986), pouvons-nous retenir des savoirs scientifiques les quelques caractéristiques qui suivent, avec (Fabre & Orange, 1997) :

des savoirs scientifiques qui sont des compétences pour maîtriser des problèmes ;

des savoirs scientifiques qui sont des savoirs raisonnés ;

des savoirs scientifiques qui sont des savoirs partagés, soumis à la critique.

1. Problèmes et savoirs dans les activités scientifiques

La question de l'acquis de savoirs scientifiques, on le sait bien maintenant, ne saurait se limiter à un agrégat de faits constatables qui porterait sur le monde environnant, et qu'aucune problématique n'animerait. En effet, si les épistémologies empiristes de l'activité scientifique ne considèrent au mieux le problème tel ce « *qui bloque ou provoque la découverte.* » (Orange, 1997, p. 10), les épistémologies rationalistes de l'activité scientifique font « *du problème un élément important de leur conception de la science.* » (Orange, 1997, p. 10), liant de façon nécessaire et intrinsèque les problèmes aux savoirs scientifiques. Menant le raisonnement à son terme, il nous est par conséquent possible d'affirmer que « *le problème est devenu l'image même de la pensée (Fabre, 1999).* » (Orange, 2005b, p. 3).

1.1. Relations entre problèmes et savoirs scientifiques

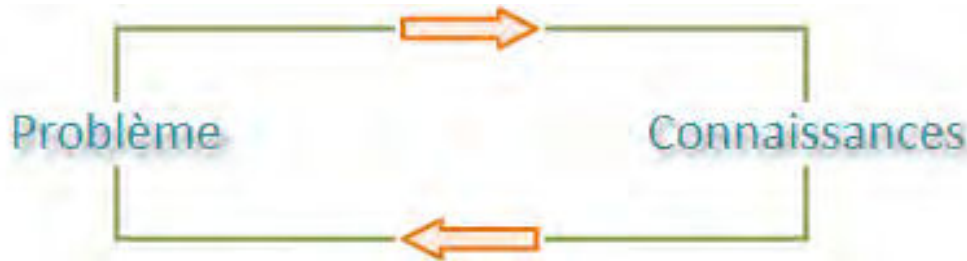
« Avant tout, il faut savoir poser des problèmes. Et quoi qu'on dise, dans la vie scientifique, les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes. C'est précisément ce sens du problème qui donne la marque du véritable esprit scientifique. Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit. » (Bachelard, 1938/1986, p. 14). Conséquemment, le problème scientifique peut et doit d'abord être envisagé comme à l'origine de la connaissance théorique car, comme le rappelle Popper (1991) et avant « l'observation, il y a toujours un intérêt particulier, une question ou un problème – bref, quelque chose » (Popper, 1991, p. 501) renvoyant à la théorie¹⁰⁹. C'est pourquoi nous soutenons « que toute observation est précédée par un problème, une hypothèse (peu importe le nom) ; en tout cas, par quelque chose qui nous intéresse, par quelque chose de théorique ou de spéculatif. » (Popper, 1991, p. 501). En définitive, l'on peut « donc dire que la science commence par des problèmes, et progresse à partir de là vers des théories concurrentes qu'elle évalue de manière critique. » (Popper, 1991, p. 230).

Réciproquement et plus en détails, pourrions-nous également démontrer « que nous n'identifions jamais notre problème que par contraste avec un » (Popper, 1991, p. 261) fond de connaissances théoriques, voire ce que l'on peut appeler un arrière-plan cognitif, ce qui fait ainsi des dites connaissances théoriques le cadre où apparaissent et se construisent nos problèmes, lesquels restent, au demeurant, sous le joug de moult données empiriques, mais également de nos propres représentations initiales.

Apparaît alors le modèle des relations circulaires entre problèmes et savoirs scientifiques (figure 3-1 ; Orange, 1997, p. 11), et dont l'achèvement permet à Laudan (1987) d'affirmer que « la science est, avant tout, une activité visant à résoudre des problèmes. » (Laudan, 1987, p. 31), ceux qui la fondent et ceux qu'elle résout, et bien au-delà d'une quelconque fausseté ou vérité scientifique.

¹⁰⁹ « Je crois que la théorie – tout au moins, une sorte de théorie rudimentaire, ou d'attente – vient toujours en premier ; qu'elle précède toujours l'observation ; et que le rôle fondamental des observations et des tests expérimentaux est de montrer que certaines de nos théories sont fausses, et de nous inciter ainsi à en produire de meilleures. » (Popper, 1991, p. 387).

Figure 3-1. Modèle des relations circulaires entre problèmes et savoirs scientifiques (Orange, 1997, p. 11)



Le problème scientifique ne doit donc en aucun cas être envisagé comme un outil, mais bien comme un objet –d'étude, celui du savoir scientifique lui-même. En d'autres termes et de « toute la tautologie de l'expression "savoir opérant" : le problème c'est la science ; la connaissance, c'est sa maîtrise. » (Orange, 1997, p. 12). Cependant et plus encore que de simples relations circulaires, gardons à l'esprit le double aspect des relations entre problèmes et savoirs scientifiques : statique lorsque le problème fonde le savoir scientifique –qui résout ledit problème, dynamique lorsque le problème émerge du savoir scientifique, alors amené à évoluer ; voire encore de problèmes résolus dans une perspective statique, et de problèmes non résolus dans une perspective dynamique.

1.2. Construction des problèmes dans les savoirs scientifiques

Si Popper (1985, 1991) oppose le problème à l'observation¹¹⁰, en cela que ladite observation n'est première, Bachelard (1938/1986), pour sa part, oppose le problème à l'opinion et puisque, fondamentalement, la science se heurte « absolument à l'opinion. S'il lui arrive, sur un point particulier, de légitimer l'opinion, c'est pour d'autres raisons que celles qui fondent l'opinion ; de sorte que l'opinion a, en droit, toujours tort. L'opinion pense mal ; elle ne pense pas : elle traduit des besoins en connaissances. » (Bachelard, 1938/1986, p. 14). Et celui-ci d'ajouter qu'il importe, avant toute chose, d'être en mesure de poser des problèmes qui, et de ce que l'on peut en dire, ne peuvent assurément se poser sans notre recours. Ainsi, plus qu'une simple difficulté –issue d'un quelconque arrière-plan cognitif, loin d'être donné

¹¹⁰ « La science part donc de problèmes et non pas d'observations, même si celles-ci peuvent faire apparaître un problème, en particulier lorsqu'elles sont imprévues. » (Popper, 1985, p. 329).

tout fait avant de se perdre dans la solution, le problème renvoie nécessairement à un processus, au demeurant des plus complexes, la problématisation, ce qui incite alors Bachelard (1938/1986) à associer, et de façon indissoluble, le problème¹¹¹ à la formation de tout esprit scientifique. Subséquemment, et plus que de le résoudre, c'est bien dans la capacité à le poser et à le formuler que réside la véritable maîtrise du problème scientifique ; Einstein et Infeld (1983) ne pensent pas autrement, notamment lorsqu'ils affirment que la formulation d'« *un problème est souvent plus essentiel que d'en donner une solution, laquelle peut être une affaire d'habileté mathématique ou expérimentale. Faire naître de nouvelles questions et de nouvelles possibilités, envisager les vieux problèmes sous un angle nouveau, cela demande une imagination créatrice et marque un réel progrès dans la science.* » (Einstein & Infeld, 1983, p. 89).

1.3. De la particularité des problèmes et de la problématisation scientifiques

À la différence de l'emblématique Dewey¹¹², et qu'il s'agisse d'épistémologues de la démarcation, tel Popper, ou d'épistémologues de la rupture, tel Bachelard, tous envisagent les savoirs scientifiques comme fondamentalement distincts des connaissances générales ; c'est d'ailleurs pour nous l'occasion de souligner ici la distinction terminologique opérée par Orange (2005a), entre connaissances et les savoirs, les premières se référant aux connaissances générales, qu'elles soient ou non communes, les seconds se référant aux savoirs scientifiques. Cependant, si Popper (1985, 1991) caractérise la science de par son appétence explicative, que l'on retrouve également dans la mythologie (Jacob, 1979, 1981 ; Popper, 1985), Orange (2005a) voit dans les relations qui unissent les problèmes aux savoirs scientifiques, et par conséquent la problématisation à la conceptualisation, la clef de voûte permettant de traduire cette différence, cette particularité, et que nous allons à présent expliciter.

111 Ou, plus justement, la construction du problème.

112 Pour lequel nous pouvons peut-être et alors rappeler l'une des conclusions à laquelle il est « *parvenu. (a) L'objet et les procédés scientifiques naissent des problèmes et des méthodes directs du sens commun, des utilisations et jouissances pratiques et (b) réagissent sur ces derniers d'une façon qui affine, étend et libère énormément le contenu et les moyens dont dispose ce sens commun. La séparation et l'opposition de l'objet de la science et de celui du sens commun quand elles sont considérées comme définitives engendrent ces controverses épistémologiques et métaphysiques qui encombrant toujours le cours de la philosophie. Quand on se rend compte que l'objet de la science entretient une relation génétique et fonctionnelle avec l'objet du sens commun, ces controverses n'ont plus de raison d'être. L'objet de la science est intermédiaire : il n'est pas une fin en soi.* » (Dewey, 1967/1993, p. 127).

1.3.1. Relations entre problèmes et savoirs scientifiques : la circularité et le dynamisme

Si, pour nous tous et de notre vie courante, le problème, subi, est connoté de façon plus que négative, il en est tout autre de la communauté scientifique qui, loin de le contourner, le quête, s'appuie dessus et, en somme, le perçoit tel un défi de l'intellect. En outre et comme évoqué ci-avant, l'essence même de la science réside bien en sa capacité à poser et à formuler des problèmes¹¹³, à les construire, et non à simplement les résoudre¹¹⁴, ce qui amène Kuhn (1983) à préciser un attribut remarquable des paradigmes¹¹⁵, à savoir qu'en plus d'être « *suffisamment remarquables pour soustraire un groupe cohérent d'adeptes à d'autres formes d'activité scientifique* » (Kuhn, 1983, p. 29-30) et qui sont en concurrence, lesdits paradigmes, de nature, permettent ô combien d'ouvrir « *des perspectives suffisamment vastes pour fournir à ce nouveau groupe de chercheurs toutes sortes de problèmes à résoudre.* » (Kuhn, 1983, p. 30). Et Popper (1985) de finalement se représenter l'activité scientifique tel un « *processus ayant pour point de départ et pour terme la formulation de problèmes toujours plus fondamentaux et dont la fécondité ne cesse de s'accroître, en donnant le jour à d'autres problèmes encore* » (Popper, 1985, p. 329-330) non envisagés. À cela devons-nous donc bien comprendre « *comment une explication, qui prétend trancher une controverse, en suscite en réalité de nouvelles en faisant naître de nouveaux problèmes.* » (Fabre, 2010, p. 160). S'ajoute enfin à ce qui vient d'être dit une tradition certaine et essentielle de l'activité scientifique quand, à la différence de la mythologie, elle discute invariablement et sur le mode de la critique toute explication, toute solution proposée (Jacob, 1979, 1981 ; Popper, 1985).

113 Et qu'il s'agisse, au sens de Kuhn (1983) et pour reprendre Orange (1993, 1994a, 1997), de problèmes fondamentaux issus d'anomalies, et l'on parle dans ce cas d'inventions (comme celle de la relativité au XX^e siècle (début)) avec, en la présence d'une réelle rupture épistémologique, transformation du paradigme, ou de problèmes normaux issus d'énigmes, et l'on parle dans ce cas de découvertes (comme celle de la combustion au XVIII^e siècle (fin)) avec, en l'absence d'une réelle rupture épistémologique, modification du paradigme ; ainsi, et pour ce qui est de la « *génétique moléculaire, par exemple, alors que les concepts de ce domaine ne sont pas actuellement mis en cause, des chercheurs sont quotidiennement attelés à des problèmes définis dans ce paradigme : recherche de gènes responsables de maladies, clonage, ingénierie génétique...* » (Orange, 1997, p. 15).

114 En effet, à la suite de Bachelard (1949) et de Deleuze (1969), il apparaît clairement qu'un « *problème ne disparaît donc pas lors de sa résolution : au contraire, sans problème, les solutions n'auraient aucun sens.* » (Lhoste, 2006, p. 81).

115 Et que sont « *les découvertes scientifiques universellement reconnues qui, pour un temps, fournissent à une communauté de chercheurs des problèmes types et des solutions.* » (Kuhn, 1983, p. 11).

1.3.2. Construction des problèmes dans les savoirs scientifiques et apodicticité : les concepts scientifiques

La place et le rôle du problème scientifique posés, ce caractère exploratoire de la science nous amène à considérer la particularité seconde des savoirs scientifiques, à savoir leur apodicticité (Bachelard, 1949 ; Canguilhem, 1977/1981). En effet, si les problèmes et problématiques scientifiques embrassent une dynamique certaine, c'est bien par la mise en concordance du Comment est-ce possible ? et du Pourrait-il en être autrement ?, et non de tout autre raisonnement, quel qu'il soit : c'est que nous voyons là notre problème, notre problématique en sciences se développer, se transformer. Ainsi, le savoir scientifique, de par son caractère apodictique, se définit en cela qu'il ne peut en être autrement (Reboul, 1992), rejetant toutes connaissances assertoriques, factuelles car, et de « *manière générale, il y a culture dans la proportion où s'élimine la contingence du savoir ; mais cette élimination, jamais complète, n'est même jamais définitive. Elle doit être sans cesse réeffectuée. Au fond, le dénombrement cartésien a deux fonctions : garder les connaissances et maintenir leur ordre jusqu'à ce que la conscience d'ordre soit assez claire pour que l'ordre des connaissances rappelle les connaissances. C'est là précisément, dans l'intimité du sujet, un acte du rationalisme appliqué, l'acte utile d'un esprit qui s'applique sur soi-même. La conscience rationnelle du savoir survole la conscience empirique. Elle fixe l'itinéraire le plus court, le plus instructif.* » (Bachelard, 1949, p. 14). Cette apodicticité, ou nécessité¹¹⁶, qui caractérise le savoir scientifique d'un point de vue épistémologique, nous permet alors d'entrevoir didactiquement parlant le lien entre la problématisation scientifique, en tant que construction¹¹⁷ explicite du champ des explications possibles (Orange, 2002a, 2005a, 2007b), et la conceptualisation scientifique, en tant que construction explicite et théorique dont l'apodicticité s'impose.

116 Que l'on peut d'ailleurs illustrer au travers du thème d'étude de la nutrition animale, où une certaine modification « *des aliments dans le tube digestif est évidente : cela se voit. Mais ce n'est pas suffisant pour en faire un savoir scientifique : ce pourrait être un épiphénomène, une conséquence sans signification biologique du changement de milieu de cette nourriture ingérée. Ce constat d'une transformation renvoie alors à deux questions critiques : comment cette transformation est-elle possible ? Et surtout : pourrait-il en être autrement ? Cette seconde question a reçu depuis longtemps (au moins depuis Galien, II^e siècle) une réponse : pour que la nourriture puisse passer dans le système sanguin, elle doit être transformée, ce qui donne une fonction à cette transformation. La première question peut alors être pensée dans les cadres théoriques de l'époque : iatomécanciens vs iatromécanciens (XVIII^e siècle) ; chimie au XIX^e siècle. Les expériences de Réaumur et de Spallanzani (XVIII^e siècle) montrent alors que les transformations physiques (la trituration) ne sont pas les seules à intervenir. Cependant, les transformations chimiques prennent leur totale signification non pas dans cette évidence empirique, mais dans la nécessité, pour que l'assimilation soit possible, de former les mêmes nutriments à partir d'aliments variés ; cette nécessité n'est vraiment construite qu'au XIX^e siècle.* » (Orange, 2005a, p. 76-77). Ainsi, et on l'aura bien compris, la question fondamentale de « *la distinction entre transformations physiques et chimiques est celui de la perte de la spécificité des aliments. C'est elle qui rend les transformations chimiques indispensables.* » (Sauvageot-Skibine, 1991, p. 108).

117 Comprendre par là l'exploration et l'organisation.

1.4. De l'importance des activités langagières dans la problématisation et la conceptualisation scientifiques

Le langage n'est pas chose étrangère à l'activité scientifique, comme de sa problématisation et, sans dériver vers un certain relativisme, un “tout langagier” où la science et le langage se confondraient, il est aisé d'en montrer l'importance, et ce sans remettre en cause tout l'intérêt que l'on pourra également porter aux investigations empiriques (Orange, 2000, 2003 ; Orange & al., 1999). En effet, la dynamique critique de l'activité scientifique, à laquelle nous avons porté notre attention ci-avant, ne peut s'expliquer autrement que par la mise en mots d'énoncés –constitutifs du savoir en jeu, qu'ils soient écrits ou oraux, notamment au travers de l'argumentation et de la verbalisation, lesquelles valorisent par voie de conséquence le débat scientifique (Orange, 2009a, 2009b, 2009c, 2009d). De cela, Popper (1991) souligne en effet que si l'on omet « *le développement d'un langage descriptif exosomatique, d'un langage qui, comme un outil, se développe à l'extérieur du corps –, il ne saurait exister aucun objet pour notre discussion critique. Mais, avec le développement d'un langage descriptif (et, plus tard, d'un langage écrit), un troisième monde linguistique peut émerger ; et c'est uniquement par ce moyen, et uniquement dans ce troisième monde, que les problèmes et les normes de la critique rationnelle* » (Popper, 1991, p. 200) auront l'occasion de connaître leur propre essor. Et celui-ci d'ajouter que c'est bien aux « *fonctions supérieures du langage que nous devons notre humanité, notre raison. Car nos pouvoirs de raisonner ne sont rien d'autre que les pouvoirs de l'argumentation critique.* » (Popper, 1991, p. 200). Retenons enfin que, comme le précise Orange (2005a), l'activité langagière problématisante engagée lors du débat scientifique, et qui participe d'un relatif travail d'abstraction, permet au sujet de passer de l'idée à la nécessité, des solutions qu'il a construites à la problématisation explicite, d'un point de vue didactique.

Passée l'explicitation du lien entre les problèmes et les savoirs dans les activités scientifiques, et notamment de la question de la particularité des problèmes et de la problématisation scientifiques, à savoir entre autres son apodicticité (Bachelard, 1949 ; Canguilhem, 1977/1981), nous allons pouvoir à présent développer le lien entre les problèmes et les modèles dans les activités scientifiques.

2. Problèmes et modèles dans les activités scientifiques

Nous pouvons maintenant, après la mise en relation des problèmes et des savoirs, passer à l'étude des liens entre problèmes et modèles dans les activités scientifiques, en s'intéressant plus particulièrement aux registres mobilisés.

2.1. Registres en jeu dans les savoirs scientifiques

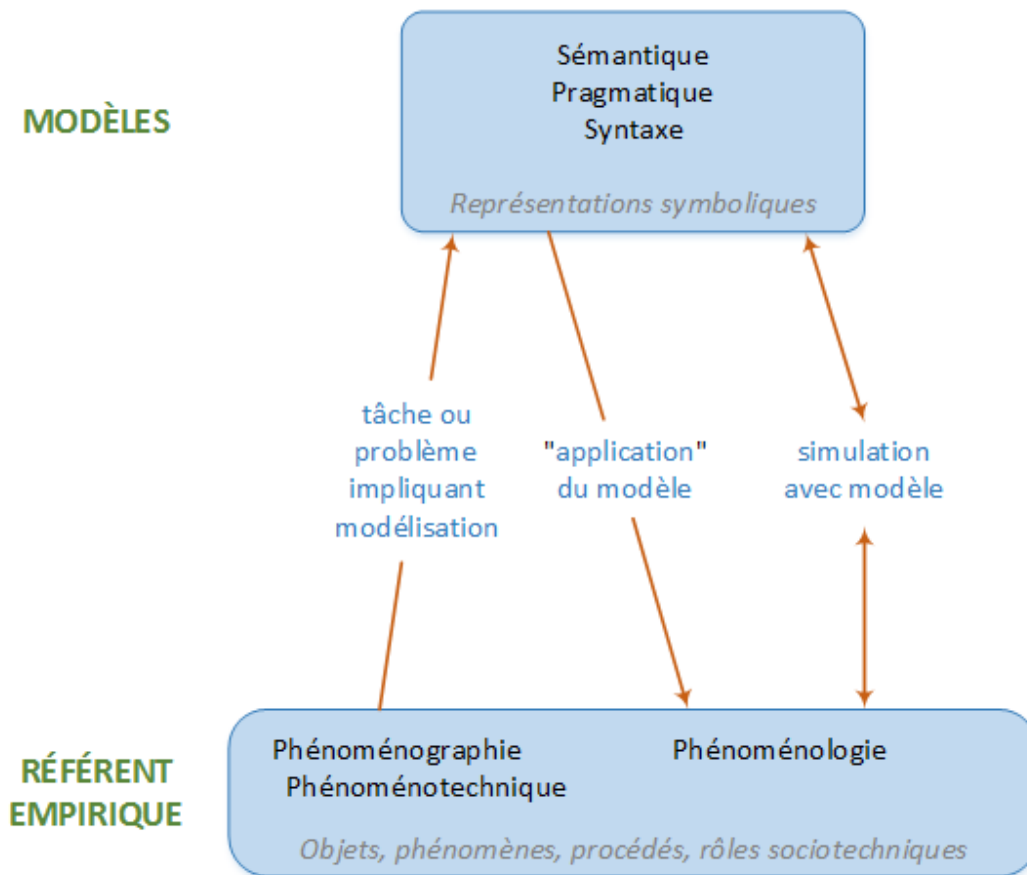
La science, et c'est bien là ce qui la définit premièrement, s'adonne à la tâche explicative¹¹⁸, fondamentalement ; elle vise, comme le rappelle Popper (1991), à « *découvrir des explications satisfaisantes de tout ce qui nous étonne et paraît nécessiter une explication.* » (Popper, 1991, p. 297). En somme, devons-nous alors considérer que nos « *théories scientifiques – qui visent l'explication – ne sont rien d'autre que des tentatives pour résoudre des problèmes scientifiques, c'est-à-dire des problèmes liés à la découverte* » (Popper, 1985, p. 329) qui, en soi, renvoie à tout un panel d'explications, diverses et variées. Partant de ce constat¹¹⁹, Martinand (1986, 1987) a posé le premier¹²⁰ la nécessité de distinguer en sciences et dans les apprentissages qui s'y réfèrent les deux registres qui suivent : celui du référent empirique, en cela le monde des objets, phénomènes, procédés et rôles sociotechniques, et celui des modèles, en cela le monde des représentations symboliques. Et de la mise en relation de ces deux registres (Martinand, 1992, 1994, 2014), est issu le premier schéma (restreint) de la modélisation (figure 3-2 ; Martinand, 2014, p. 71), lequel image ainsi la tension qui lie le monde des faits constatables, en cela le monde des phénomènes, au monde des idées explicatives, en cela le monde des explications, et que l'on retrouve, non sans certains apports¹²¹, au travers du schéma de la modélisation (figure 3-3 ; Orange, 1997, p. 40) de notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation.

118 Laquelle et finalement « *se présente comme un raisonnement déductif : des énoncés contenant des affirmations relatives à des faits particuliers, $C^1, C^2 \dots C^n$, soit l'explanandum, peuvent être déduits d'un ensemble de propositions, de prémisses générales appelées lois, $L^1, L^2 \dots L^n$, soit l'explanans, qui en constituent l'explication.* » (Vergnioux, 2003, p. 19). En d'autres termes et pour suivre Popper (1991), l'explanandum correspond à ce qui, dans un premier temps doit être expliqué, quand l'explanans correspond à ce qui, dans un second temps explique.

119 Qui, finalement, met en évidence les deux modalités mobilisées lors de la construction du problème en sciences, à savoir la représentation et l'explication (Host, 1980), laquelle se fonde avant tout « *sur la construction de modèles ou de théories. Un modèle est une construction de l'esprit qui se substitue à l'objet réel pour l'ensemble des opérations intellectuelles que l'on peut effectuer sur ce dernier: déduction, analyse, synthèse, application.* » (Giordan, 1983/1987, p. 116). Par ailleurs, si « *la représentation débouche souvent sur une organisation cloisonnée, formelle et statique des données de l'expérience, l'explication nous fait apercevoir des systèmes dans leur totalité et leur évolution dans le cadre d'une vision dynamique et historique. Par exemple la classification naturelle ne se réduit plus à une collection bien rangée mais elle constitue le bilan de l'évolution des formes vivantes et nous permet de découvrir des liens de parenté entre espèces.* » (Giordan, 1983/1987, p. 116).

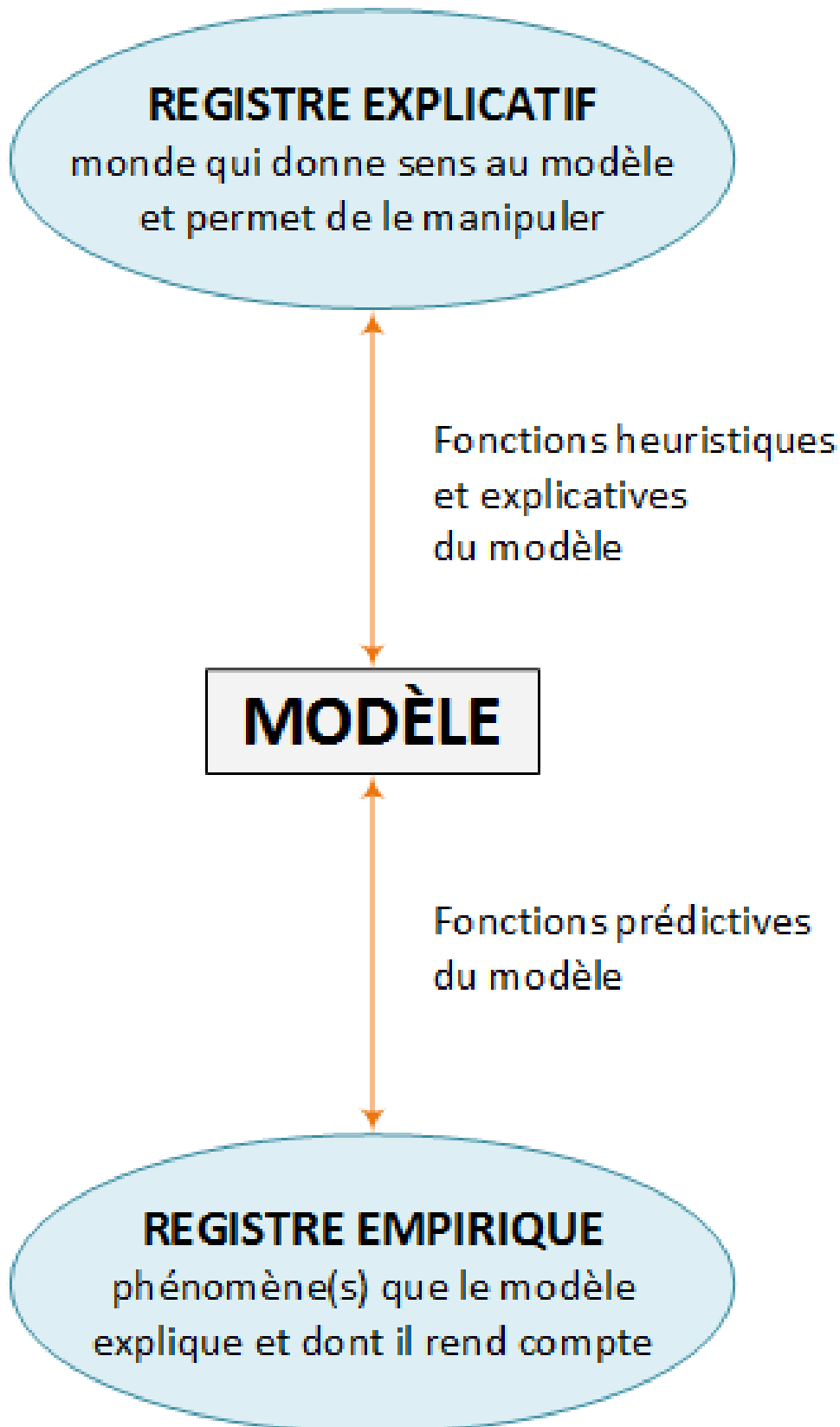
120 Voir le second, et si l'on tient compte des travaux de Walliser (1977).

121 Notamment celui du registre explicatif.

Figure 3-2. Premier schéma (restreint¹²²) de la modélisation (Martinand, 2014, p. 71)

¹²² Car s'adressant au primaire et au secondaire inférieur.

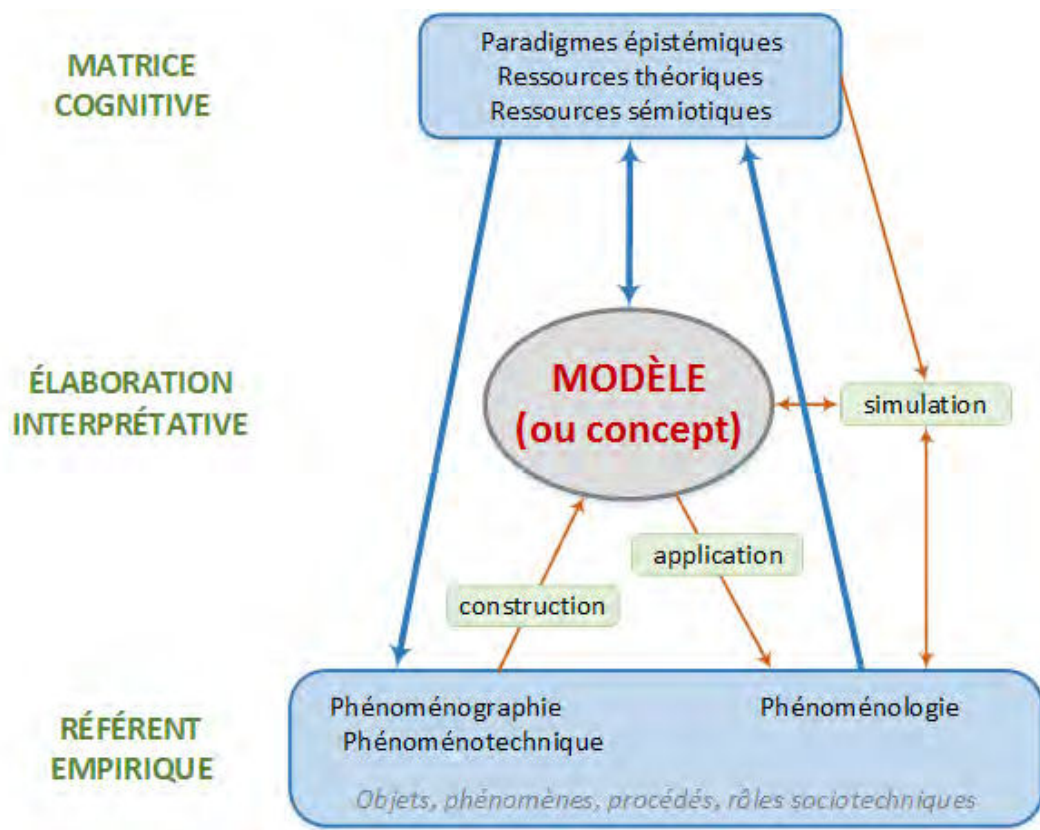
Figure 3-3. Schéma de la modélisation (Orange, 1997, p. 40)



De, à la vue de ces différentes schématisations, l'importance de la modélisation donc,

lorsque l'on explique « *le comportement macroscopique des gaz (phénoménologie) par des modèles particuliers ; ou encore, l'origine d'une arène granitique par un modèle de réactions chimiques à partir des minéraux du granite et des apports extérieurs.* » (Orange, 2003, p. 60). Aux registres empirique et du modèle [ou des modèles] déjà discutés, Orange (1994a, 1994b, 1997) y adjoint un registre d'ordre explicatif, ou le nécessaire besoin de quelques repères –explicatifs, et qui permettent de penser, de rendre intelligible le modèle élaboré, l'explication, et d'en tirer toute sa valeur heuristique. Pour imaginer le tout, remarquons que c'est quand « *on est capable de se représenter mentalement un monde de molécules se déplaçant et se “cognant” et d'admettre qu'un gaz peut être constitué de telles molécules, que les modèles particuliers nous aident à penser et à comprendre l'état gazeux et sa thermodynamique.* » (Orange, 2003, p. 61). Suivant toujours Martinand ((1998), 2014), et du second schéma (général) de la modélisation (figure 3-4 ; Martinand, 2014, p. 71), retrouve-t-on l'accord alors marqué sur la nécessité d'un troisième registre, et bien que lui soit ici préférée la formule de matrice cognitive, au contenu sensiblement différent.

Figure 3-4. Second schéma (général¹²³) de la modélisation (Martinand, 2014, p. 71)



123 Car s'adressant au secondaire supérieur et au-delà.

Sur ce point et au regard du processus de la problématisation, lequel est toujours à nécessairement relier avec ce que l'on peut appeler un contexte problématique, en cela ce qui détermine les inférences et raisonnements faits, a-t-il été possible de distinguer, sur le plan didactique s'entend, diverses significations dudit contexte problématique, avec (Lhoste, 2008a ; Lhoste & Peterfalvi, 2009) :

le contexte problématique en lui-même, correspondant à des événements contextuels ;

la matrice épistémique¹²⁴, correspondant à des ressources¹²⁵ disponibles et mobilisables, qui peuvent être l'objet de modifications au cours de l'activité de problématisation, mais qui permettent néanmoins d'y entrer ;

le registre explicatif¹²⁶, correspondant à un mode d'explication, et bien qu'initialement pensé par Orange (1994a, 1994b, 1997) en termes de matrice épistémique.

L'intérêt de la matrice épistémique réside alors en sa double référence, et qui aboutit à un concept hybride : à la matrice¹²⁷ cognitive de Martinand ((1998), 2014), l'intérêt de la matrice qui permet la prise en compte des représentations initiales de l'apprenant, sujettes on le sait à « *une évolution (l'apprentissage) et l'intégration de nouveaux concepts à la faveur du processus* » (Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 86) engagé, au cadre¹²⁸ épistémique de Piaget et Garcia (1983), l'intérêt de l'épistémique qui permet le dépassement de l'apprenant, dans une approche psychologique, par rapport au savoir, dans une approche épistémologique. Finalement, et c'est bien là que réside l'enjeu d'un tel détour théorique, le passage du registre explicatif à la matrice épistémique, en termes de contexte problématique, va rendre possible le glissement d'appréciation, d'intérêt du produit sur le processus de l'activité de problématisation, jusqu'alors très peu travaillé avant Lhoste (2008a).

Nota bene : sachons voir que les concepts de cadre épistémique et de paradigme ne sont pas très éloignés, et ne s'opposent donc pas, bien au contraire ; il est plus à voir que le premier, qui s'inscrit dans une visée épistémologique, englobe le second, qui s'inscrit dans une visée sociologique (Piaget & Garcia, 1983).

124 Focalisée sur l'activité de problématisation, et vis-à-vis de son processus.

125 Et qu'elles soient conceptuelles, langagières, sémiotiques...

126 Focalisé sur l'activité de problématisation, et vis-à-vis de son produit.

127 Nous pensons là à des éléments hétéroclites.

128 Nous pensons là à des éléments structurés.

2.2. Registres en jeu et construction des problèmes dans les savoirs scientifiques

La construction du problème en sciences, on l'aura compris, ne saurait se réduire à la question que l'on pose, le fût-elle du mieux qu'il soit. Il s'agit bien ici de processus qui, d'une part visent à l'élaboration des registres empirique et du modèle [ou des modèles] déjà discutés, et d'autre part ambitionnent de les mettre en relation, en tension ; en somme, de les bien articuler. Sachons voir également « *qu'aucun de ces deux mondes n'est donné : ils sont, et c'est essentiel, tous les deux construits ; mais cela n'enlève rien à la nécessité de leur distinction. On voit l'importance didactique de telles précisions, en particulier quand il s'agit de la question des investigations empiriques.* » (Orange, 2003, p. 60). D'ailleurs, et comme le rappelle Lhoste (2006), nous avons « *là un point important qui distingue notre approche rationaliste de la pensée empirique, car le registre empirique n'est pas donné d'avance, il est construit* » (Lhoste, 2006, p. 83) à l'évidence. Retenons alors que nos « *faits s'enchaînent d'autant plus solidement qu'ils sont impliqués dans un réseau de raisons. C'est par l'enchaînement, conçu rationnellement, que les faits hétéroclites reçoivent leur statut de faits scientifiques. Que la terre tourne, c'est donc là une idée avant d'être un fait. Ce fait n'a primitivement aucun trait empirique. Il faut le mettre à sa place dans un domaine rationnel d'idées pour oser l'affirmer. Il faut le comprendre pour l'appréhender.* » (Bachelard, 1949, p. 123). De l'exemple pris par Orange (2003) et qui porte sur l'arène granitique, comme de son origine, nous est-il permis d'admettre que la construction du problème en sciences revient à préciser au mieux la forme même de l'explication attendue (il s'agit là d'une explication qui relève essentiellement du domaine des sciences de la matière, et quand d'autres sont *a priori* possibles), comme d'identifier de pertinents faits constatables (il s'agit là de la composition minéralogique de l'arène, du granite...), d'intéressants repères théoriques (il s'agit là du domaine de stabilité de tel ou tel minéral...) et de possibles idées explicatives (il s'agit là de la dégradation, de la néoformation de tel ou tel minéral), lesquelles ne résistent pour autant pas *ipso facto* à la critique. Tout cela nous amène donc à ne pas conclure à pareilles choses quant à la construction et à la résolution du problème en sciences ; de même, pouvons-nous rajouter que, pour Canguilhem (1955) et bien qu'il ne le formule pas ainsi, la position du problème en sciences n'est véritablement possible qu'à l'issue de sa résolution. En effet, toute « *question ne paraît jamais bien posée qu'au moment où elle reçoit sa solution, c'est-à-dire où elle s'évanouit comme question. A moins donc de réduire toute question au type des problèmes*

scolaires dont l'élève qui cherche à les résoudre ignore la solution, tout en posant qu'il y en a une, à sa portée intellectuelle, sous peine de devoir tenir pour ignare ou dément le maître qui les lui a posés, il faut bien dire qu'une question bien posée n'est déjà plus une question puisqu'elle enferme tous les éléments de la réponse. Sans paradoxe une question ne peut, en tant que telle, être que mal posée. » (Canguilhem, 1955, p. 123). Du déjà-là¹²⁹ conceptuel (Astolfi & Develay, 1989) de l'apprenant et qui opère pour ainsi dire inconsciemment, d'une façon que l'on ne peut juger explicite, est-il question, lors de la construction du problème en sciences, d'abandonner¹³⁰ alors, même si le terme est incertain, l'opinion au profit du savoir, lequel est de nature scientifique, et ce par le biais de l'établissement de raisons, en cela « *la caractérisation, la mise sous tension et l'organisation de ce qui relève du registre empirique (RE) et de ce qui appartient au registre des modèles (RM).* » (Orange, 2003, p. 63). De cela pouvons-nous alors présenter les principaux objectifs d'apprentissage et principes de fonctionnement du débat scientifique dans la classe (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000), moment privilégié de notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation (Orange, 2009a, 2009c) ; plus justement, dirons-nous d'ailleurs que le débat scientifique concrétise à souhait, pédagogiquement parlant, des intentions didactiques qui, nous venons de le montrer, sont épistémologiquement fondées.

Tableau 3-1a. Objectifs d'apprentissage du débat scientifique dans la classe (d'après Orange, 2000)

| Point de vue du “Travail sur les représentations” | Point de vue de la “Construction de problème” |
|---|--|
| Faire passer les apprenants d'une représentation première (C1) à une représentation seconde (C2). | Faire passer les apprenants d'une opinion commune (O) à un savoir scientifique (S). |
| C1 et C2 sont de même nature C2 est plus proche des savoirs actuels que C1 | O et S ne sont pas de même nature S est –un savoir– raisonné à la différence de O |

Tableau 3-1b. Principes de fonctionnement du débat scientifique dans la classe (d'après Orange, 2000)

| Point de vue du “Travail sur les représentations” | Point de vue de la “Construction de problème” |
|--|--|
| Faire prendre conscience à l'apprenant de ses représentations initiales et de leurs limites (qui a | Faire construire à l'apprenant le problème et, en particulier, les raisons (quelles raisons se cachent |

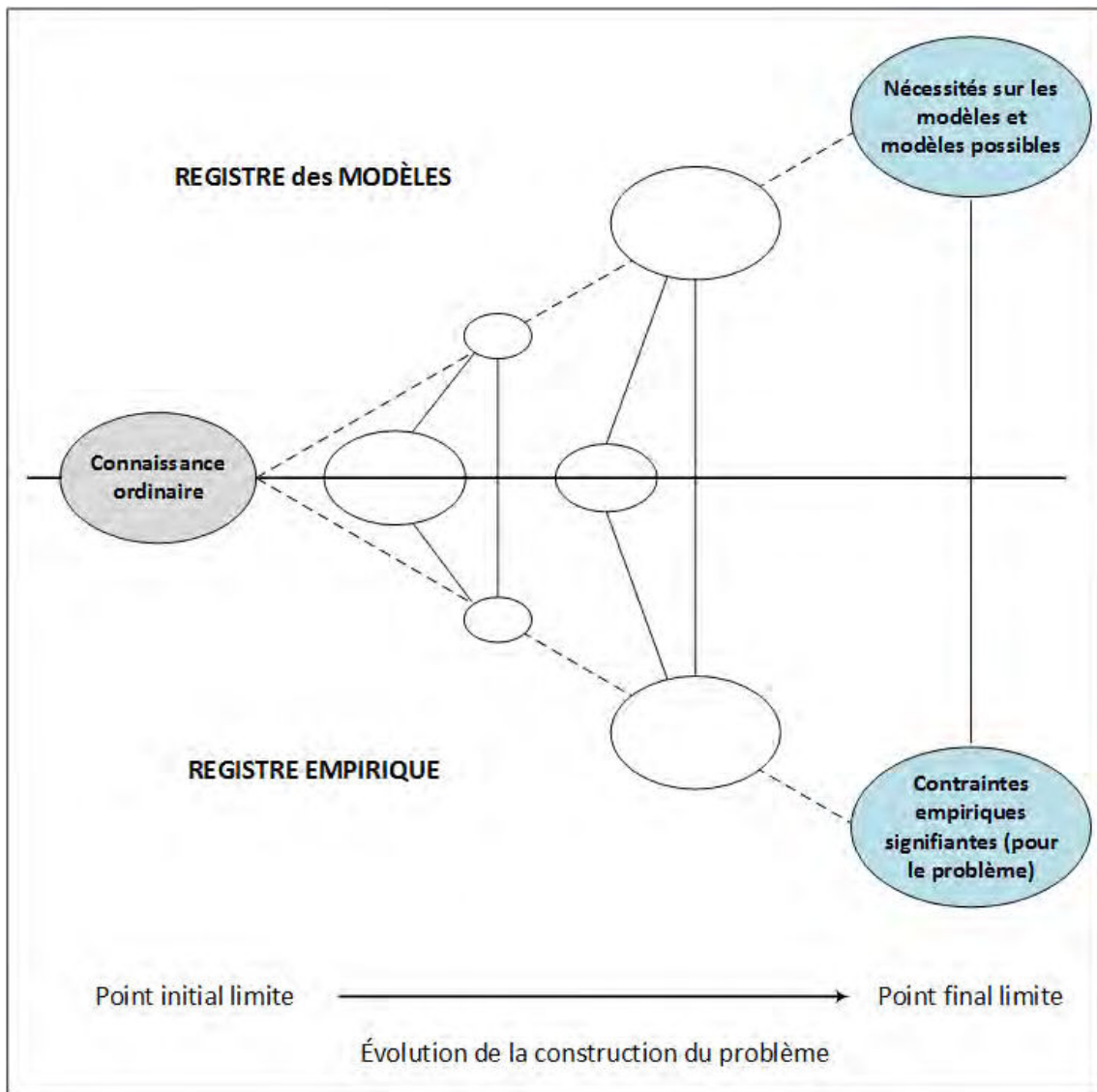
129 Qui, finalement, équivaut à la « *connaissance ordinaire (conceptions) qui est un amalgame de connaissances portant sur le domaine empirique et d'idées explicatives s'accordant avec ses registres explicatifs habituels.* » (Orange, 2003, p. 63).

130 Dans le cadre d'une épistémologie historique, et non dans le cadre des sciences sociales ou des savoirs naturalistes locaux, comme cela peut aussi être le cas (Girault & Lhoste, 2010).

| | |
|--|---|
| raison ?). | derrière nos idées ?). |
| Moyens : conflits cognitifs et / ou socio-cognitifs. | Moyens : confrontation, explicitation et justification (Orange, 2015) des contraintes repérées. |

Ainsi fait, notre « *problématisation met en tension critique le savoir et provoque la rupture avec les connaissances communes (Bachelard, 1938, 1949).* » (Orange, 2003, p. 63), ce qui nous permet la présente représentation de la construction de problème : de la connaissance ordinaire au savoir scientifique (figure 3-5 ; Orange, 2003, p. 63).

Figure 3-5. Représentation¹³¹ de la construction de problème : de la connaissance ordinaire au savoir scientifique (Orange, 2003, p. 63)



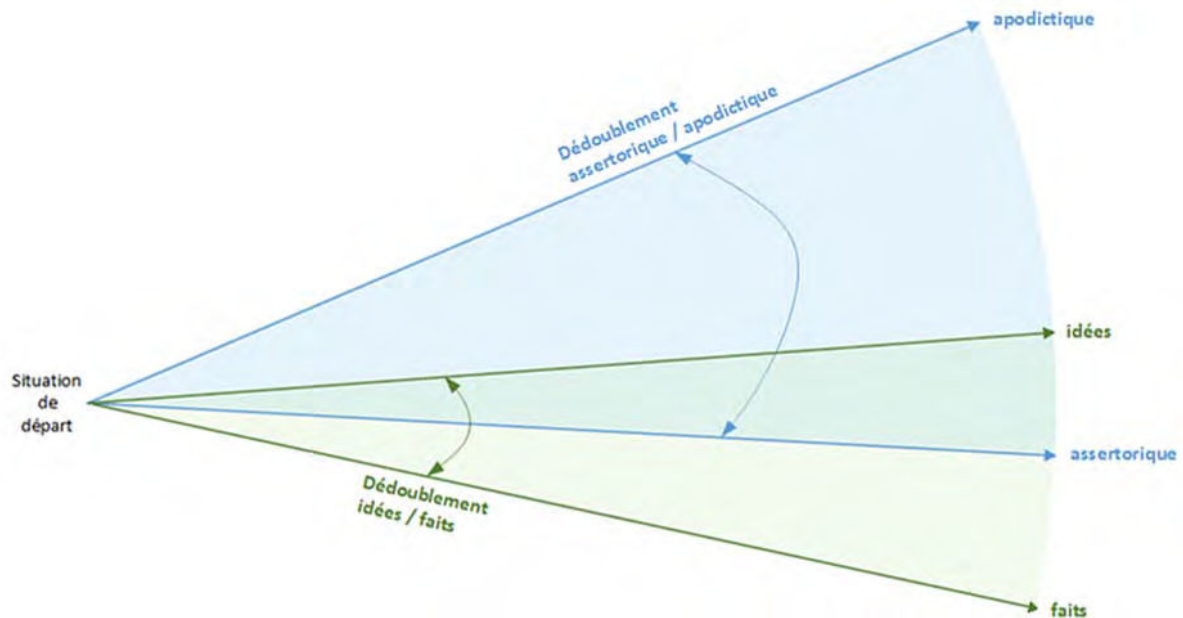
131 Cette représentation est nécessairement simplifiée dans la mesure où l'organisation des nécessités et des contraintes n'y apparaît pas.

En définitive, et de tout ce que l'on a dit, la construction du problème en sciences peut donc se « *décrire comme une identification progressive par les élèves de contraintes empiriques (c'est-à-dire ce dont il va falloir rendre compte) et la construction conjointe de nécessités explicatives (conditions pour que le modèle soit théoriquement acceptable) par l'exploration critique* » (Orange & al., 1999, p. 108) de moult explications retenues comme étant avant tout possibles. D'abord combinées à un ensemble de repères issus du champ théorique concerné, puis « *mobilisées par des pistes explicatives possibles, ces contraintes empiriques conduisent à des nécessités auxquelles doit se soumettre tout modèle* » (Orange & al., 1999, p. 108).

2.3. Des “espaces de contraintes” aux “espaces contraintes et nécessités”

Une telle représentation du produit de la problématisation ou, plus justement, de la construction du problème en sciences, amène à penser les associations suivantes : au registre empirique le statut de contrainte, au registre du modèle [ou des modèles] le statut de nécessité, cependant qu'en raison de la mise en place de contraintes « *théoriques dont le statut épistémologique se distingue des nécessités.* » (Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 83), nous voyons déjà poindre l'idée « *que tous les éléments du registre du modèle n'ont pas automatiquement un caractère de nécessité.* » (Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 81). Il nous faut alors, à l'appui de Fabre (2005a, 2007, 2009) et pour éclaircir ce point, s'en remettre aux philosophes du problème, lesquels « *décrivent, chacun à leur manière, le processus de construction du problème comme un double dédoublement.* » (Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 81) ; de cela découle la présente modélisation du double dédoublement de la problématisation à partir d'une situation de départ (figure 3-6 ; Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 83).

Figure 3-6. Modélisation du double dédoublement de la problématisation à partir d'une situation de départ (Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 83)



Tout d'abord, et du dédoublement premier, surgit le besoin de dissocier en fait ce qui relève du monde des faits constatables, de ce qui relève du monde des idées explicatives ; l'un et l'autre, comme le rappelle Bachelard (1949), étant intrinsèquement liés : d'un « résumé, pas de rationalité à vide, pas d'empirisme décousu, voilà les deux obligations philosophiques qui fondent l'étroite et précise synthèse de la théorie et de l'expérience » (Bachelard, 1949, p. 3). Dewey (1967/1993), pour sa part et à l'appui de sa "théorie de l'enquête", traduit cette même dissociation comme « la transformation dirigée ou contrôlée d'une situation indéterminée en une situation unifiée d'une manière déterminée. Le passage de l'une à l'autre s'effectue au moyen d'opérations de deux sortes qui sont fonctionnellement correspondantes. L'une a un objet idéal ou conceptuel. Cet objet représente des moyens et des fins possibles de solution. Il anticipe une solution et se distingue nettement de l'imaginaire parce que, ou dans la mesure où il devient opératif, c'est-à-dire dans la mesure où il provoque et dirige de nouvelles observations qui fournissent une nouvelle matière factuelle. L'autre est faite d'activités impliquant les techniques et les organes de l'observation. Puisque ces opérations sont existentielles, elles modifient la situation existentielle antérieure, mettent en relief des conditions antérieurement inaperçues, et relèguent à l'arrière-plan les autres aspects qui étaient au début évidents. » (Dewey, 1967/1993, p. 183). Remarquons également l'incessant va-et-vient d'un monde à l'autre, sur le mode d'une dialectique, et souligné par Bachelard

(1949), mais également par Dewey (1967/1993), où rien n'est finalement donné, mais où tout est nécessairement construit car, nous le savons bien, notre appréciation « *des faits et la suggestion des significations ou idées naissent et se développent en corrélation.* » (Dewey, 1967/1993, p. 174).

Ensuite, et du dédoublement second, surgit le besoin du contrôle de ladite enquête (Dewey, 1967/1993), telle une surveillance¹³² de sa propre personne, de son propre soi (Bachelard, 1949). La pensée se voit alors divisée, partagée comme suit : à l'apodictique ce qui relève du nécessaire¹³³, à l'assertorique ce qui relève du contingent¹³⁴ ; ainsi, notre « *pensée scientifique se dédouble en pensée assertorique et pensée apodictique, entre une pensée consciente du fait de pensée et pensée consciente de la normativité de pensée. Entre les pôles de ce dédoublement fonctionne une pensée éminemment active qui constitue précisément la prise de culture.* » (Bachelard, 1949, p. 25). Finalement, avoir connaissance de « *ce soutien de l'apodicticité qui encombre la connaissance, c'est vivre une division de son propre moi, division qu'on peut bien caractériser par les deux mots existence et surexistence. Le sujet promu à cette surexistence par la coexistence de deux sujets voit s'installer en soi la dialectique du sujet contrôlant et du sujet contrôlé. Il installe en son propre esprit, en face de son je, une sorte de tu vigilant.* » (Bachelard, 1949, p. 60).

C'est pourquoi le processus de la problématisation¹³⁵, dans son ensemble, peut et ne doit d'ailleurs être envisagé autrement qu'au travers de ces deux dimensions car, et comme le rappelle Bachelard (1949) : si l'on possède à trois dimensions, l'on se souvient à une dimension et l'on comprend à deux dimensions. À l'appui d'un tel raisonnement et, par conséquent, en vertu du statut épistémique nouvellement conféré aux termes de contrainte¹³⁶ et de nécessité¹³⁷, en arrive-t-on, par le biais des “espaces contraintes et nécessités”, à repenser les “espaces de contraintes” et qui, s'ils tiennent parfaitement compte du dédoublement

132 Intellectuellement s'entend.

133 Et dont l'envers est par conséquent impossible.

134 Et dont l'envers est par conséquent possible.

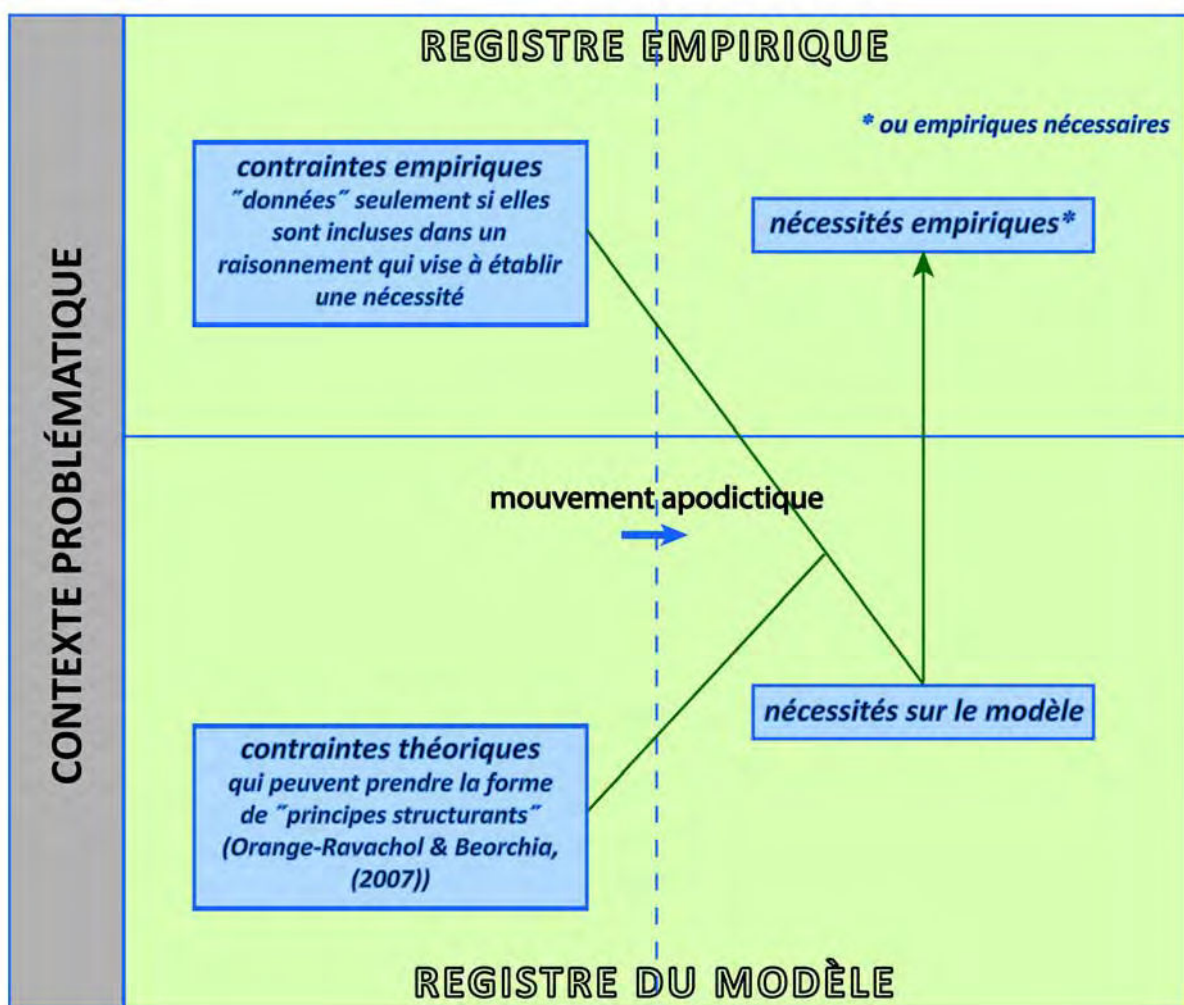
135 Que, pour exemple, Lhoste (2008a) illustre avec le thème d'étude de la nutrition animale, quand il est respectivement question d'une impossibilité et d'une possibilité de distribution par irrigation et par circulation.

136 En cela une pensée préalablement construite (un déjà-là) et convoquée au sein d'un raisonnement actuel (Lhoste, 2008a ; Lhoste & Peterfalvi, 2009) : relevant d'une modalité qui est celle de l'assertorique, les contraintes ont donc un caractère contingent (Lhoste, 2005).

137 En cela une pensée nouvellement construite et élaborée au regard d'un raisonnement actuel (Lhoste, 2008a ; Lhoste & Peterfalvi, 2009) : relevant d'une modalité qui est celle de l'apodictique, les nécessités ont donc un caractère nécessaire (Lhoste, 2005).

premier, ne s'appuient que trop peu sur le second, lequel y apparaît de « *façon moins évidente en dépit des indications données par les flèches et la mention "nécessité de" devant certaines des formulations.* » (Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 82-83) ; de cela découle la présente modification des "espaces de contraintes" au profit des "espaces contraintes et nécessités" (figure 3-7 ; Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 84).

Figure 3-7. Modification des "espaces de contraintes" au profit des "espaces contraintes et nécessités" (Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 84)



Un tel remaniement des "espaces de contraintes", s'il permet premièrement un glissement d'appréciation, d'intérêt du produit sur le processus¹³⁸ de la construction du problème en sciences, met secondairement à jour, au-delà de la question des contraintes théoriques¹³⁹, une

138 Lorsqu'il est question d'argumentations, de raisonnements...

139 Rappelons qu'elles représentent des « éléments théoriques admis comme tels sans discussion et sur lesquels on s'appuie dans le processus de problématisation. En général, ces contraintes théoriques sont partagées par la

formulation nouvelle et riche d'intérêt, celle des "nécessités empiriques" : représentons-les alors comme des éléments empiriques à la nécessaire existence, et bien que n'ayant pas encore été découverts, et dont l'histoire des sciences¹⁴⁰, assurément, atteste de l'existence. C'est ainsi que nos gènes sont d'abord apparu « *comme des "êtres de raison", des structures imaginaires requises pour rendre compte des faits connus. Personne n'en avait jamais vu. On ne pouvait ni les purifier, ni les mettre en bouteille. On les représentait le plus souvent comme d'hypothétiques perles enfilées sur d'hypothétiques fils, correspondant aux chromosomes. Avec les travaux montrant que c'est l'acide désoxyribonucléique, l'ADN, qui est porteur des traits héréditaires chez les bactéries et les virus, le gène, jusque-là pure construction mentale, commençait à prendre de l'épaisseur, de la consistance.* » (Jacob, 1995, p. 2). Aussi, l'on pourrait citer le cas des canaux potassiques¹⁴¹, dont il eut été postulé l'existence il y a de cela quelques décennies –avant leur véritable découverte¹⁴², mais également le cas de la planète Neptune¹⁴³, dernière planète du système solaire, et qui s'inscrit à l'évidence dans cette logique des "nécessités empiriques". De notre point de vue, une telle avancée sur le plan théorique n'est pas sans conséquence sur l'articulation de l'investigation à la problématisation, laquelle a d'ailleurs pu commencer à être travaillée (Orange, 2000, 2003 ; Orange & al., 1999), et nous intéresse plus particulièrement dans le cadre de notre problématique de recherche qui, nous pouvons le rappeler, travaille la façon dont les apprenants sont amenés à s'engager dans la construction de savoirs scientifiques, dans le cadre de la démarche d'investigation, et à quelles conditions.

plupart des élèves de la classe et ne sont pas soumises à discussion (elles sont hors-question) pendant le débat, mais elles conditionnent les nécessités construites et les contraintes empiriques » (Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 83) choisies, et comme a pu le montrer Lhoste (2005), mais également Beorchia et Lhoste (2007).

140 Notamment lorsqu'elle parle de "boîtes noires" (Morange, 2005).

141 Dans les cellules excitables comme les neurones, ils sont responsables des potentiels d'action et définissent le potentiel membranaire de repos. Contribuant à la régulation de la durée du potentiel d'action dans le muscle cardiaque, le dysfonctionnement des canaux potassiques peut provoquer des arythmies mortelles. Ils interviennent également dans la régulation des processus cellulaires tels que les sécrétions d'hormones (par exemple, la libération d'insuline par les cellules bêta dans le pancréas), leur mauvais fonctionnement pouvant entraîner des maladies comme le diabète.

142 Rappelons néanmoins que « *ce délai s'explique aisément : la classe de protéines à laquelle appartient ce canal, les protéines membranaires, est la dernière à être entrée dans le champ du mécanisme moléculaire. La raison en est que la principale méthode d'étude de la structure des protéines est la diffraction des rayons X sur des cristaux de protéines, et que la cristallisation des protéines membranaires est particulièrement difficile.* » (Morange, 2005, p. 55).

143 Urbain Le Verrier (Saint-Lô, 11 mars 1811 – Paris, 23 septembre 1877), astronome français –qui a travaillé toute sa vie durant à élaborer une théorie complète du système solaire, annonce en 1846 l'existence d'une septième planète, Neptune, responsable, selon lui, des perturbations inexplicables d'Uranus (à partir de données recueillies comme la masse, la position actuelle, l'orbite... et en s'inspirant des lois de Kepler). Neptune est ainsi la première planète découverte uniquement par calculs mathématiques : un exploit... Retenons enfin que c'est l'astronome allemand Johann Gottfried Galle (Radis, 9 juin 1812 – Potsdam, 10 juillet 1910) qui confirme par observation la présence de Neptune, le jour même où il reçoit les résultats d'Urbain Le Verrier, le 23 septembre 1846.

Passée l'explicitation du lien entre les problèmes et les modèles dans les activités scientifiques, et notamment de la question du passage des “espaces de contraintes” aux “espaces contraintes et nécessités”, nous allons pouvoir à présent développer le lien entre les problèmes et les expériences dans les activités scientifiques.

3. Problèmes et expériences dans les activités scientifiques

Nous pouvons maintenant, après la mise en relation des problèmes et des savoirs d'abord, et la mise en relation des problèmes et des modèles ensuite, passer à l'étude des liens entre problèmes et expériences dans les activités scientifiques, en s'intéressant plus particulièrement à la diversité des épistémologies scientifiques, du registre empirique, et des investigations empiriques.

3.1. De la diversité des épistémologies scientifiques

De la pensée commune qui nous hante et qui s'inscrit dans une épistémologie empiriste de l'activité scientifique, l'expérimentation, telle qu'elle peut être pratiquée dans l'activité de recherche scientifique, s'affiche assurément et sans détour comme étant le propre de la science ; mieux encore, elle la caractériserait. Et pourtant, associer l'une à l'autre de façon nécessaire et authentique constitue sans doute l'écueil à ne pas commettre, et tant il est vrai, tout du moins dans le cadre scolaire, que le recours à l'expérience directe semble aléatoire¹⁴⁴, notamment pour de nombreux thèmes d'étude ayant trait au domaine des sciences de la Terre¹⁴⁵, où l'expérience ne se vit tout au plus que de façon très partielle¹⁴⁶ ; ainsi, toute science et, dans notre cas de la nature, ne pourrait se pratiquer à l'appui de l'expérimental (Orange, 2002b). Passée la mise à plat de cette conjecture¹⁴⁷, il nous faut à présent interroger le rôle de la modélisation, laquelle, aux dires de la communauté scolaire et dans l'activité d'apprentissage scientifique, se substitue avantageusement à l'expérimentation lorsque cette dernière demeure impraticable, voire impensable. Là encore, l'utilisation de modèles analogiques lors d'activités scientifiques ne saurait subroger les expériences car même lorsque « *de tels montages peuvent concrétiser la réflexion scientifique des élèves, ils n'ont rien à voir avec l'expérimentation : on fait jouer un modèle analogique qui est une matérialisation d'une construction intellectuelle explicative (modèle) qui n'a qu'un lien très indirect avec le "réel".* » (Orange, 2002b, p. 19). C'est pourquoi la modélisation, et dans son intention

144 Lorsque l'expérience en question se révèle trop complexe, trop dangereuse, trop longue...

145 En effet, au sein des « *sciences de la nature, un certain nombre ne donne pas lieu à des expériences directes. On cite souvent le cas de l'astronomie ; on peut ajouter l'écologie, une bonne partie des sciences de la Terre, etc.* » (Orange, 2002b, p. 19).

146 En effet, les phénomènes sismiques et volcaniques ne sont, cela va de soi, pas convocables « *au laboratoire. Cela ne veut pas dire que ces sciences n'utilisent pas d'expériences, mais, quand elles le font, ce n'est que partiellement, en complément d'autres approches (observation, travail de terrain...)* ». (Orange, 2002b, p. 19).

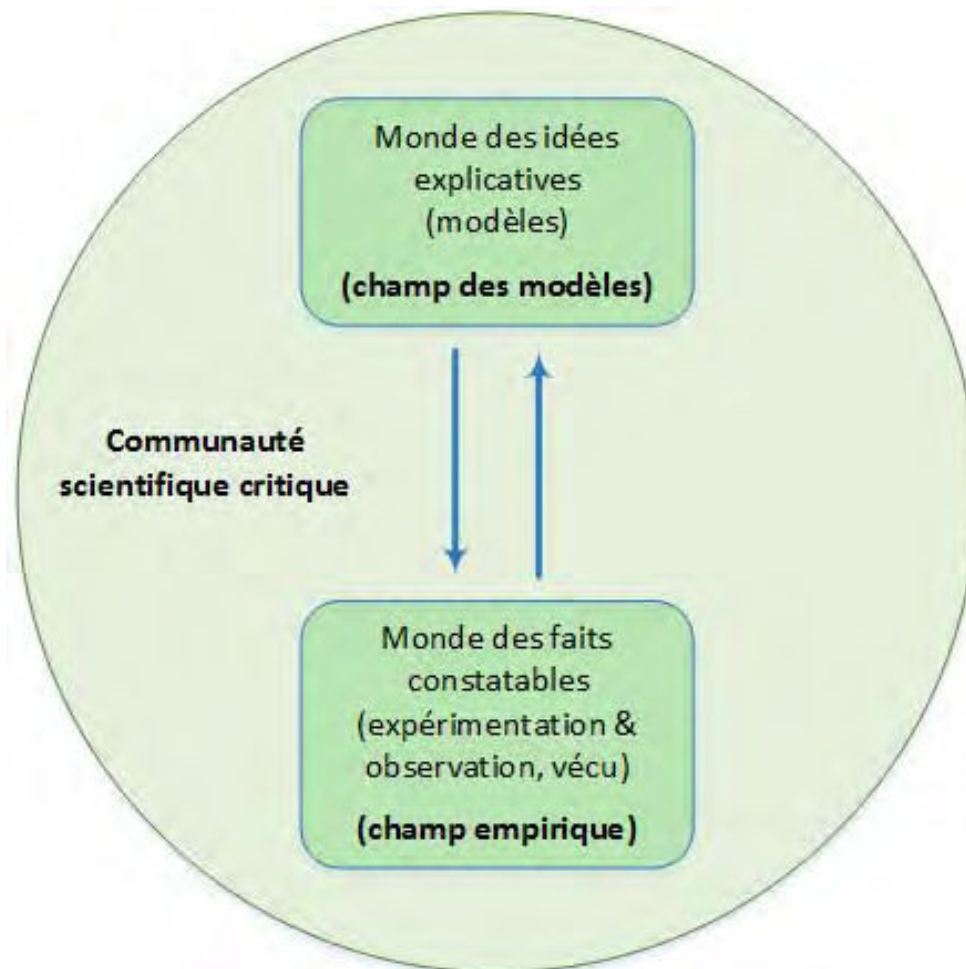
147 À savoir celle d'une approche empiriste de l'activité scientifique.

explicative de faits constatables¹⁴⁸, apparaît comme la dimension fondamentale de toute activité scientifique et ce, au détriment de l'expérimentation. Il nous faut alors envisager à ladite expérimentation une place différente : il s'agirait là d'un outil¹⁴⁹ parmi d'autres au service de la critique du modèle en cours d'élaboration, par essence amené à évoluer ; en d'autres termes, notre « *expérimentation, quand elle est possible, n'est scientifique que si elle entre dans un projet explicatif et critique.* » (Orange, 2002b, p. 20). En effet, comme le rappelle Jacob (1981), nous nous devons « *toujours d'expliquer le monde visible par des forces invisibles, d'articuler ce qu'on observe sur ce qu'on imagine.* » (Jacob, 1981, p. 27), et toute démarche « *scientifique commence toujours par l'invention d'un monde possible, ou d'un fragment de monde possible.* » (Jacob, 1981, p. 28) mais, lors de « *chaque étape, il lui faut s'exposer à la critique et à l'expérience pour limiter la part du rêve dans l'image du monde qu'elle élabore. Pour la science, il y a beaucoup de mondes possibles, mais le seul intéressant est celui qui existe et qui, depuis longtemps déjà, a fait ses preuves. La démarche scientifique confronte sans relâche ce qui pourrait être et ce qui est. C'est le moyen de construire une représentation du monde toujours plus proche de ce que nous appelons "la réalité".* » (Jacob, 1981, p. 29). Finalement, et du schéma de l'activité scientifique (figure 3-8 ; Orange, (2003), p. 4) retenu, pense-t-on à l'image d'un va-et-vient permanent entre, et pour les avoir travaillés ci-avant, un champ empirique, en cela le monde des faits constatables (expérimentation & observation, vécu), et un champ des modèles, en cela le monde des idées explicatives (modèles), l'identification et la mise en concordance, en relation, en tension de ces deux registres aboutissant à la construction de problèmes scientifiques.

148 Qu'ils soient issus de l'expérimentation ou de l'observation.

149 Plus que d'un objet.

Figure 3-8. Schéma de l'activité scientifique (Orange, (2003), p. 4)



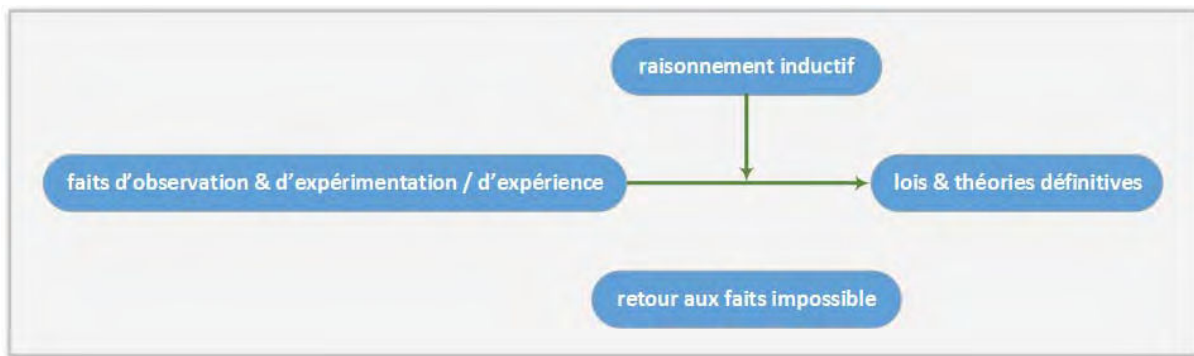
Aussi et de cela, nous est-il alors permis d'engager une brève analyse épistémologique de l'activité scientifique pour dégager, en vertu du propre rôle de l'expérience, les deux conceptions majeures et qui se sont opposées sur la nature et le fonctionnement de la science en règle générale (Lhoste, 2008b ; Orange, 2009b).

3.1.1. L'épistémologie empiriste de l'activité scientifique

D'abord et pour le courant empiriste, s'accorde-t-on sur l'idée que notre « *savoir scientifique se construit par induction à partir de ces fondements sûrs que constituent les données d'observation. Plus les faits établis par l'observation et l'expérience s'accroissent et plus ils deviennent sophistiqués et spécialisés au fur et à mesure que nos observations et nos expériences s'améliorent, plus grands sont le degré de généralité et le domaine d'application des théories qu'un raisonnement inductif bien mené permet de construire. La science*

progresses de manière continue, elle va de l'avant et se surpasse continuellement, prenant appui sur un corpus de données d'observation » (Chalmers, 1987, p. 24) grandissant (annexe 3-1). Cet inductivisme naïf¹⁵⁰ de la science, où les faits recherchés sont de fait cumulés, amène à considérer le savoir scientifique tel un dogmatisme étroit, une vérité¹⁵¹ tout aussi fondamentale que définitive, les faits n'étant ultérieurement plus réinterrogés, par le biais de l'expérimentation et de l'observation, et comme le montre la présente modélisation de l'empirisme en sciences (figure 3-9).

Figure 3-9. Modélisation de l'empirisme en sciences



De cette approche et, pour exemple (Lhoste, 2008b), face à celui qui assène que l'eau bout à 100 °C, le scientifique se voit donc amené à élucider l'ensemble des conditions appuyant cette même assertion (composition de l'eau, pression de l'atmosphère...).

Ainsi, on l'aura compris, les investigations empiriques sont ici les ressources dont use le scientifique dans la quête de la vérité¹⁵², ultime aboutissement de l'activité scientifique, et lorsqu'elle se réclame de l'empirisme¹⁵³.

150 Que Chalmers (1987) présente ainsi et en avançant que, toujours, l'activité scientifique « *commence par l'observation. L'observateur scientifique doit posséder des organes des sens normaux, en bon état, il doit rendre compte fidèlement de ce qu'il voit, entend, etc., en accord avec la situation qu'il observe, et doit être dénué de tout préjugé. Les énoncés sur l'état du monde, ou sur une quelconque de ses parties, doivent être justifiés ou établis comme vrais de façon directe par l'utilisation des sens d'un observateur sans préjugés. Les énoncés ainsi produits (que je nommerai énoncés d'observation) formeront la base sur laquelle prennent naissance les lois et théories* » (Chalmers, 1987, p. 20-21). Reposant sur un principe fondamental, celui de l'induction, rappelons-en sa logique – laquelle permet le passage d'un énoncé singulier à un énoncé universel : si de nombreux éléments x, possédant la propriété y, sont observés dans de multiples conditions, alors l'ensemble des éléments x possède la propriété y.

151 Plus précisément, parlerons-nous ici de vérité lorsqu'une hypothèse sera confirmée / validée par l'expérience et, *a contrario* de fausseté lorsqu'une hypothèse sera infirmée / invalidée par l'expérience.

152 À entendre au sens de vérité préexistante.

153 Lequel et d'ailleurs, pour Bachelard (1953), caractérise philosophiquement la connaissance commune.

Relativisant notre propos, et nous inscrivant par ailleurs dans le dualisme de l'induction et de la déduction (Gohau, 1992), nous pouvons ajouter, à la suite des philosophes (Chalmers, 1987 ; Kuhn, 1983) et sociologues (Latour, 1989) des sciences, une association plus que possible de notre esprit inductif au moment, et que nous développerons ci-après, de la justification de l'explication ; là où l'on se doit en effet de réécrire notre recherche d'alors de façon linéaire et structurée, et respectant les codes de la narration, avec : une introduction, qui énonce les indices¹⁵⁴ accumulés, un développement, qui formule et résout le problème en jeu, et une conclusion, qui aboutit à la loi ou la théorie induite.

3.1.2. L'épistémologie rationaliste de l'activité scientifique

Ensuite et pour le courant rationaliste, s'accorde-t-on sur l'idée que¹⁵⁵ toute activité scientifique « *ne commence pas par des énoncés d'observation parce qu'il faut une théorie avant tout énoncé d'observation, et les énoncés d'observation, parce qu'ils sont faillibles, ne constituent pas une base sûre sur laquelle la connaissance scientifique peut être fondée.* » (Chalmers, 1987, p. 54). En effet, et « *contrairement à ce qu'on croit souvent, la démarche scientifique ne consiste pas simplement à observer, à accumuler des données expérimentales pour en déduire une théorie.* » (Jacob, 1981, p. 28) mais, comme le souligne Chalmers (1987), à toujours « *éliminer les théories incapables de résister aux tests de l'observation ou de l'expérience et les remplacer par d'autres conjectures spéculatives. La science progresse par essais et erreurs, par conjectures et réfutations. Seules les théories les mieux adaptées survivent.* » (Chalmers, 1987, p. 60). Ainsi, la reprise des faits, que l'on envisage ici¹⁵⁶, aboutit à l'élaboration d'un savoir scientifique qui, en tant que tel, sera supérieur à ceux qui l'auront précédé, et puisqu'il aura résisté aux tests de falsification, de réfutation de ceux qui l'avaient précédé. C'est pourquoi, et à l'appui de la thèse bachelardienne, retrouvons-nous ici la thèse popperienne comme à l'origine d'une épistémologie scientifique qui se réclame du rationalisme, et dont le principe fondamental, celui de la falsification, n'a d'autre ambition que de montrer la fausseté d'une théorie, par le biais de l'expérimentation et de l'observation ; en

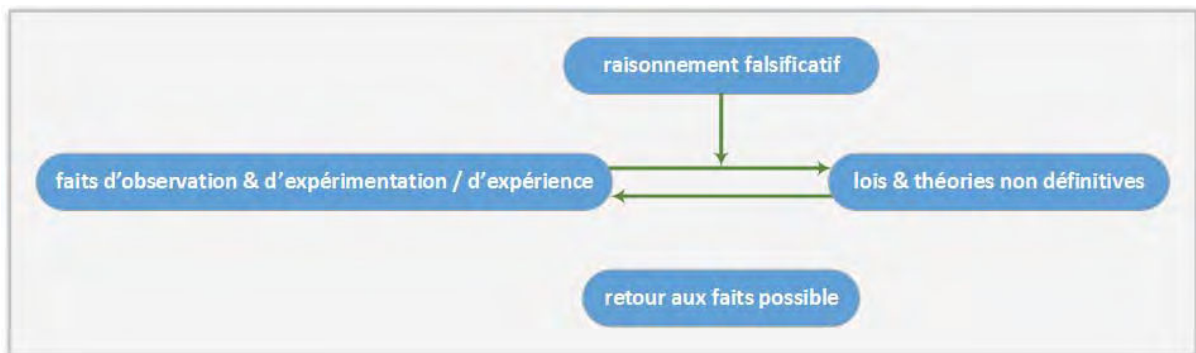
154 Ou, pour nous rapprocher de notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation, les conditions et données du problème en jeu (Fabre & Musquer, 2009).

155 S'opposant à l'inductivisme.

156 À l'instar de Jacob (1981) pour qui apprécier « *des problèmes devenus mûrs pour l'analyse, décider quand il est temps d'explorer à nouveau un vieux territoire, reprendre des questions naguère considérées comme résolues ou insolubles, tout cela constitue l'une des qualités majeures d'un scientifique. Pour une bonne part, c'est à la sûreté de jugement en ce domaine que correspond la créativité en science.* » (Jacob, 1981, p. 26).

somme, il « *n'a aucun mal à admettre que l'observation est guidée par la théorie dont elle présuppose l'existence. Et il renonce le cœur léger à toute prétention d'établir la vérité des théories – ou leur vérité probable – à partir des faits d'observation.* » (Chalmers, 1987, p. 60), et comme le montre la présente modélisation du rationalisme en sciences (figure 3-10).

Figure 3-10. Modélisation du rationalisme en sciences



De cette approche et, pour exemple (Lhoste, 2008b), face à celui qui assène que l'eau bout à 100 °C, le scientifique se voit donc amené à élucider la nécessité même de cette même assertion, et quand bien même ladite assertion ne serait vérifiée que dans quelques conditions bien précises. Sachons voir en effet, au regard de la thèse bachelardienne, que la « *nécessité dépasse la pensée commune, et c'est bien cette rupture avec le sens commun qui caractérise* » (Lhoste, 2008b, p. 10) toute problématisation engagée en sciences.

Ainsi, on l'aura compris, les investigations empiriques n'ont plus ici le même statut : à défaut de démontrer une théorie scientifique, peuvent-elles tout au plus établir un accord, une compatibilité d'avec cette dernière¹⁵⁷ ce qui, au regard de la thèse popperienne, nous amène à associer assez logiquement la falsification, la réfutation¹⁵⁸ à l'activité scientifique, et lorsqu'elle se réclame du rationalisme¹⁵⁹.

Relativisant notre propos, et nous inscrivant par ailleurs dans le dualisme de la déduction et de l'induction (Gohau, 1992), nous pouvons ajouter, à la suite des philosophes (Chalmers,

¹⁵⁷ Ce qui, finalement, amène Popper (1984) à envisager « *que c'est la falsifiabilité et non la vérifiabilité d'un système, qu'il faut prendre* » (Popper, 1984, p. 37) en compte.

¹⁵⁸ En tant que condition nécessaire mais cependant non suffisante.

¹⁵⁹ Lequel et d'ailleurs, pour Bachelard (1953), caractérise philosophiquement la connaissance scientifique.

1987 ; Kuhn, 1983) et sociologues (Latour, 1989) des sciences, une association plus que possible de notre esprit déductif au moment, et que nous développerons ci-après, de la recherche de l'explication ; là où l'on connaît en effet, et tel un esprit foisonnant, de multiples boucles de rétroaction.

Nota bene : toujours issue d'une épistémologie rationaliste de l'activité scientifique, Kuhn (1983) souhaite cependant dépasser le falsificationisme¹⁶⁰ et, *a fortiori* l'inductivisme, au regard de l'analyse de « *la situation historique qui se présentait à lui. Un des points clés de sa théorie est l'accent mis sur le caractère révolutionnaire du progrès scientifique, une révolution signifiant l'abandon d'une structure théorique et son remplacement par une nouvelle, incompatible avec elle.* » (Chalmers, 1987, p. 121).

3.1.3. Positionnement épistémologique du cadre conceptuel de la problématisation

Bien que mise à mal par le courant rationaliste, l'approche empiriste de, et quelle qu'elle soit, toute activité scientifique domine encore largement la sphère éducative (Coquidé, 1998) pour aboutir, en définitive, à très nettement survaloriser les investigations empiriques, et notamment l'expérimentation. En effet, et au-delà des instructions officielles¹⁶¹, de nombreuses « *enquêtes montrent que la majorité des acteurs de l'institution scolaire a une vision empirico-réaliste de la science : les savoirs sont issus de l'étude du réel par une démarche logique et rigoureuse. Il existerait ainsi une réalité en soi, une "logique du monde" immanente, indépendante des observateurs qui la décrivent, antérieure à leur observation et potentiellement connaissable par le biais des sens. On comprend alors qu'observation et*

160 Qui, néanmoins, a beaucoup apporté sur le plan épistémologique, et « *peut être résumé de la manière suivante. La science commence par des problèmes, en rapport avec l'explication du comportement de certains aspects du monde ou de l'univers. Les hypothèses falsifiables sont proposées par le scientifique en tant qu'elles apportent des solutions au problème. Les conjectures sont ensuite critiquées et testées. Certaines seront rapidement éliminées. D'autres s'avéreront plus fructueuses. Ces dernières doivent être soumises à une critique encore plus serrée et à des tests. Lorsqu'une hypothèse qui a surmonté avec succès une batterie étendue de tests rigoureux se trouve falsifiée, un nouveau problème surgit, très éloigné il faut l'espérer du problème original résolu. Ce nouveau problème suscite la formulation de nouvelles hypothèses, que suit un renouvellement de la critique et de l'expérimentation. Et le processus se poursuit ainsi indéfiniment.* » (Chalmers, 1987, p. 69).

161 Qui, jusqu'en 2002 tout du moins, mettent pleinement en avant « *l'expérience et la démarche expérimentale et considèrent les savoirs scolaires indépendamment des problèmes scientifiques réels auxquels ils répondent, les envisageant comme des savoirs opérants extrinsèques et réifiés. Dans la pratique, les sciences expérimentales, pour lesquelles l'expérience est ainsi valorisée, trouvent des lignes de convergence avec les courants pédagogiques se réclamant des "méthodes actives" et se voulant inspirés du constructivisme piagétien (qui fonde la démarche des didacticiens des sciences).* » (Jaubert, 2007, p. 34-35).

expérience soient perçues comme les fondements de la connaissance scientifique. La méthode scientifique, considérée comme parfaitement rigoureuse et objective apparaît donc seule garante de la conquête du vrai. » (Jaubert, 2007, p. 35). De ce courant, nous reportons-nous d'ailleurs et le plus souvent à Bernard (1952), lequel eut notamment tenté de formuler l'esquisse d'une théorie générale des sciences de la vie. Une reconstruction de sa pensée, par la communauté scientifique, a en outre permis de caractériser et de décomposer la démarche expérimentale de façon plus que linéaire, et au travers de six grandes étapes où l'observation, alors envisagée comme un incontournable préalable, intervient de façon première. À la suite de quoi, arrive l'émission d'hypothèses, en cela l'émergence d'explications tout aussi cohérentes que plausibles lesquelles, éprouvées lors du passage à l'expérience, se voient ou non justifiées¹⁶², et ce de par l'interprétation des résultats apportés. Cependant, et comme a pu le montrer Grmek (1973), une telle démarche expérimentale n'est en réalité qu'un modèle d'exposition d'une activité de recherche –scientifique– achevée, réorganisée *a posteriori* et, pour finalement n'en communiquer que plus aisément les résultats ou, plus justement, sa conclusion. La démarche réellement mise en œuvre nécessite, on le sait, moult tâtonnements et retours en arrière ; en effet, comprenons bien qu'elle porte en elle-même « *la trace des expérimentations entreprises puis abandonnées, des résultats non retenus, des critiques, des réfutations ou des rebondissements, des questionnements, de la reprise de descriptions et de résultats d'expériences mises en œuvre dans le cadre de recherches différentes et qui sont reconsidérés d'un nouveau point de vue (Cantor, 1995).* » (Jaubert, 2007, p. 66). C'est pourquoi, et d'une telle « *vision empirico-réaliste dominante, les enseignants sont conduits à privilégier un enseignement assez transmissif et dogmatique. Ils dénaturent la démarche de résolution de problème de type hypothético-déductive au bénéfice d'une démarche purement linéaire résumée par A. Giordan dans l'acronyme OHERIC (Observation, Hypothèse, Expérimentation, Résultats, Interprétation, Conclusion) dans laquelle le statut épistémologique des élèves et le caractère construit et social du savoir scientifique sont largement ignorés. En effet, dans cette démarche où l'observation est première, l'ordre trouvé est censé préexister à l'humanité et n'est pas envisagé comme le produit d'une activité de création humaine.* » (Jaubert, 2007, p. 36). L'activité de recherche –scientifique, elle aussi, ne saurait être initiée par la seule observation (Jacob, 1970) qui, on le sait bien, suppose « *toujours une théorie : ce que nous voyons n'est pas seulement déterminé par les caractéristiques physiques de nos yeux et la scène observée mais par le paradigme dans lequel on travaille, qui suscite un type de questions, des indices de pertinence et des normes*

162 Dit autrement, l'expérience corrobore ou non l'hypothèse.

spécifiques. » (Jaubert, 2007, p. 67). C'est alors qu'il nous faut se rappeler que, loin de toute continuité, et du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, les savoirs scientifiques s'élaborent avant tout sur le mode de la rupture (Bachelard, 1953), de laquelle émane, plus qu'un état, un processus alors qualifié de rectification (Bachelard, 1949), et tant les connaissances communes dont nous disposons empêchent le cheminement de notre propre pensée : il s'agit là bien évidemment des obstacles épistémologiques (Bachelard, 1938/1986). De cela nous faut-il alors conclure, et comme nous avons déjà pu le faire ci-avant, à la dimension fondamentale de l'activité scientifique, et que l'on retrouve pleinement au travers des activités langagières et, en cela du travail intellectuel, le travail expérimental ayant, pour sa part, finalement plus à faire avec une quelconque capacité, en termes d'habileté donc, et d'un point de vue expérimental. En définitive et, au regard des thèses bachelardienne et popperienne, se voit ici « *rétablit la symétrie entre observation/expérience et le travail d'élaboration théorique.* » (Lhoste, 2008b, p. 10).

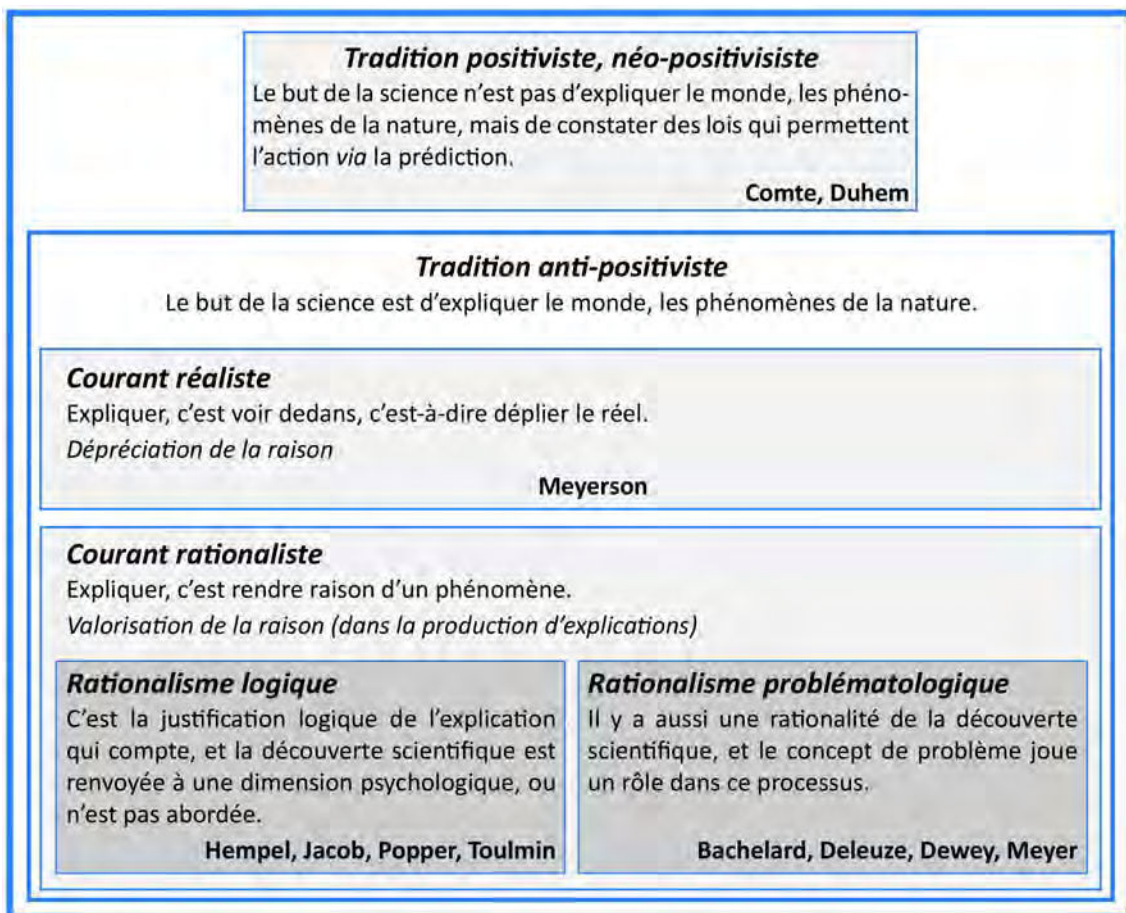
Enfin, et prenant quelque peu du recul, prendrons-nous l'initiative de rajouter que cette épistémologie rationaliste de l'activité scientifique s'inscrit plus largement dans une tradition anti-positiviste et qui, comme son nom l'indique, s'oppose à l'ancienne et désormais obsolète tradition positiviste, voire néo-positiviste : c'est alors qu'il n'est ici plus question d'expliquer le monde, les phénomènes de la nature, mais bien de déterminer ici ou là quelques régularités au sein même de ladite nature, et ce afin d'aboutir à diverses lois et théories, que l'on peut même qualifier de physiques. Nous retrouvons là la célèbre thèse comtienne qui base la science sur la prédiction, la prévoyance et, par conséquent, l'action. La tradition anti-positiviste eut alors à cœur de montrer que si l'action pouvait bel et bien être associée à la science, ce n'était que tel un moyen, et non une fin¹⁶³ en soi. Pour le courant réaliste d'abord, Meyerson (1921) affirme que non « *plus chez le savant que chez l'homme de sens commun, la loi ne suffit à expliquer le phénomène. Elle joue, certes, un rôle immense dans la science, puisqu'elle permet la prévision et, partant, l'action. Mais elle ne contente pas l'esprit qui cherche, au delà d'elle, une explication du phénomène.* » (Meyerson, 1921, p. 49). Pour le courant rationaliste ensuite, s'accorde-t-on sur l'idée que, fondamentalement, l'explication¹⁶⁴ reste le moteur, la motivation même de toute activité scientifique. C'est ainsi que notre « *découverte scientifique est, dans la majorité des cas – directement ou indirectement –, celle d'explications : la découverte de la structure en double hélice de l'ADN n'était pas une simple description de cette structure, mais*

163 Que représente donc le savoir scientifique.

164 Qui, il est vrai, revêt cependant des nuances de signification selon les auteurs convoqués.

une explication du pouvoir qu'a l'ADN d'être le porteur de » (Morange, 2005, p. 13-14) notre hérédité, c'est-à-dire de notre patrimoine génétique. Finalement, nous comprenons bien ici que la découverte scientifique reste avant tout associée au « plaisir d'avoir trouvé une explication pour des phénomènes restés jusqu'alors obscurs ; plaisir partagé par l'ensemble d'une communauté scientifique si l'explication était attendue depuis longtemps et se révèle particulièrement "simple et élégante". Il est d'avoir fait reculer les frontières de l'inconnu et d'avoir rendu le monde un peu plus rationnel. » (Morange, 2005, p. 14). Nous pouvons alors résumer notre propos au travers du présent champ épistémologique de l'explication (figure 3-11 ; Lhoste, 2008a, p. 22).

Figure 3-11. Champ épistémologique de l'explication (Lhoste, 2008a, p. 22)



Ainsi, le courant rationaliste se segmente-t-il en un rationalisme logique et un rationalisme problématologique, lesquels renvoient finalement, et comme nous le développerons ci-après, respectivement aux moments de la justification et de la recherche de l'explication en sciences.

3.2. De la diversité du registre empirique

La confrontation au réel, et comme on le pense aisément, paraît être chose inévitable lors de toute activité scientifique –aboutissant à la construction de problèmes scientifiques, cependant que de nombreux thèmes d'étude ayant trait au domaine des sciences de la vie et de la Terre possèdent cette singularité de se réclamer à la fois de travaux de laboratoire¹⁶⁵ et de travaux de terrain, aux fonctionnements naturellement dissemblables (Gould, 1991 ; Stengers, 1993). C'est pourquoi, et tout comme Orange et *al.* (1999), nous parlerons de “réel de terrain” en plus de “réel de laboratoire”, et puisque notre registre empirique ne peut bien évidemment pas se résumer à la seule expérience¹⁶⁶. Nous assistons là finalement à une diversification dudit registre empirique, laquelle nous conduit à envisager au plus important les relations entre registre empirique et registre du modèle [ou des modèles], entre faits constatables et idées explicatives, rejetant alors définitivement l'idée d'une démarche expérimentale stéréotypée (Bernard, 1952), et où l'expérimentation aurait une place à tout jamais définie. Aussi, et comme a pu le signaler en son temps Duhem (1906), toute investigation portant sur le registre empirique « *n'a pas uniquement pour fonction de sélectionner négativement les hypothèses et les modèles, comme le voudrait une vision purement réfutationniste : elle informe et nourrit les idées lors de la construction des problèmes.* » (Orange & *al.*, 1999, p. 109-110) ce qui, au final « *vient enrichir les contraintes empiriques, ce qui peut avoir comme conséquence de rendre non viables certains modèles (réfutation) ; mais aussi de développer de nouvelles nécessités ou de nouveaux possibles pour les modèles.* » (Orange & *al.*, 1999, p. 110).

3.2.1. Dans l'activité de recherche scientifique

Ici-même, nous appuyons-nous sur une interview, qui a notamment été le support de quelques travaux de recherches. Notre interviewé, chercheur¹⁶⁷ au CNRS et, par ailleurs

165 Et en cela les expériences.

166 Remarquons que, à l'image des sciences modernes, nous n'entrons pas ici dans la distinction terminologique qui oppose l'expérience à l'expérimentation, l'une naturelle et pratiquée *a priori*, l'autre artificielle et pratiquée *a posteriori* (Coquidé, 2000).

167 Et, plus précisément, géologue dans les domaines de la minéralogie et de la pétrologie. L'ensemble des travaux de « *recherches de Christian Chopin portent sur le métamorphisme très haute pression des massifs cristallins internes des Alpes. On peut dire, globalement, qu'il s'agit d'étudier l'histoire des roches de ces massifs et d'en retirer des indications sur l'histoire des Alpes d'une part et sur le fonctionnement d'un certain type de métamorphisme d'autre part.* » (Orange & *al.*, 1999, p. 111).

directeur de recherche, envisage pour sa part les relations entre les différents et multiples registres selon deux modes, avec (Orange & al., 1999) :

d'abord, le mode public, à savoir les articles spécialisés¹⁶⁸ qui débouchent nécessairement sur l'explicite construction du possible modèle et, par conséquent, du problème ;

ensuite, le mode privé, pour une part inconscient mais qui intervient pleinement, telles moult idées entrelacées, à la construction du problème, et dont on ne voit traces dans lesdits articles spécialisés. De cela, pouvons-nous rappeler encore que n'existe bien évidemment « *pas une méthode scientifique unique se traduisant par une succession figée d'étapes, où l'investigation empirique, par exemple, ne servirait qu'à mettre à l'épreuve des hypothèses clairement formulées, mais une mise en relation de méthodes diverses pour aboutir à la construction et à la résolution des problèmes scientifiques. La double référence empirique, terrain/laboratoire, ne fait qu'accentuer cela. Beaucoup de choses se jouent en fait entre le P (problème) et le H (hypothèse) d'une simpliste démarche PHERIC, où interviennent "l'art", l'imagination, les essais divers.* » (Orange & al., 1999, p. 115).

Dans un premier temps, et pour ce qui est du “réel de laboratoire”, notre chercheur relève les nécessaires connaissances pratiques¹⁶⁹ (Barbier, 1996/1998 ; Delbos & Jorion, 1984/1990 ; Vergnaud, 1995) que requière tout travail expérimental, avec l'idée d'une kyrielle de problèmes pratiques, et qui se posent en arrière-plan des problèmes explicatifs dont l'intérêt reste premier. Bien que mené par son propre projet explicatif, il apparaît dans un second temps, et pour ce qui est du “réel de terrain”, une capacité à apprécier, à appréhender le fait constatable et qui équivaut, pour l'essentiel, à des connaissances qui ne se prêtent que trop peu à l'explicitation, et donc à l'enseignement. Ce qui, finalement, amènent Orange et al. (1999) à souligner le temps nécessaire, plusieurs années sans doute, avant la pleine maîtrise du “réel de laboratoire” et du “réel de terrain” pour le chercheur ; remarque d'importance et s'il en est dont il serait bon de tenir compte en vue d'une “transposition didactique”, et à l'apprenant de ce même travail expérimental.

Nota bene : ajoutons que nos propres travaux de recherches dans le domaine de la biologie

168 Mais également les colloques, séminaires et conférences de presse.

169 Qui « *ne sont pas uniquement des connaissances de bas niveau (habiletés, reconnaissances ponctuelles) mais aussi des connaissances expertes, difficilement explicites, que le scientifique utilise pour construire un registre empirique s'articulant avec ses modèles explicatifs.* » (Orange & al., 1999, p. 127).

(Beuve, 2006 ; Beuve & *al.*, 2006) s'inscrivent à plein dans ce qui vient d'être dit et exposé ci-avant.

3.2.2. Dans l'activité d'apprentissage scientifique

Globalement, et selon Orange et *al.* (1999), il apparaît trop souvent et pour l'apprenant une gêne majeure à repérer sur le “réel de terrain” des contraintes empiriques, à y prélever des informations et ce, en vue de la construction d'un possible modèle et, par conséquent, d'un problème : les données abstraites et qui sont issues de l'expérimentation, et par conséquent du “réel de laboratoire”, semblent alors préférées de l'apprenant (Latour & Woolgar, 1988). Tout au plus l'observation du réel semble-t-elle guidée par quelque'idée initiale et qui, malgré tout, s'habille de vertus explicatives. Se fait alors sentir l'autorité du registre du modèle [ou des modèles] sur le registre empirique¹⁷⁰, et qui condamne d'avance toute réelle activité scientifique. Finalement, retrouvons-nous ici l'idée que toute « *maîtrise du terrain demande des connaissances, en particulier de type “pratique”, que les élèves ne peuvent ni acquérir en classe, ni construire rapidement au cours de la sortie ; c'est particulièrement vrai pour tout ce qui conduit à faire des choix et à se fixer sur un fait pertinent. Cela explique leur fuite vers les modèles “clés-en-main” et les données “prémâchées”. Cela a pour conséquences qu'ils ne peuvent pas assurer la mise en tension des deux registres. Il est donc nécessaire, dans les confrontations au réel de terrain, de penser des aides (outils et/ou médiation par le professeur) qui guident les élèves vers des cas précis, mais qui leur permettent aussi une vraie implication dans des problèmes d'articulation registre des modèles/registre empirique. Tout comme le débat dans la classe est essentiel pour discuter des modèles possibles et identifier certaines contraintes, le débat sur le terrain doit intervenir lui aussi* » (Orange & *al.*, 1999, p. 122). Néanmoins, et comme ont pu le montrer Orange et *al.* (1999), une pratique de terrain intervenant à l'initiale d'un quelconque projet d'enseignement-apprentissage semble plus féconde, et donc plus judicieuse ; à cela devons-nous reconnaître qu'elle permet manifestement et dans l'intérêt de tous « *de donner à la classe un fonds commun de références empiriques pour parcourir les deux dimensions de cette construction : l'exploration des possibles et l'identification des contraintes.* » (Orange & *al.*, 1999, p. 126).

170 Et, plus particulièrement, sur le “réel de terrain”.

3.3. De la diversité des investigations empiriques

S'appuyant sur la problématique de recherche que nous venons d'évoquer, à savoir le travail de la question du "réel de terrain" et du "réel de laboratoire", comme de quelques autres témoignages, et nous pensons là à l'emblématique Jacob¹⁷¹ (annexe 3-2), Orange (2000, 2003) parvient, en se focalisant d'abord sur l'activité de recherche scientifique, à distinguer au mieux l'emploi qu'il peut être fait de nos investigations empiriques, et notamment lorsqu'elles interagissent, ou pas, avec le primordial registre du modèle [ou des modèles] et, en cela, la construction du problème. Ajoutons néanmoins que, loin de vouloir cloisonner les différentes formes d'investigations empiriques, il s'agit là plutôt de pôles que l'on tente de définir, et qui ne s'impliquent pas pareillement dans l'accès au très convoité savoir scientifique.

3.3.1. Première fonction des investigations empiriques : la mise à l'épreuve d'un modèle

Se basant pleinement sur la thèse popperienne de la falsification, les investigations empiriques sont, dans le cas le plus ordinaire, organisées en vue de la mise à l'épreuve d'une hypothèse mûrement réfléchie, en d'autres termes, d'un modèle. Il s'agit là, et pour rappel, du prototype de la démarche expérimentale, et que l'on associe d'ailleurs trop volontiers à la pensée de Bernard (1952) ; aussi, retrouvons-nous finalement là la forme même de toute communication formelle qui, nous le développerons ci-après, vise à justifier une explication scientifique un temps plus tôt recherchée. Comprendons bien que, dans un tel cas de figure, nous assistons à la mise en relation du registre empirique sur le registre du modèle [ou des modèles] après¹⁷², mais non durant le cœur même du processus de la problématisation, et que représente la construction du problème en sciences : en effet, le modèle travaillé, et qui est ici testé, est alors pleinement explicité avant que n'agissent sur lui les investigations empiriques, soit en tout, soit en rien.

Nota bene : d'un autre cas de figure, assez proche, et bien que contesté par Duhem (1906), et quand les investigations empiriques permettent d'arbitrer, de discriminer un modèle vis-à-vis d'un autre.

171 François Jacob, né le 17 juin 1920 à Nancy et mort à Paris le 20 avril 2013, est un chercheur en biologie français. En 1965, il est récompensé du prix Nobel de physiologie ou médecine. Il est chancelier de l'Ordre de la Libération de 2007 à 2011.

172 Voire avant, si le modèle en jeu ne résiste pas aux tests de falsification, de réfutation.

3.3.2. Deuxième fonction des investigations empiriques : la mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques

Moins évidente peut-être, la mise en relation du registre empirique sur le registre du modèle [ou des modèles] se veut ici quelque peu plus complexe, et ce en raison d'un dynamisme certain : à présent, les investigations empiriques abordent et travaillent le réel avant même que le modèle travaillé ne soit totalement explicité ; finalement, nous nous retrouvons là au cœur même du schéma de l'activité scientifique (figure 3-8 ; Orange, (2003), p. 4) de notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation, et où l'on envisage un va-et-vient permanent entre le monde des faits constatables (expérimentation & observation, vécu) et le monde des idées explicatives (modèles), l'identification et la mise en concordance, en relation, en tension de ces deux registres aboutissant à la construction de problèmes scientifiques. Pour le domaine des sciences de la vie, nous appuierons-nous sur la découverte du phénomène dit de l'induction zygotique¹⁷³ –après conjugaison d'une bactérie mâle lysogène avec une bactérie femelle non lysogène, où l'on retrouve pleinement cette démarche, de ces quelques expériences “pour voir” (Bernard, 1952), de ces quelques tentatives “pour voir” (Jacob, 1987), et qui viennent se loger à tel ou tel moment de la recherche du modèle travaillé. C'est ainsi que Jacob (1987) relate que lors de « *l'expérience de la veille, nous avons refait, une fois de plus, la série des croisements entre lysogènes et non-lysogènes. Mais nous y avons ajouté un élément nouveau : outre les recombinants, nous avons suivi le comportement du prophage, convaincus par ailleurs qu'il ne se passerait rien de ce côté. D'où la surprise à la vue des nombreuses plages de phages, là où on n'en attendait guère. D'où aussi la satisfaction de trouver enfin une explication au mystère. Car le virus se multipliait chaque fois que le chromosome d'un mâle hébergeant un prophage était transféré à une femelle qui n'en avait pas. Rien de semblable ne se produisait dans le croisement réciproque. D'où enfin une explication à ce qui, jusque-là, était resté incompréhensible : si l'on ne trouvait pas de prophage chez les recombinants formés dans le premier croisement, c'est que, dans ce croisement, le prophage se développait et tuait les recombinants où il aurait dû se trouver !* » (Jacob, 1987, p. 308). Pour le domaine des sciences de la Terre, et lorsqu'il est par exemple question de découvrir l'histoire d'une roche, d'un point de vue métamorphique

¹⁷³ Qui correspond, pour rappel, à l'entrée du prophage dans un cycle lytique. Remarquons d'ailleurs que l'expression d'induction zygotique, propre au moment de la justification de l'explication, a été préférée à l'expression d'induction érotique, propre au moment de la recherche de l'explication (Jacob, 1987).

s'entend, des travaux visant à analyser texturalement une lame mince s'inscrivent là encore dans cette confrontation¹⁷⁴, ce va-et-vient de données empiriques et de données sur le modèle [ou les modèles], de faits constatables et d'idées explicatives. Clairement, cette mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques se revendique d'une "science de nuit" (Jacob, 1987) qui « *hésite, trébuche, recule, transpire, se réveille en sursaut. Doutant de tout, elle se cherche, s'interroge, se reprend sans cesse. C'est une sorte d'atelier du possible où s'élabore ce qui deviendra le matériau de la science. Où les hypothèses restent sous forme de pressentiments vagues, de sensations brumeuses. Où les phénomènes ne sont encore qu'événements solitaires sans lien entre eux. Où les projets d'expérience ont à peine pris corps. Où la pensée chemine à travers des voies sinueuses, des ruelles tortueuses, le plus souvent sans issue. A la merci du hasard, l'esprit s'agite dans un labyrinthe, sous un déluge de messages, en quête d'un signe, d'un clin d'œil, d'un rapprochement imprévu. Comme un prisonnier dans sa cellule, il tourne en rond, cherche une issue, une lueur. Sans s'arrêter, il passe de l'espoir à la déconvenue, de l'exaltation à la mélancolie. Rien ne permet de dire que la science de nuit passera jamais au stade de jour. Que le prisonnier sortira de l'ombre. Si cela survient, c'est de manière fortuite, comme un caprice. A l'improviste, comme une génération spontanée. N'importe où, n'importe quand, comme la foudre. Ce qui guide l'esprit alors, ce n'est pas la logique. C'est l'instinct, l'intuition. C'est le besoin d'y voir clair. C'est l'acharnement à vivre. Dans l'interminable dialogue intérieur, parmi les innombrables suppositions, rapprochements, combinaisons, associations qui sans cesse traversent l'esprit, un trait de feu parfois déchire l'obscurité. Éclaire soudain le paysage d'une lumière aveuglante, terrifiante, plus forte que mille soleils. Après le premier choc commence un dur combat avec les habitudes de pensée. Un conflit avec l'univers de concepts qui règle nos raisonnements. Rien encore n'autorise à dire si l'hypothèse nouvelle dépassera sa forme première d'ébauche grossière pour s'affiner, se perfectionner. Si elle soutiendra l'épreuve de la logique. Si elle sera admise dans la science de jour.* » (Jacob, 1987, p. 330-331). Ainsi, on le voit bien, se trouve ici pleinement mis au travail, et du rôle présentement attribué aux investigations empiriques, l'articulation possible de l'investigation à la problématisation, notamment souhaitée lors de la première formulation de la question de recherche ; en somme, d'une investigation qui ne se limite pas à l'investigation mais qui permette en sus une activité de problématisation.

174 Qui, comprenons-le bien, est totalement implicite.

3.3.3. Troisième fonction des investigations empiriques : “l’instanciation” des modèles

Fortement orienté par le modèle travaillé, il ne s'agit là ni plus ni moins que d'informations que l'on prend seulement sur notre registre empirique ; en d'autres termes, les investigations empiriques ambitionnent ici d'affiner, de préciser un modèle qu'il ne s'agit pas, en l'état actuel des choses, de remettre en cause. Les exemples sont d'ailleurs nombreux et, si l'on en reste au domaine des sciences de la Terre, pourrions-nous rapporter pour le “réel de terrain”, les travaux visant à localiser un contact, à mesurer le pendage de telle ou telle couche / structure géologique... et, pour le “réel de laboratoire”, les travaux visant à caractériser le domaine de stabilité de tel ou tel minéral... En somme, et plus que de réellement le construire, de telles investigations empiriques permettent d'achever la résolution du problème en jeu, et lorsqu'elles apportent moult précisions au modèle travaillé, et à sa structure même, le rendant ainsi et au final plus opérationnel. Gardons cependant à l'esprit que nous conservons bien là la mise en relation du registre empirique sur le registre du modèle [ou des modèles].

3.3.4. Quatrième fonction des investigations empiriques : les expériences ou les relevés descriptifs

Bien que s'inscrivant nécessairement et au sens large dans un quelconque paradigme, les investigations empiriques ici mobilisées n'ont en rien l'intention d'expliquer quelque phénomène que ce soit ; ou d'un certain éloignement d'avec l'explication, la modélisation, à court et / ou moyen termes tout du moins. Qu'il s'agisse de travaux visant à établir une carte génétique pour un être vivant et, par conséquent pour le domaine des sciences de la vie, ou de travaux visant à caractériser un domaine de stabilité pour un minéral et, par conséquent pour le domaine des sciences de la Terre, l'on retrouve la possibilité de devoir exécuter telles ou telles investigations empiriques qui, sur le moment, tournent pour ainsi dire à vide, et puisqu'elles n'ambitionnent même pas l'affinage, la précision d'un modèle, par essence lié à un projet explicatif. En revanche, de telles investigations empiriques, et puisqu'elles enrichissent le registre empirique, pourront le temps venu s'articuler sur le registre du modèle [ou des modèles], et par là même rendre possible le travail de problèmes scientifiques à venir, d'où son intérêt.

Passée l'explicitation du lien entre les problèmes et les expériences dans les activités scientifiques, et notamment de la question de la diversité des investigations empiriques, nous allons pouvoir à présent développer notre conclusion et seconde formulation de la question de recherche.

4. Conclusion et seconde formulation de la question de recherche

Au terme de ce troisième chapitre, nous a-t-il été permis de faire le point sur le cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, et plus précisément dans le domaine des sciences de la vie¹⁷⁵. S'inscrivant à plein dans le cadre d'une épistémologie rationaliste de l'activité scientifique, un tel cadre de pensée insiste alors et ô combien sur l'importance de la construction du problème, et donc du débat scientifique, comme de la particularité des problèmes et de la problématisation scientifiques, à savoir leur apodicticité et ce qui, au final, permet de mieux comprendre le lien entre problématisation et conceptualisation scientifiques (Orange, 2005a). De cela, s'ensuit une représentation du produit de l'activité de problématisation scientifique, et que l'on retrouve au travers des “espaces contraintes et nécessités”, sorte de modélisation de l'activité en jeu et qui tente de rendre compte du double dédoublement (Bachelard, 1949 ; Dewey, 1967/1993) à l'œuvre lors de la construction du problème. Reste cependant, comme le rappelle Fabre (2005a, 2005b, 2009), que la problématisation reste un processus aux multiples dimensions, et dont la phase de résolution¹⁷⁶ ne saurait être délaissée, évacuée ou mise de côté. À cette articulation souhaitée de la construction à la résolution du problème scientifique, les investigations empiriques ont, et c'est l'hypothèse de travail que nous faisons, pour sûr un rôle à jouer et qu'il s'agira de déterminer dans l'activité d'apprentissage scientifique, à l'appui, entre autres, du travail mené sur ce thème même et dans l'activité de recherche scientifique par Orange (2000, 2003) et Orange et *al.* (1999). C'est alors pour nous l'occasion de bien comprendre que « *l'apprentissage et l'enseignement scientifique selon la construction de problèmes nécessite de renoncer à toute démarche stéréotypée au profit d'une interaction permanente entre problématisation et investigations empiriques, sous toutes leurs formes (observation, expérimentation, documentation). Les rôles des investigations empiriques deviennent ainsi plus* » (Orange, 2002a, p. 40) diversifiés et c'est d'ailleurs sur ce point, précisément, sur la fonction didactique du moment que représentent les investigations empiriques au sein d'un quelconque projet d'enseignement-apprentissage en sciences que, selon Lhoste (2008a), les “nécessités empiriques”, de par leur lien avec l'expérimental, pourraient apporter une solution épistémologique satisfaisante à notre problématique de recherche, et ce qu'assurément nous tenterons d'intégrer. Retenons enfin les quelques conséquences de notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation, et quant à l'intérêt que nous pouvons apporter aux

175 Voire de la Terre, au regard des quelques exemples mobilisés ci-avant.

176 Tout comme la phase de position, mais il ne s'agit là pas de notre problématique de recherche.

investigations empiriques, avec (Orange, 2000, 2003) :

une conséquence sur l'intérêt même du registre empirique, et de son organisation, puisque le phénomène, voire les phénomènes objectivés sont fortement liés à l'effort explicatif, et par conséquent modélisant, que supporte le registre du modèle [ou des modèles], et lorsqu'il est question de la construction du problème ;

une conséquence sur l'intérêt même du registre du modèle [ou des modèles], puisque les explications modélisantes sont nécessairement associées aux différents repères que constituent le registre empirique, et de son évolution ;

une conséquence sur le déroulement même de tout dispositif didactique scientifique qui, plus que de s'envisager telle une succession d'étapes isolées les unes des autres, avec pour l'une d'elles l'expérimentation¹⁷⁷, doit nécessairement être vu au travers du prisme de la mise en relation du registre empirique sur le registre du modèle [ou des modèles].

De tout cela, et après l'avoir développée dans l'activité de recherche scientifique, pouvons-nous rajouter enfin qu'il existe didactiquement, c'est-à-dire au niveau de l'activité d'apprentissage scientifique, une certaine diversité des pratiques expérimentales (tableau 3-2 ; d'après Coquidé, 1998, 2000).

Tableau 3-2a. Diversité des pratiques expérimentales : le mode de familiarisation pratique¹⁷⁸, ou l'expérience-action (d'après Coquidé, 1998, 2000)

| | |
|--|--|
| Contexte | Soit initiation scientifique, soit abord d'un nouveau sujet étude. |
| Buts | Familiariser l'apprenant avec des objets, des phénomènes ; développer un questionnement scientifique ; faire progresser un savoir-faire préalable, faire s'approprier des techniques d'investigation ; constituer un référent empirique. |
| Nature du dispositif pour l'apprenant | Exploration empirique et contrôle des actions. |
| Priorité de guidage de l'enseignant | Proposer des situations variées et diversifiées, initier une articulation entre le réel et l'abstraction, |

¹⁷⁷ Que Develay (1989) distingue d'ailleurs de l'expérience et de la manipulation, et lorsqu'il discute justement la méthode expérimentale (qu'il distingue par ailleurs là encore de la démarche expérimentale), et que l'on pourrait alors résumer au travers de l'acronyme PHERIC, qui s'oppose ainsi faussement à l'acronyme OHERIC ; assez proche du modèle PHERIC, et s'opposant toujours au modèle OHERIC, Clément (1998) propose quant à lui le modèle THEORIC.

¹⁷⁸ Que, d'une certaine façon et de par la référence aux activités, l'on peut mettre en relation avec notre registre empirique (Coquidé, 2000 ; Coquidé, Bourgeois-Victor & Desbeaux-Salviat, 1999).

| | |
|--|--|
| | favoriser les comparaisons, les confrontations multiples, relancer le questionnement, introduire le doute, aider à reformuler, favoriser un apprentissage technique. |
|--|--|

Tableau 3-2b. Diversité des pratiques expérimentales : le mode d'investigation empirique¹⁷⁹, ou l'expérience-objet (d'après Coquidé, 1998, 2000)

| | |
|--|---|
| Contexte | Pratiques d'investigation, recherche problématisée. |
| Buts | Initier à des démarches scientifiques, utiliser des techniques d'investigation. |
| Nature du dispositif pour l'apprenant | Mise en œuvre, en tout ou en partie, d'une réelle démarche d'investigation (recherche bibliographique, problématisation, investigation dont expérimentation, conception et réalisation de protocoles, communication, discussion) ; réalisation d'un mini projet. |
| Priorité de guidage de l'enseignant | Aider à problématiser ou à émettre un projet, favoriser la mise en œuvre des investigations, favoriser la rigueur dans la démarche de validation des apprenants, favoriser les confrontations multiples, favoriser la réflexion des apprenants sur les démarches et les raisonnements qu'ils suivent. |

Tableau 3-2c. Diversité des pratiques expérimentales : le mode d'élaboration théorique¹⁸⁰, ou l'expérience-outil (d'après Coquidé, 1998, 2000)

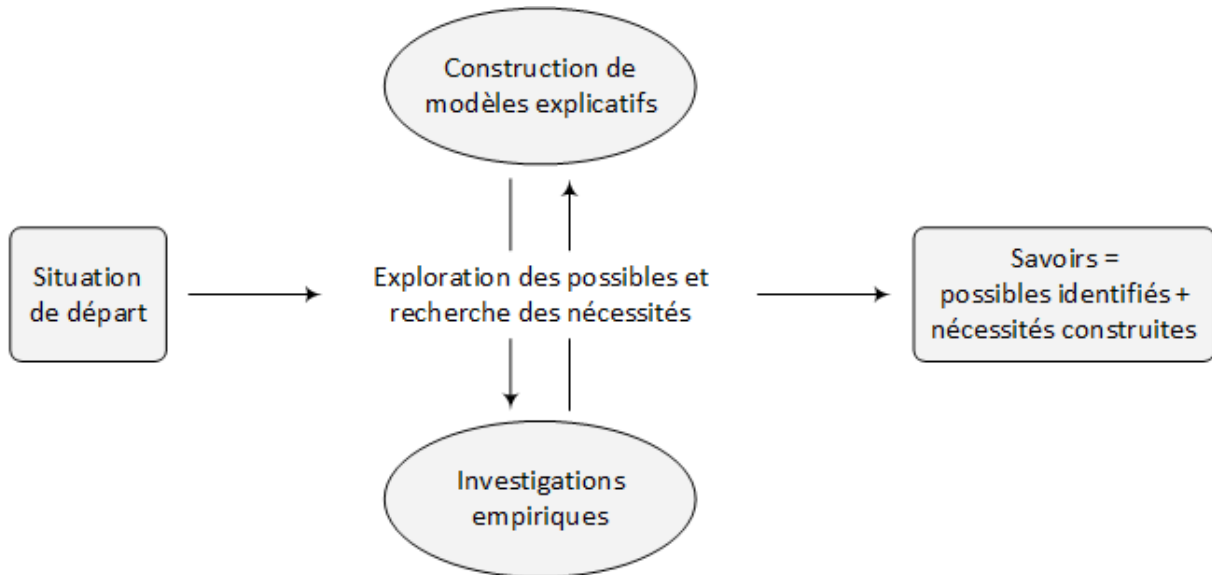
| | |
|--|--|
| Contexte | Élaboration conceptuelle ou modélisante. |
| Buts | Participer à la construction de concepts et à l'élaboration de modèles scientifiques (élaboration et application) ; élargir le référent empirique. |
| Nature du dispositif pour l'apprenant | Sollicitation d'aller et retour entre registre empirique et conceptualisation. |
| Priorité de guidage de l'enseignant | Proposer des activités dans les domaines de validité des constructions théoriques qui doivent être explorés pour en éprouver la pertinence. |

Pour finir, et en accord avec notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation, pouvons-nous et de façon utile présenter une interprétation possible et délinéarisée de la démarche d'investigation (figure 3-12 ; Orange, 2012, p. 127), et quand elle est inspirée d'une épistémologie rationaliste de l'activité scientifique.

179 Que, d'une certaine façon et de par la référence aux démarches, l'on peut mettre en relation avec notre registre explicatif (Coquidé, 2000 ; Coquidé, Bourgeois-Victor & Desbeaux-Salviat, 1999).

180 Que, d'une certaine façon et de par la référence aux concepts, l'on peut mettre en relation avec notre registre du modèle [ou des modèles] (Coquidé, 2000 ; Coquidé, Bourgeois-Victor & Desbeaux-Salviat, 1999).

Figure 3-12. Interprétation possible et délinéarisée de la démarche d'investigation (Orange, 2012, p. 127)



Ici-même, les investigations empiriques ne sont donc pas seulement le moyen d'apporter une réponse à une question, à une hypothèse mûrement réfléchie, en d'autres termes, d'un modèle, et comme le veut la première fonction des investigations empiriques, à savoir la mise à l'épreuve d'un modèle (Orange, 2000, 2003). Plus que cela, elles participent elles-mêmes à la construction de ce modèle, c'est-à-dire de ce problème, et comme le veut la deuxième fonction des investigations empiriques, à savoir la mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003).

SECONDE FORMULATION DE LA QUESTION DE RECHERCHE

La première formulation de la question de recherche a fait l'hypothèse de la pertinence du modèle d'«investigation-structuration» et, par conséquent, de l'organisation de moments structurants au cours de séquences d'enseignement-apprentissage, en vue de l'articulation de l'investigation à la problématisation. Ayant maintenant précisé en quoi la problématisation scientifique se distingue de toute autre, à la fois dans ses rapports entre problèmes et savoirs, problèmes et modèles, problèmes et expériences... nous sommes à même de présenter une nouvelle et seconde formulation de la question de recherche.

La deuxième fonction des investigations empiriques, à savoir la mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003), serait la mieux à même de rendre possible l'articulation de l'investigation à la problématisation et, finalement, l'articulation de la construction à la résolution du problème scientifique en jeu.

Chapitre 4. Problématisation scientifique et activités langagières

Introduction

Passée la présentation lors du chapitre précédent de la construction du problème en sciences et, lorsqu'il est question de la représenter, de la schématiser, des "espaces de contraintes" depuis repensés en "espaces contraintes et nécessités", il nous faut maintenant revenir au rôle que peuvent occuper les activités langagières lors de toute activité de problématisation, et de par les (très) nombreux échanges langagiers que nous serons amenés à analyser. Ce dernier point a, certes, déjà été évoqué dans les rapports qu'entretiennent les problèmes et les savoirs dans les activités scientifiques. Mais il nous faut aller plus loin, et préciser en quoi la problématisation scientifique rejoint la conceptualisation scientifique par le biais des activités langagières.

Pour ce faire, nous tenterons dans une première partie de mettre à jour la relation fondamentale qui unit la communication informelle à la recherche¹⁸¹ de l'explication, et la communication formelle à la justification¹⁸² de l'explication, communications informelle et formelle sur lesquelles nous reviendrons dans une deuxième partie, pour l'essentiel à l'appui de la thèse bakhtinienne. Nous indiquerons alors en quoi le langage, telle une activité consubstantielle de l'activité scientifique, participe à la construction de savoirs scientifiques. En effet, s'appuyant sur la notion de dialogisme d'abord, et la notion de genres du discours ensuite, nous montrerons que la mise en texte du savoir, qui implique de passer de la recherche à la justification de l'explication, nécessite une certaine réorganisation de l'action, et donc du discours. Ce faisant, et après nous être intéressés au rôle du langage dans les activités scientifiques, nous déplacerons par la suite notre intérêt sur le rôle du langage dans les apprentissages scientifiques que nous présenterons dans une troisième partie. Ce sera alors l'occasion de revisiter cette fois la thèse vygotskienne, et de tous ses grands classiques, que nous ne manquerons bien évidemment pas de mobiliser ultérieurement, lors de l'analyse de nos deux recueils de données. Ainsi le modèle socio-constructiviste sera-t-il mis en regard du modèle constructiviste, notamment développé dans le chapitre 1, tout comme les concepts quotidien et scientifique seront mis en regard des apprentissages incident et intentionnel,

181 Que, lors du chapitre précédent, nous avons volontiers associé à l'esprit déductif et, par voie de conséquence, à une épistémologie rationaliste de l'activité scientifique : il s'agit là du mode privé discuté par Orange et *al.* (1999), voire de la "science de nuit" qui, selon Latour et Woolgar (1988), use de l'analogie.

182 Que, lors du chapitre précédent, nous avons volontiers associé à l'esprit inductif et, par voie de conséquence, à une épistémologie empiriste de l'activité scientifique : il s'agit là du mode public discuté par Orange et *al.* (1999), voire de la "science de jour" qui, selon Latour et Woolgar (1988), use de la logique.

notamment développés dans le chapitre 2 : de là travaillerons-nous la dialectique d'une rupture épistémologique, notamment développée dans le chapitre 3, et d'une continuité psychologique, dialectique de laquelle découlent les concepts bien connus de zone prochaine et de niveau présent de développement, mais également de fonctions interpsychique et intrapsychique.

Suivant Jacob (1987) et la distinction qu'il opère dans la science qui se fait, à savoir une "science de nuit" et une "science de jour" (Jacob, 1987), allons-nous à présent nous intéresser à ce qui permet le passage de l'une à l'autre, au regard de leurs caractéristiques propres, et d'un point de vue langagier. Rappelons en effet que pour l'intéressé, et des « *trois ou quatre années passées à l'étude de la conjugaison bactérienne, l'induction érotique, le coitus interruptus, c'était une période de jubilation. Une période d'excitation et d'euphorie. Mais le souvenir s'en est figé. Il a cristallisé dans les articles et les comptes rendus, les résumés et les conférences. Il s'est dépouillé, desséché en une histoire trop répétée, trop mise en forme. Une histoire devenue si logique, si raisonnable qu'elle a perdu toute chaleur. Qu'elle ne traduit plus le bruit et la fureur de la recherche quotidienne. Ce qui lui donnait vie a été avalé par le temps. Disparus les essais avortés, les expériences ratées, les bégaiements, les tentatives stupides. Oubliés les raisonnements faux, les hésitations, les coups d'épée dans l'eau, les fausses joies, les accès de rage, contre soi ou contre les autres. Évanouies les heures passées à compter les colonies, les inquiétudes, les incertitudes, les attentes interminables. Tout est devenu lisse et poli. Une belle histoire, bien nette, avec un début, un milieu et une fin. Des expériences bien huilées, bien articulées, bien rangées l'une derrière l'autre, menant sans faille, sans hésitation, au long d'une argumentation sans fissure, à une vérité bien établie. Celle qu'on retrouve dans les traités de génétique.* » (Jacob, 1987, p. 313-314) ou, plus généralement, de sciences.

1. De la recherche à la justification de l'explication : la mise en texte du savoir au laboratoire

1.1. Le langage au sein de l'activité scientifique

Puisque d'origine humaine, l'activité scientifique est et demeure nécessairement une activité parlante (Lévy-Leblond, 1996) ; de cela, pouvons-nous alors distinguer, et pour les diverses fonctions du langage dans l'activité scientifique professionnelle, ce qui d'une part relève d'une communication écrite ou d'une communication orale, et d'autre part relève d'un usage externe ou d'un usage interne (tableau 4-1 ; Lévy-Leblond, 1996, p. 235).

Tableau 4-1. Diverses fonctions du langage dans l'activité scientifique professionnelle (Lévy-Leblond, 1996, p. 235)

| | Communication informelle | Communication institutionnelle | Communication publique |
|----------------------|--|---|------------------------------------|
| Communication écrite | Cahiers de laboratoire, courrier (et Internet), etc. | Articles spécialisés (publications primaires) | Vulgarisation (livres, presse) |
| Communication orale | Discussions de travail, échanges (téléphone) | Colloques, séminaires, conférences de presse | Enseignement, médias (radio, télé) |

En tant que communication écrite à usage interne, l'on reconnaîtra aisément les fameux écrits de travail¹⁸³ (Chabanne & Bucheton, 2002), encore appelés, mais plus particulièrement dans le champ de la didactique, écrits instrumentaux¹⁸⁴ (Vérin, 1988). Remarquons également, et comme le fait Jaubert (2000), le double bouclage en retour que l'on observe de la communication informelle aux communications institutionnelle et publique : à court et moyen termes d'abord, lorsque la communication institutionnelle rétroagit sur la communication informelle, à long terme ensuite¹⁸⁵, lorsque la communication publique rétroagit sur la communication informelle ; en somme, nous faut-il comprendre que les productions langagières à usage interne influent, et plus encore, donnent naissance même aux productions langagières à usage externe¹⁸⁶, lesquelles agissent en retour sur lesdites productions langagières à usage interne, lorsqu'elles orientent notamment les recherches futures.

Allant plus loin, mais en se cantonnant à la communication écrite, Yore et *al.* (2006) sont parvenus, après moult entretiens¹⁸⁷, à chiffrer la fréquence de production de tel ou tel type d'écrit, lors d'une activité scientifique (tableau 4-2 ; Yore & *al.*, 2006, p. 114).

Tableau 4-2. Frequency of use for different types of writing: American and Canadian university scientists and engineers ($N = 36$) (Yore & *al.*, 2006, p. 114)

183 Lesquels ont, pour Chabanne et Bucheton (2002), vocation « à accompagner et stimuler l'activité réflexive au cours de tâches de collecte ou de rappel d'information, de (re)formulation immédiate d'une leçon, d'ébauche d'un projet narratif ou explicatif, etc. » (Chabanne & Bucheton, 2002, p. 26).

184 En effet, Vérin (1988) propose, au regard d'une pédagogie qui se réfère au modèle constructiviste, une certaine classification des différents types d'écrits en sciences, et en milieu scolaire : sont ainsi distingués les écrits expositifs, pour autrui, des écrits instrumentaux, pour soi, lesquels « accompagnent l'activité d'un élève ou d'un groupe qui cherche à apprendre : ils sont élaborés pour l'usage de l'auteur lui-même avant tout. Ils obéissent à une logique de la découverte. » (Vérin, 1988, p. 20).

185 Où l'on observe un enracinement de « la communication informelle dans la communication publique : c'est bien hors du laboratoire, dans l'enseignement et la vulgarisation, que se forment d'abord les connaissances et les compétences des chercheurs, et donc leurs modes de discours et d'échange. » (Lévy-Leblond, 1996, p. 237).

186 Qu'il s'agisse de la communication institutionnelle, d'abord, ou de la communication publique, ensuite.

187 Auprès de scientifiques américains (Canada & États-Unis d'Amérique).

| Writing type | Frequency 1 (%) | Frequency 2 (%) | Frequency 3 (%) | Frequency 4 (%) | Frequency 5 (%) |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Journal articles (own research or review articles) | 37.3 | 33.0*** | 13.2 | 9.9 | 6.6 |
| Lecture notes (handouts or Web) | 17.2 | 5.7 | 14.3*** | 51.4 | 11.4 |
| Grants (peer-reviewed versus private foundation) | 20.4 | 55.5** | 20.4* | 3.7 | 0.0 |
| Reports (research summaries, etc.) | 40.0 | 40.0*** | 17.1 | 2.9 | 0.0 |
| Posters | 17.2 | 71.4*** | 5.7 | 5.7 | 0.0 |
| Abstracts | 11.4 | 48.6** | 31.4* | 5.7 | 2.9 |
| Editorials, letters-to-the-editor of science journals | 71.4*** | 22.9 | 5.7 | 0.0 | 0.0 |
| Seminars/talks | 2.9 | 45.7 | 42.8*** | 8.6 | 0.0 |
| Letters-to-the-editor of newspapers (general interest) | 82.4** | 17.6* | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Essays/short articles (science or non-science publication) | 54.3 | 37.1** | 8.6* | 0.0 | 0.0 |
| Laboratory notebooks/field notebooks | 20.6* | 23.5 | 23.5 | 14.7 | 17.1** |
| Personal use to help understand your research | 22.6 | 15.1 | 20.8 | 11.3 | 30.2*** |

Notes. Frequency 1 = *Never used*; frequency 2 = *Infrequently used* (a few times each year); frequency 3 = *Occasionally used* (several times per month); frequency 4 = *Frequently used* (several times per week); frequency 5 = *Daily*. *Andrew, **Terry, and ***both Andrew and Terry-indicating the response patterns for the two scientists.

De cela, il ressort d'abord nettement que, moins l'écrit est formel, et plus il est utilisé par le chercheur au laboratoire : ainsi, nous affirmons que « *le rôle de la langue dans la science ne peut aucunement se limiter à la "communication" de "résultats"*. » (Lévy-Leblond, 1996, p. 229) qui, finalement, n'est que la partie émergée de l'iceberg de l'activité scientifique. Ensuite, mais cela n'est en rien surprenant, pouvons-nous souligner la forme, la structure des différents types d'écrits, qui est d'autant plus contrainte que l'on se rapproche des communications institutionnelle et publique, en somme, de la communication formelle ; puisque la fonction change, la forme change, naturellement. Enfin, mais nous détachant de la présente analyse des différents types d'écrits, pouvons-nous avancer, toujours à l'appui de Yore et *al.* (2006), la prépondérance de la communication écrite, et vis-à-vis de la communication orale, lors de toute activité scientifique, ce qui conduit alors Rey (2002) à avancer que nos « *savoirs scientifiques s'offrent comme des textes*. » (Rey, 2002, p. 51) ; de l'importance donc de la notion de discours¹⁸⁸.

1.2. La communication informelle, ou la recherche de l'explication

Un bel exemple de production langagière à usage interne, dans le cadre de la communication écrite, réside dans le désormais célèbre cahier de notes¹⁸⁹ de Bernard (1965), physiologiste de son état. S'il est assurément plus qu'un cahier d'expériences, et de par les méditations, les réflexions portant sur des problèmes d'ordre scientifique, certes, mais également méthodologique, philosophique¹⁹⁰... nous pouvons plus certainement y voir, au sens large, un cahier d'idées. Ainsi, et de ses notes méthodologiques, où se côtoient faits constatables et idées explicatives, monde des phénomènes et monde des explications, se dégage la notion, et si ce n'est la définition, de la méthode expérimentale quand, de ses notes scientifiques, l'on peut voir un physiologiste qui va « *progresser dans une voie, hésiter, douter, se fourvoyer parfois, avant de découvrir des perspectives géniales*. » (Julien, 1966, p. 73).

188 « *Ce que la pratique scientifique a de spécifique, c'est précisément qu'elle produit du discours*. » (Rey, 2002, p. 51).

189 Encore appelé « cahier rouge », par l'auteur lui-même, et du fait de la couleur même de la couverture de l'ouvrage. Le Collège de France en est l'actuel propriétaire.

190 « *On le voit ainsi aborder les questions de l'être suprême, du libre arbitre, du bonheur, de la vie et de l'évolution, et tous les ismes : déterminisme, vitalisme, spiritualisme, matérialisme*. » (Julien, 1966, p. 72).

De façon plus récente, mais dans le cadre de la communication orale, Latour et Woolgar (1988) se sont également intéressés à ces moments informels, et où l'explication du phénomène observé est encore en recherche, pour finalement mettre au point une typologie de ces échanges conversationnels oraux informels (tableau 4-3 ; d'après Latour & Woolgar, 1988).

Tableau 4-3. Typologie des échanges conversationnels oraux informels (d'après Latour & Woolgar, 1988)

| Type d'échanges | Description du type d'échanges |
|-----------------|--|
| Premier | Échanges qui portent sur le recouvrement de pratiques, articles et idées du passé liés aux préoccupations du moment ; fait référence aux "faits connus". |
| Deuxième | Échanges qui portent sur l'évaluation de la fiabilité de telle ou telle méthode ; a lieu pendant une manipulation. |
| Troisième | Échanges qui portent sur des questions théoriques. |
| Quatrième | Échanges qui portent sur d'autres chercheurs, et du crédit qu'il est permis de leur accorder, tout comme à leurs énoncés. |

Nota bene : ne nous méprenons cependant pas sur le fait qu'« il est difficile d'opérer une nette séparation entre les discussions de nature purement descriptive, technique et théorique. Les chercheurs passent constamment d'un centre d'intérêt à un autre au cours d'une même discussion. Et on ne peut interpréter leurs discussions en faisant abstraction des intérêts qui nous informent sur leurs contenus. » (Latour & Woolgar, 1988, p. 167).

Bien évidemment, et du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, nous apparaissent comme extrêmement féconds les échanges conversationnels oraux informels de troisième type, de ceux qui portent donc sur des questions théoriques ; en somme, sera-t-il ici question de controverses, en vue de la recherche de ladite explication, nouvelle par essence. Plus globalement et dans ce cadre, Lévy-Leblond (1996) n'hésite en rien à accorder la primauté de la communication orale sur la communication écrite puisque, souligne-t-il, le parler « donne à la pensée la spontanéité nécessaire à l'invention. Seul le passage par la parole affaiblit les résistances de la convention, et laisse émerger les incorrections et les

lapsus qui permettent au discours d'échapper aux contraintes de formes préétablies. Le parler permet l'expression d'une créativité bien supérieure à l'écrit (noter d'ailleurs la différence entre l'actif infinitif de l'un et le participe achevé de l'autre). Il n'est pas rare, en science comme ailleurs, de dire avant de penser ; encore faut-il s'entendre soi-même ! » (Lévy-Leblond, 1996, p. 255). Ainsi, et de « *l'observation ou l'expérimentation au départ, et la théorisation, l'abstraction à l'arrivée, c'est dans la langue orale que chemine et émerge la connaissance : du visible au lisible, via le dicible.* » (Lévy-Leblond, 1996, p. 253).

Qu'il s'agisse de la communication orale ou de la communication écrite, reste-t-il à nous interroger au sujet des modes de raisonnement mobilisés lors d'un tel moment, celui de la recherche de l'explication, et qui mène à la découverte. Il apparaît alors, toujours selon Latour et Woolgar (1988), et pour ne pas reprendre l'emblématique Meyer, que la logique formelle ne peut à elle seule servir le moment de la recherche, de la découverte, car il existe une « *contradiction essentielle contenue dans les procédures utilisées par les scientifiques : si elles sont logiques, elles sont stériles ; si elles sont fructueuses, elles sont logiquement incorrectes.* » (Latour & Woolgar, 1988, p. 177). En conséquence de quoi, les auteurs précités avancent l'analogie¹⁹¹ comme un possible mode de raisonnement propre à toute cette communication informelle, au service de la recherche de l'explication.

1.3. La communication formelle, ou la justification de l'explication

Passée la découverte de l'explication, reste-t-il au laboratoire à l'amener au sein de la communauté scientifique et, pour cela et plus que de la faire connaître, de la faire reconnaître : s'opère ici, et nous l'aurons compris, le passage de la communication informelle à la communication formelle, en cela les communications institutionnelle et publique. De ce passage, de cette transition et qui conduit à la mise en texte du savoir, Latour et Woolgar (1988) observent alors un effacement soudain de l'analogie précédemment discutée, *a priori* propre à la communication informelle, au profit de la logique, et qui serait le propre de la communication informelle. Aussi, remarquent-ils que la multitude « *de contingences locales qui ont permis d'établir momentanément un lien faible, est remplacée par des éclairs*

¹⁹¹ La même analogie, entrevue par les scientifiques américains de l'étude de Yore et al. (2006) comme au service de la communication institutionnelle et publique, et non de la communication informelle...

d'intuition. » (Latour & Woolgar, 1988, p. 177). En effet, de la pratique scientifique qui a permis la découverte de l'explication, ne seront conservés dans le texte final que les éléments participant d'une certaine logique, en somme, d'une certaine cohérence ; c'est pourquoi il est inhérent à « *la pratique scientifique que les épisodes et les déterminations multiples de cette pratique soient effacés, occultés dans son produit.* » (Rey, 2002, p. 51), éloignant un peu plus le texte produit des pratiques lui permettant à présent d'exister. De cela, le texte en question n'en devient que plus autoréférentiel¹⁹², ce à quoi les citations sont d'ailleurs des plus utiles comme le montre Grize (1992) : d'une part, elles orientent le raisonnement de l'auteur qui, conséquemment, s'appuie sur un ensemble de textes déjà-là, d'autre part, elles assurent la crédibilité de l'auteur, et de son raisonnement, lorsque ce dernier s'appuie sur un savoir établi de par ailleurs et, espérons-le, stabilisé –au sein de la communauté scientifique. Dit autrement, nous pouvons alors décrire le processus en jeu de la façon qui suit : un premier mouvement de décontextualisation, et qui amène le texte produit à devenir au plus possible autoréférentiel, et donc autonome¹⁹³, un second mouvement de recontextualisation, où ledit texte trouve alors sa place dans le savoir scientifique, lequel se trouve bien évidemment représenté par un ensemble, déjà riche, de textes antérieurement produits ; remarquons que, selon Brossard (1997, 2004), la recontextualisation fait systématiquement suite à toute décontextualisation, d'où la formule de décontextualisation-recontextualisation. Gardons-nous cependant de mal interpréter la question de l'autoréférentialité, et en cela de l'autonomisation : le texte produit renvoie, systématiquement et de façon explicite, à un problème¹⁹⁴ scientifique, celui-là même qui, nécessairement, trouve sa place au sein d'un paradigme scientifique donné, typique de la communauté scientifique qui le travaille et, plus généralement, d'une époque. L'autonomie n'est donc que toute relative... Terminons enfin cette discussion autour de la communication formelle, avec la typologie de Latour et Woolgar (1988) traitant des énoncés qui se destinent à la communauté scientifique (tableau 4-4 ; d'après Latour & Woolgar, 1988).

Tableau 4-4. Typologie des énoncés qui se destinent à la communauté scientifique (d'après Latour & Woolgar, 1988)

192 À comprendre au sens de : dans l'idée où « *je veux comprendre ce qui y est écrit à un endroit donné, je dois me référer aux autres parties du même texte.* » (Rey, 2002, p. 52).

193 Au plus possible... mais jamais entièrement, du fait que, nous l'avons déjà évoqué, les savoirs pratiques (vis-à-vis des savoirs théoriques), nécessaires à toute activité de recherche scientifique, ne peuvent entièrement s'adjoindre et de façon réaliste au texte final. D'où l'interrogation d'Orange (2007a), à la suite de Roqueplo (1974), au sujet de la non aisée transmission de ces savoir-faire : en l'absence de la « *connaissance des problèmes techniques, peut-on développer complètement le fonctionnement critique des savoirs théoriques ?* » (Orange, 2007a, p. 207).

194 Remarquons que, dans le cas des textes littéraires, le problème n'est que peu ou pas explicite.

| Type d'énoncés | Description du type d'énoncés |
|--------------------------|---|
| Premier | Énoncés qui contiennent des conjectures ou des spéculations, et notamment sur une relation. |
| Deuxième | Énoncés qui affirment que A entretient une certaine relation avec B : la relation présentée n'est pas encore élucidée par la communauté scientifique, et mérite des recherches ultérieures ; présence de modalités ¹⁹⁵ . |
| Troisième | Énoncés qui affirment que A entretient une certaine relation avec B : la relation présentée est presque élucidée par la communauté scientifique ; présence de modalités ¹⁹⁶ . |
| Quatrième ¹⁹⁷ | Énoncés qui affirment que A entretient une certaine relation avec B : la relation présentée est élucidée ¹⁹⁸ par la communauté scientifique ; absence de modalités. |
| Cinquième ¹⁹⁹ | Énoncés qui correspondent à un fait pris pour acquis, et qui n'exigent donc aucune explication supplémentaire. |

Nota bene : ainsi, les différents types d'énoncés « peuvent être disposés le long d'un continuum, où les énoncés du type 5 représenteraient les entités qui se rapprochent le plus des faits, et ceux du type 1 les assertions les plus spéculatives. On pourrait d'ailleurs ajouter un type 6 qui correspond aux faits devenus tellement tacites, tellement incorporés dans la pratique qu'ils ne font jamais plus l'objet d'une formulation explicite, même en situation d'ignorance. » (Latour & Woolgar, 1988, p. 78).

1.4. Conclusion

De tout cela, pouvons-nous retenir que le langage présente la particularité d'une consubstantialité à l'activité scientifique d'abord, et quand il arbore des formes plus que définies ensuite, selon que l'on envisage le moment de la recherche, ou de la justification de l'explication : au moment premier la communication informelle, lorsqu'il s'agit d'évaluer l'explication²⁰⁰, au moment second la communication formelle, lorsqu'il s'agit, au travers

¹⁹⁵ Qui insistent « sur la généralité des données dont on dispose (ou non). » (Latour & Woolgar, 1988, p. 77).

¹⁹⁶ Retenons simplement qu'il existe là différents types de modalités.

¹⁹⁷ Il s'agit là du prototype d'une affirmation scientifique, faisant ainsi partie intégrante du savoir accepté par la communauté scientifique.

¹⁹⁸ Comme dans les énoncés de type cinquième, la relation présentée ne prête pas à controverse, à la différence près qu'elle est ici exprimée explicitement.

¹⁹⁹ Il s'agit là d'une affirmation scientifique.

²⁰⁰ Dans le cadre, bien entendu, d'une logique dépendante de son propre contexte.

d'arguments forts²⁰¹ et par le biais de la mise en texte du savoir, de partager ladite explication, alors stabilisée, avec la communauté scientifique.

Passée l'explicitation de la mise en texte du savoir au laboratoire, lorsque le chercheur passe donc d'une communication informelle, propre au moment de la recherche, à une communication formelle, propre au moment de la justification, nous allons pouvoir à présent développer la question du langage dans les activités scientifiques, avec notamment la notion de genres du discours, fort utile à qui souhaite entreprendre l'analyse de (très) nombreux échanges langagiers.

201 Qui, s'ils s'inscrivent à l'évidence dans une méthode qui use de la preuve (Raynaud, 2003), doivent avant tout convaincre, et plus que de persuader (Bisault & *al.*, 2004).

2. Le langage dans les activités scientifiques

2.1. Le langage, telle une activité consubstantielle de l'activité scientifique

Au sein de l'activité scientifique, le langage s'envisage alors, nous l'aurons compris, tout autrement²⁰² que le simple instrument, neutre et transparent, qui rendrait possible le transport de l'information (Borzeix, 2001), et quand bien même l'autoréférentialité caractérise-t-elle l'explication stabilisée, alors mise en texte. De ce fait, de cette part langagière consubstantielle, pouvons-nous à présent qualifier la communauté scientifique de "communauté discursive" (Bernié, 2002), et pour ainsi parler de communauté discursive scientifique : plus que de devoir rendre compte de faits constatables par le biais d'un langage sans épaisseur, le discours scientifique, en lui-même, permet la construction des objets de savoir(s) dont il doit rendre compte (Foucault, 1969). Dit autrement, ladite communauté discursive scientifique est responsable de la production d'un langage qui lui est tout à fait spécifique puisque, comme le rappelle Bakhtine (1984), le maniement « *de la langue s'effectue sous forme d'énoncés concrets, uniques (oraux et écrits) qui émanent des représentants de tel ou tel domaine de l'activité humaine. L'énoncé reflète les conditions spécifiques et les finalités de chacun de ces domaines, non seulement par son contenu (thématique) et son style de langue, autrement dit par la sélection opérée dans les moyens de la langue – moyens lexicaux, phraséologiques et grammaticaux –, mais aussi et surtout par sa construction compositionnelle. Ces trois éléments (contenu thématique, style et construction compositionnelle) fusionnent indissolublement dans le tout que constitue l'énoncé, et chacun d'eux est marqué par la spécificité d'une sphère d'échange. Tout énoncé pris isolément est, bien entendu, individuel, mais chaque sphère d'utilisation de la langue élabore ses types relativement stables d'énoncés, et c'est ce que nous appelons les genres du discours.* » (Bakhtine, 1984, p. 265). Puisque ces genres de discours²⁰³ ont une histoire, puisqu'ils se déposent continuellement au sein de notre culture scientifique, laquelle évolue, naturellement, chacun est à même de venir y prélever quelque information que ce soit, d'où la

202 Que de la façon qui suit où, dans le cadre de « *la science, le langage n'est qu'un instrument, que l'on a intérêt à rendre aussi transparent, aussi neutre que possible, assujetti à la matière scientifique (opérations, hypothèses, résultats) qui, dit-on, existe en dehors de lui et le précède : il y a d'un côté et d'abord les contenus du message scientifique, qui sont tout, d'un autre côté et ensuite la forme verbale chargée d'exprimer ces contenus, qui n'est rien.* » (Barthes, 1984, p. 12). Se trouve ici décrite la conception structuraliste du langage.

203 Dont il est possible de donner quelques exemples du côté de la communication institutionnelle : les articles spécialisés (Ducancel, 1988 ; Jacobi, 1993) dans le cas de la communication écrite, les colloques, séminaires et conférences de presse dans le cas de la communication orale. Aussi, et puisque la controverse est un genre de discours en soi (Raynaud, 2003), ne nous méprenons pas : la communication institutionnelle n'est pas la seule concernée par les genres de discours.

notion d'intertexte développée par Bronckart (1996), et que l'on retrouvera d'ailleurs dans toute "communauté discursive", quelle qu'elle soit ; en somme, pouvons-nous associer un langage spécifique²⁰⁴ à chaque "communauté discursive".

Si les genres de discours ont une histoire, la communauté scientifique qui les produit, nous pouvons le penser, n'en est pas moins pourvue ; plus encore, et comme le souligne Bronckart (1996), les actions de tout un chacun de la communauté en question « *constituent le résultat d'un processus historique* » (Bronckart, 1996, p. 19) qui n'a d'autre vue que la socialisation, en cela qu'il existe une certaine cohérence interne, de par les pratiques de chacun, au sein de la communauté scientifique. À cela, le langage n'y est pas étranger puisqu'il permet, au fond, de relier à la fois la vie de ladite communauté scientifique et la réalité, les faits constatables dont il est tenu de rendre compte (Shapin, 1988). Pour suivre Fleck (2005) et Léontiev (1976), la notion même de communauté nous conduit alors, assez logiquement... à passer de la dimension individuelle, d'une explication stabilisée et proposée par un membre de la communauté, à la dimension plurielle, c'est-à-dire collective lorsque, précisément, le savoir nouveau se fonde alors dans la culture scientifique qui l'accueille avec, et sans tomber dans le travers d'une épistémologie empiriste de l'activité scientifique, une certaine idée du cumul²⁰⁵ (Brossard, 1998/2002) qui, en outre, rend possible la critique, décisive du point de vue de l'activité scientifique, et que le langage écrit²⁰⁶ permet donc (Goody, 1979).

2.2. Le langage, et la notion de dialogisme

Travaillant toujours un peu plus la façon dont le langage s'envisage, il nous faut à présent, à l'appui de Bakhtine (1984) encore, passer à l'étude de l'énoncé²⁰⁷, en tant qu'unité réelle, et non conventionnelle, de tout échange verbal, quel qu'il soit : ainsi envisagé, l'on comprend alors que les limites « *de l'énoncé concret, compris comme une unité de l'échange verbal, sont*

204 Et donc des formes linguistiques spécifiques.

205 Puisque, et c'est bien là le propre « *de la culture : chaque nouvelle génération hérite et donc bénéficie des outils créés par les générations antérieures, peut les améliorer, voire greffer sur eux de nouveaux outils. Les connaissances mathématiques fournissent un bel exemple de construction par paliers où chaque étape de la pensée mathématique devient l'objet pour les nouvelles générations de mathématiciens d'un nouveau travail de conceptualisation.* » (Brossard, 1998/2002, p. 38-39).

206 À la différence du langage oral où les problèmes « *de la mémoire, le rôle de l'oubli et l'utilisation inventive du langage et de la gestuelle font que la diversité humaine est dans un état de création continue, souvent cyclique plutôt que cumulative, même dans la plus simple des sociétés humaines.* » (Goody, 2007, p. 78).

207 « *L'indétermination et la confusion terminologiques sur un point méthodologique aussi central dans la pensée linguistique résultent d'une méconnaissance totale de ce qu'est l'unité réelle de l'échange verbal – l'énoncé.* » (Bakhtine, 1984, p. 277).

déterminées par l'alternance des sujets parlants, c'est-à-dire par l'alternance des locuteurs. Tout énoncé – depuis la réplique brève (monolexématique) jusqu'au roman ou au traité scientifique – comporte un commencement absolu et une fin absolue : avant son début, il y a les énoncés des autres, après sa fin, il y a les énoncés-réponses des autres (quand bien même ce ne serait que sous la forme d'une compréhension responsive active muette ou d'une action-réponse fondée sur une telle compréhension). Le locuteur termine son énoncé pour donner la parole à l'autre ou faire place à la compréhension responsive active de l'autre. » (Bakhtine, 1984, p. 277). De cela, l'on prend alors conscience de la fonction communicative du langage²⁰⁸, où la seule prise en compte du locuteur, d'ailleurs, voire de l'objet de son énoncé, est tout à fait inenvisageable, et puisqu'il existe un « rapport nécessaire aux autres partenaires de l'échange verbal. » (Bakhtine, 1984, p. 273) ; en somme, d'une conception dialogique du langage²⁰⁹, mais de laquelle s'opère cependant le dédoublement qui suit.

Le dialogisme diachrone (Bakhtine, 1984), d'abord, lorsque l'énoncé s'apparente, au sein de l'échange verbal, au maillon d'une chaîne ; ainsi pensé, et à un maillon antérieur, correspond alors un énoncé d'autrui, plus ou moins rapproché, voire totalement distant. Ainsi, le contenu « du discours d'un locuteur, quel qu'il soit, n'est pas objet de discours pour la première fois dans un énoncé donné, et le locuteur donné n'est pas le premier à en parler. L'objet a déjà, pour ainsi dire, été parlé, controversé, éclairé et jugé diversement, il est le lieu où se croisent, se rencontrent et se séparent des points de vue différents, des visions du monde, des tendances. Un locuteur n'est pas l'Adam biblique, face à des objets vierges, non encore désignés, qu'il est le premier à nommer. » (Bakhtine, 1984, p. 301). Par conséquent, tout « énoncé est tourné non seulement vers son objet mais aussi vers le discours d'autrui portant sur cet objet. La plus légère allusion à l'énoncé d'autrui donne à la parole un tour dialogique que nul thème constitué purement par l'objet ne saurait lui donner. Le rapport au mot d'autrui, dans son principe, se distingue radicalement du rapport à l'objet, mais il accompagne toujours ce dernier. » (Bakhtine, 1984, p. 302). De cet ensemble de textes déjà-là, pour le langage écrit, retrouvons-nous ici la dimension intertextuelle, la notion d'intertexte (Bronckart, 1996), et qui permet la mise en relation, notamment au sein de la communauté scientifique, des différents textes produits. Conséquemment, et qu'il s'agisse d'une

208 Non à considérer comme accessoire, mais bel et bien comme essentiel, ce que la plupart des linguistes du XIX^e siècle avaient quelque peu négligé, préférant alors porter leur attention sur la fonction formatrice du langage, et vis-à-vis de la pensée (Bakhtine, 1984).

209 Et qu'il s'agisse, pour tout ce qui suit, du langage écrit ou du langage oral ; ici, on l'aura compris, l'autre ne peut se confondre avec « un allocutaire qui se borne à comprendre passivement le locuteur. » (Bakhtine, 1984, p. 273).

communication informelle ou institutionnelle, voire publique, nous faut-il nécessairement la penser comme s'inscrivant à plein « *dans l'interdiscours de la communauté scientifique.* » (Jaubert, 2007, p. 59), et puisque, dans leur pratique régulière du discours, les chercheurs « *se citent, se répondent, empruntent aux uns et aux autres pour développer, contester, réfuter, de sorte que les énoncés sont fondamentalement polyphoniques.* » (Jaubert, 2007, p. 59), ou encore hétéroglossiques²¹⁰ (Bakhtine, 1978, 1984). Si l'alternance des énoncés se traduit, nous l'avons vu, par l'alternance de ce que Bakhtine (1984) appelle des sujets parlants, alors devons-nous à présent envisager la pluralité, la superposition de voix diverses²¹¹, et pour un même énoncé, ce que l'hétéroglossie permet alors de signaler, explicitement ou implicitement. C'est pourquoi tout discours, et quel qu'il soit, n'a de signification intrinsèque, en soi ; de sa relation aux autres, prend-il alors et cependant tout le sens qu'il lui est permis de porter.

Le dialogisme synchrone (Bakhtine, 1984), ensuite, lorsque sont remis en cause, et si ce n'est déconstruits, au sein de l'échange verbal, les rôles traditionnellement attribués aux deux partenaires dudit échange, et que sont donc le locuteur²¹², tel un émetteur actif de la parole, et l'auditeur²¹³, tel un récepteur passif de la parole. Il en est tout autre puisque, on le sait bien maintenant, notre « *auditeur qui reçoit et comprend la signification (linguistique) d'un discours adopte simultanément, par rapport à ce discours, une attitude responsive active : il est en accord ou en désaccord (totalement ou partiellement), il complète, il adapte, il s'apprête à exécuter, etc., et cette attitude de l'auditeur est, dès le tout début du discours, parfois dès le premier mot émis par le locuteur, en élaboration constante durant tout le processus d'audition et de compréhension.* » (Bakhtine, 1984, p. 274). De l'enjeu communicationnel ici en jeu, Grize (1992) en appelle alors à l'image de la résonance²¹⁴, en physique, bien plus à même de décrire l'essence même de toute communication, et vis-à-vis du traditionnel schéma de la transmission de l'information : encodage du message de la part de l'émetteur, transmission du message, décodage du message de la part du récepteur... N'oublions pas en effet que, quand « *un locuteur A se propose de communiquer l'idée qu'il se fait de quelque phénomène à un auditeur B, il construit pour lui une représentation verbale –*

210 Une nuance existe cependant entre l'un et l'autre : là où la "polyphonie" (Ducrot, 1984) porte toute son attention sur le volet purement linguistique de l'énoncé, l'"hétéroglossie" (Bakhtine, 1978, 1984) n'omet pas la dimension sociale de ce dernier, en cela le contexte, la "communauté discursive" qui en est à l'origine.

211 Que nous ne pouvons attribuer à un même sujet parlant.

212 Ou, d'une certaine façon, le destinataire du message.

213 Ou, d'une certaine façon, le destinataire du message.

214 Où l'on posera alors « *que locuteur A et auditeur B sont comme deux solénoïdes placés l'un en face de l'autre. Tout courant électrique qui parcourt A induit en B un courant analogue.* » (Grize, 1992, p. 43).

je l'appelle une schématisation – et B la reconstruit. » (Grize, 1992, p. 43). Ainsi, nous l'aurons compris, la réception de l'énoncé, de la part de l'auditeur, se veut tout aussi active que l'émission du même énoncé²¹⁵, de la part du locuteur : au locuteur la construction de la signification de l'énoncé, à l'auditeur la reconstruction de la signification du même énoncé²¹⁶, laquelle peut assurément connaître un quelconque déplacement²¹⁷ (François, 1989, 1998) ; de l'intérêt des reformulations donc.

Enfin, remarquons que la proposition²¹⁸, à l'instar du mot²¹⁹, n'est pas l'énoncé et puisque, bien qu'intelligible, bien que possédant une certaine signification linguistique, un rôle possible et probable dans un énoncé, celle-ci ne peut, de par son degré d'inachèvement, susciter de réponse, et donc engendrer, de la part de l'auditeur, quelque attitude responsive active que ce soit (Bakhtine, 1984). De cela, de la conception dialogique du langage qui la sous-tend, de cette dualité langagière que représente plus simplement le couple question-réponse (Meyer, 1982), pouvons-nous certainement établir un rapprochement d'avec la conception problématologique du langage (Meyer, 1979, 1982), laquelle propose notamment qu'une « *théorie scientifique est à la fois un instrument d'interrogation, et une solution, un corpus de réponses. A ce titre, les théories sont modifiables, et n'arrêtent jamais l'inlassable questionnement : le savant interroge toujours car ses théories ne sont jamais seulement réponses, une fois pour toutes.* » (Meyer, 1979, p. 242-243) ce qui, nous pouvons ici le remarquer, est en plein accord avec une épistémologie rationaliste de l'activité scientifique, bien évidemment à l'origine de notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation. En d'autres termes, c'est bel et bien au regard du contexte de l'énonciation que la proposition²²⁰ devient énoncé et, de façon effective, apocritique²²¹ et problématologique²²² ; ne nous méprenons cependant pas sur le fait que ladite « *question à laquelle la réponse renvoie (problématologiquement) diffère de celle qu'elle résout (apocritiquement).* La réponse, en tant qu'unité apocritico-problématologique, définit deux questions au moins, et c'est par là que se trouve fondée la possibilité dialogique du langage en même temps que l'autonomisation des réponses par rapport aux questions qui les ont fait naître. » (Meyer, 1982, p. 125-126).

215 Non intrinsèquement signifiant.

216 Au regard du contexte de l'énonciation, bien entendu.

217 Puisque notre « *unité concrète est celle qui est donnée par la compréhension responsive, non seulement la reformulation, mais le déplacement produit par une réponse qui n'est pas qu'une reprise.* » (François, 1989, p. 44).

218 Linguistiquement, la proposition correspond, selon Bakhtine (1984), à une unité signifiante de notre langue.

219 Linguistiquement, le mot correspond, selon Bakhtine (1984), à une unité signifiante de notre langue.

220 En soi, apocritique et problématologique (Meyer, 1979).

221 Est, du discours ou de la proposition, apocritique ce qui résout une question, un problème (Meyer, 1982).

222 Est, du discours ou de la proposition, problématologique ce qui pose une question, un problème (Meyer, 1982).

2.3. Le langage, et la notion de genres du discours

Revenons à présent, et puisque évoqués ci-avant, sur les genres du discours qui, nous le rappelons, caractérisent toutes “communautés discursives”, quelles qu'elles soient : s'ils sont d'une relative stabilité au sein d'une même “communauté discursive”, ils n'en restent pas moins fort différents d'une communauté à l'autre²²³ (Bakhtine, 1984). Ainsi, et du rapport que les énoncés entretiennent, d'une part avec un réel que l'on pourrait qualifier d'existant, et d'autre part avec un réel qui se référerait aux énoncés des autres, en arrivons-nous à la différence, profonde et nécessaire, mise en évidence par Bakhtine (1984) et pour tout énoncé, à savoir l'existence de discours de genre premier, ou simples, et qui s'opposent à des discours de genre second, ou complexes, et que nous pouvons à présent décrire. D'abord, le genre du discours premier²²⁴ qui, d'une situation partagée, peut être directement relié à l'action, à la situation qui l'a vu naître, d'où une certaine urgence pratique, à mettre en relation avec les échanges verbaux spontanés, notamment lorsqu'ils « *façonnent l'essentiel des échanges verbaux de la vie quotidienne.* » (Jaubert, 2007, p. 204). Ensuite, le genre du discours second²²⁵ qui, d'une situation non partagée, ne peut être directement relié à l'action, et puisque survenant lors d'échanges verbaux élaborés²²⁶, relevant alors du domaine de la culture, et qui se trouve donc libéré « *de l'urgence de l'action et de la gestion des contingences quotidiennes.* » (Jaubert, 2007, p. 204).

Pour autant, l'un et l'autre ne sont pas disjoints, loin de là, et puisque les premiers, à l'issue de ce que l'on peut appeler un déplacement énonciatif²²⁷, se transforment, se transmutent afin, justement, de donner naissance aux seconds –qui les ont ainsi absorbés : c'est alors que l'on observe la perte, définitive, du double rapport au réel décrit ci-avant, et pour le genre du discours premier (Bakhtine, 1984). De cette mise à distance, pouvons-nous apprécier, en quelque sorte, une reconfiguration de l'activité²²⁸ de notre locuteur initial, qui devra mobiliser

223 Ce qui conduit Jaubert (2007) à préciser que, dans le cadre d'un projet « *d'enseignement-apprentissage, la notion de genre rend caduque la notion de transversalité du langage puisque chaque sphère d'activité produit ses genres.* » (Jaubert, 2007, p. 199).

224 Dont la réalisation se veut le plus souvent orale, et bien qu'elle puisse cependant relever de l'écrit.

225 Dont la réalisation se veut le plus souvent écrite, et bien qu'elle puisse cependant relever de l'oral.

226 « *Les genres seconds du discours – le roman, le théâtre, le discours scientifique, le discours idéologique, etc. – apparaissent dans les circonstances d'un échange culturel (principalement écrit) – artistique, scientifique, socio-politique – plus complexe et relativement plus évolué.* » (Bakhtine, 1984, p. 267).

227 Pour assurer, dans un contexte nouveau, des fonctions nouvelles, et qui répondent à des intentions nouvelles (Jaubert, 2007). Jaubert et Rebière (2002, (2005)) parlent pour cela de secondarisation.

228 Remarquons que cette reconfiguration de l'activité a également été travaillée par Ricœur (1983, 1984, 1985), mais

moult « *formes langagières conventionnelles, déposées dans la culture et partagées par la communauté dans laquelle il s'inscrit. Ces genres sont ainsi moins régis par l'action que par des conventions socioculturelles que signalent leurs caractéristiques linguistiques.* » (Jaubert, 2007, p. 205). Dit autrement, le genre du discours second connaît, vis-à-vis du genre du discours premier, une certaine autonomisation²²⁹ par rapport à l'action, à la situation qui l'a généré ; cela n'est pas sans nous rappeler le passage de la communication informelle²³⁰ à la communication formelle²³¹, où l'épuration et la restructuration linéaire sont systématiquement de mises, et ce afin qu'un enchaînement, des liens logiques se dégagent et puissent servir « *la construction d'un discours de preuve, indépendamment de l'activité tâtonnante et non linéaire du chercheur.* » (Jaubert, 2007, p. 205-206).

Nota bene : si la distinction des genres du discours nous importe tant, c'est qu'il apparaît que les seconds soient à envisager « *comme des instruments psychologiques particuliers, permettant un contrôle des fonctions psychologiques supérieures et jouant de ce fait un rôle dans la construction des savoirs.* » (Jaubert, 2007, p. 204), et quels qu'ils soient.

2.4. Conclusion

De tout cela, pouvons-nous retenir que la mise en texte du savoir²³², lorsqu'elle aboutit à un texte des plus autonomes, et donc autoréférentiel, nécessite une mise à distance, une certaine réorganisation de l'action²³³ qui, au final, se traduit par le passage de discours de genre premier à des discours de genre second (tableau 4-5).

Tableau 4-5. Caractéristiques du fonctionnement langagier lors de la recherche et de la justification de l'explication

| La recherche de l'explication | La justification de l'explication |
|-------------------------------|-----------------------------------|
|-------------------------------|-----------------------------------|

uniquement dans le cas de textes narratifs : la formation des genres seconds du discours y est alors expliquée par le processus dit de mise en intrigue. Pour autant, et à la différence de Ricoeur (1983, 1984, 1985), nous pensons que « *c'est l'organisation textuelle elle-même, qu'elle soit produite en modalité orale ou en modalité écrite, qui est dotée de cette fonction de restructuration.* » (Bronckart, 1996, p. 66).

229 Et devient donc au plus possible autoréférentiel.

230 Ou la recherche de l'explication.

231 Ou la justification de l'explication.

232 Qui se doit de répondre, bien évidemment, aux formats canoniques en vigueur, et que la communauté scientifique se partage.

233 Et donc du discours.

| | |
|--|---|
| Fortement dépendante de l'activité du locuteur ; en somme, de l'action qui se joue au laboratoire, et vis-à-vis du travail de l'explication ²³⁴ . | Faiblement dépendante de l'activité du locuteur ; en somme, de l'action qui se joue au laboratoire, et vis-à-vis du travail de l'explication. |
| Fonctionne selon une logique <i>context-dependant</i> . | Fonctionne selon une logique argumentative. |
| Modalité orale –privilegiée ²³⁵ . | Modalité écrite ou orale. |
| Mobilisation du genre du discours premier, où les voix diverses et en présence sont dissonantes. | Mobilisation du genre du discours second, où les voix diverses et en présence sont orchestrées ²³⁶ . |

Puisque, nous l'avons déjà dit, la science s'adonne à la tâche explicative (Popper, 1985, 1991), alors la mise en texte du savoir n'aboutit-elle pas, très vraisemblablement, à autre chose qu'un texte de nature explicative. Néanmoins, Veslin (1988) se permet de distinguer, et au sein de tout textes scientifiques de spécialistes, la présence des trois éléments qui suivent : un exposé de faits²³⁷, un exposé d'idées²³⁸ et, bien évidemment, une mise en relation de l'un et l'autre où, pêle-mêle, nous retrouvons moult procédés au caractère descriptif, explicatif, justificatif, ou encore argumentatif²³⁹. En effet, d'une part, nous réalisons ici et de juste façon que la description sert utilement l'explication, d'autre part, nous ne devons pas oublier que de proposer « *des "idées" nouvelles pour comprendre, donner du sens à la réalité.* » (Veslin, 1988, p. 100) est une chose, mais que de « *convaincre la communauté scientifique de la validité de* » (Veslin, 1988, p. 100) son explication en est une autre.

Mais il nous faut aller plus loin pour saisir la réelle signification de la secondarisation du discours, et vis-à-vis de notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation ; pour cela, devons-nous distinguer à présent, et pour ce qui concerne la mise en texte du savoir, le processus²⁴⁰ de son produit, alors autonome. C'est alors que si, sur le plan épistémologique, la

234 Pour exemples, citons la lecture et le commentaire d'articles, la construction de protocoles expérimentaux... Nous sommes donc bel et bien ici dans « *le temps de l'invention, de la construction des objets scientifiques (travail d'énonciation et de référencement), de l'induction, de l'analogie, du doute, de la controverse, les objections apparaissent, on les anticipe, on réagit face aux autres publications, on tente de les vérifier, de les justifier, de les invalider, on construit des possibles, on les soumet à la discussion, on établit des impossibilités, des nécessités...* » (Lhoste, 2008a, p. 114).

235 Car plus souple, et donc plus propice à la recherche de l'explication, en cela sa construction.

236 Sous l'action des modalisations et des références bibliographiques.

237 En réalité, Veslin (1988) préfère parler d'événements, et plutôt que de faits, lesquels « *se répètent avec constance.* » (Veslin, 1988, p. 96), à la différence des événements.

238 Réfutables, bien sûr, mais dont la « *validité a été discutée, mise à l'épreuve de l'expérimentation ou de l'observation* » (Veslin, 1988, p. 100), en plus de s'appuyer sur le savoir stabilisé, et en cela admis de la communauté scientifique.

239 Pour un modèle théorique de fonctionnement des textes réalisant une démonstration, une argumentation, une explication et / ou une justification, voir Garcia-Debanc (1994).

240 À savoir, et dans le cas présent, le processus d'autonomisation.

problématisation permet une certaine forme d'autonomisation, lors du passage de l'assertorique à l'apodictique, la secondarisation permet pareillement, mais sur le plan langagier cette fois, l'autonomisation du texte produit, et lors du passage de discours de genre premier à des discours de genre second. De cela, Lhoste (2008a) en arrive alors à envisager « *que la secondarisation pourrait être le versant langagier du processus de problématisation, c'est-à-dire que la construction de contraintes et de nécessités s'accompagne, sur le plan langagier, d'une secondarisation du discours.* » (Lhoste, 2008a, p. 119), et quand bien même la réciproque ne serait pas toujours vérifiée²⁴¹. Orange-Ravachol et Triquet (2007), lorsqu'ils s'appuient sur Popper (1991), ne pensent d'ailleurs pas autrement lorsqu'ils avancent que la problématisation « *consisterait à passer du deuxième monde au troisième monde, avec ce que cela implique de transformation des récits, mais sans pouvoir totalement s'affranchir du deuxième monde dans le temps de l'expérience humaine.* » (Orange-Ravachol & Triquet, 2007, p. 12). De Popper (1991), présentons alors brièvement « *les trois mondes ou univers suivants : premièrement, le monde des objets physiques ou des états physiques ; deuxièmement, le monde des états de conscience, ou des états mentaux, ou peut-être des dispositions comportementales à l'action ; et troisièmement, le monde des contenus objectifs de pensée, qui est surtout le monde de la pensée scientifique, de la pensée poétique et des œuvres d'art.* » (Popper, 1991, p. 181-182). Ainsi, le troisième monde²⁴², celui d'une connaissance que l'on peut qualifier d'objective, en soi autonome²⁴³, rend compte du deuxième monde²⁴⁴, voire du premier et ce, par le biais du langage, également constitutif du deuxième monde, ce qui amène finalement Orange-Ravachol et Triquet (2007) à voir les choses ainsi : au deuxième monde les textes communs, au troisième monde les textes scientifiques. Mais plus encore, et au-delà de la question de l'autonomie, les très fréquents mouvements de « *rétroaction du troisième monde sur le second et même sur le premier, comptent parmi les faits les plus importants du développement de la connaissance.* » (Popper, 1991, p. 198) ; ou de l'idée qu'un nouveau problème, en sciences, émerge toujours de la résolution d'un problème antérieur. De tout cela, nous l'aurons compris, le langage revêt un rôle des plus essentiels, telle

241 En d'autres termes, si le processus de problématisation s'accompagne toujours du processus de secondarisation, le processus de secondarisation ne s'accompagne pas toujours du processus de problématisation.

242 « *Parmi les habitants de mon "troisième monde", il y a, plus particulièrement, les systèmes théoriques ; mais il y a des habitants qui sont tout aussi importants, ce sont les problèmes et les situations de problème. Et je montrerai que les habitants les plus importants de ce monde, ce sont les arguments critiques, et ce qu'on peut appeler – par analogie avec un état physique ou un état de conscience – l'état d'une discussion ou l'état d'un échange d'arguments critiques ; et il y a aussi, bien sûr, les contenus des revues, des livres et des bibliothèques.* » (Popper, 1991, p. 182-183).

243 En effet, Popper (1991) assume et « *déclare que le troisième monde est largement autonome, bien qu'il soit notre création.* » (Popper, 1991, p. 197).

244 Et, par voie de conséquence, nous aide à mieux le comprendre.

une sorte de médium et qui intervient lors du contrôle critique, de la logique argumentative (Popper, 1991) propre à la justification de l'explication.

Nota bene : au regard de ce qui a été dit ci-avant sur la forme, la nature même des textes scientifiques de spécialistes, remarquons alors que des « *plus importantes des créations humaines, celles qui ont les effets de rétroaction les plus importants sur nous-mêmes et particulièrement sur nos cerveaux, ce sont les fonctions supérieures du langage humain : plus particulièrement, la fonction descriptive et la fonction argumentative.* » (Popper, 1991, p. 198-199). Dit autrement, aux fonctions inférieures²⁴⁵ de notre langage l'expression et la communication, aux fonctions supérieures²⁴⁶ et autonomes la description et l'argumentation, auxquelles « *nous devons notre humanité, notre raison. Car nos pouvoirs de raisonner ne sont rien d'autre que les pouvoirs de l'argumentation critique.* » (Popper, 1991, p. 200).

Passée l'explicitation du langage dans les activités scientifiques, telle une activité consubstantielle de l'activité scientifique, nous allons pouvoir à présent développer la question du langage dans les apprentissages scientifiques, avec notamment la notion de concepts quotidiens et concepts scientifiques, fort utile à qui souhaite voir sous un autre jour l'idée d'une rupture épistémologique, sous la forme d'une continuité psychologique.

245 Que l'on retrouve dans le langage animal (Popper, 1991).

246 Que l'on ne retrouve pas dans le langage animal ; propres au monde scientifique (Popper, 1991).

3. Le langage dans les apprentissages scientifiques

3.1. Constructivisme et socio-constructivisme

Notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation, s'inscrit à l'évidence dans le moule même du modèle constructiviste, le "mentalisme" (Astolfi, 1992), et plus précisément du modèle socio-constructiviste, que nous pouvons d'ailleurs replacer au regard des différents modèles d'enseignement-apprentissage (tableau 4-6 ; d'après Barbery, 2006).

Tableau 4-6. Caractéristiques des différents modèles d'enseignement-apprentissage (d'après Barbery, 2006)

| Modèles d'enseignement-apprentissage | Origines | Conceptions |
|--------------------------------------|--|--|
| Modèle transmissif | Hume (empirisme & scepticisme) | Apprendre, c'est se remplir de connaissances. |
| Modèle behavioriste | Pavlov (conditionnement répondant) Skinner (conditionnement opérant) | Apprendre, c'est être conditionné à acquérir des compétences. |
| Modèle constructiviste | Piaget (à l'origine du constructivisme psychologique ²⁴⁷ (Astolfi, 2008)) Bachelard (à l'origine du constructivisme épistémologique ²⁴⁸ (Astolfi, 2008)) Astolfi, Brousseau, Develay, Houssaye, Meirieu... (à l'origine du constructivisme pédagogique ²⁴⁹ (Astolfi, 2008)) | Apprendre, c'est acquérir des compétences (= objectifs de prestation (Le Bas, 2007)) en transformant ses représentations (= objectifs de transformation (Le Bas, 2007)), et ce par le biais du conflit cognitif. |
| Modèle socio-constructiviste | Piaget ²⁵⁰ (<i>ibid.</i>) Bachelard (<i>ibid.</i>) Bruner, Doise, Mugny, Vygotski ²⁵¹ , Wallon... | Apprendre, c'est acquérir des compétences (= objectifs de prestation (Le Bas, 2007)) en transformant ses représentations |

247 « Le constructivisme psychologique se fonde sur le fait que les savoirs ne s'apprennent pas par imitation. Chaque sujet doit les reconstruire activement, bien qu'ils soient déjà culturellement présents, en transformant à mesure ses structures intellectuelles. » (Astolfi, 2008, p. 128).

248 « Le constructivisme épistémologique se fonde sur le fait que les savoirs sont construits au sein des disciplines. Ce sont les réponses actuelles à des problèmes qui ont longtemps fait controverse et qui ont été conquis au cours d'une histoire théorique. » (Astolfi, 2008, p. 127).

249 « Le constructivisme pédagogique se fonde sur le fait que la majorité des élèves ne peuvent pas apprendre en suivant le "film" de la connaissance qu'on déroule devant eux. La construction de dispositifs didactiques cohérents avec les objectifs est essentielle. » (Astolfi, 2008, p. 130).

250 Pour ce dernier, qui considère avant tout et à l'initial l'enfant comme en relation avec le monde des objets, le développement permet le passage d'un individu égocentré à un être social.

251 Pour ce dernier, qui considère avant tout et à l'initial l'enfant comme en relation avec le monde social, le développement permet le passage d'un être social à un individu singulier.

| | | |
|--|--|---|
| | | (= objectifs de transformation (Le Bas, 2007)), et ce par le biais du conflit socio-cognitif. |
|--|--|---|

Du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, et qui se réfère à l'emblématique Bachelard²⁵², allons-nous maintenant mobiliser le tout aussi emblématique Vygotski²⁵³ et qui, bien qu'ayant avant tout travaillé le développement²⁵⁴, n'est pas sans nous apporter sur le plan des apprentissages, loin de là : en effet, là où le développement précède l'apprentissage pour certains, c'est bel et bien l'apprentissage qui précède le développement dans toute l'œuvre de Vygotski. Plus justement, dirons-nous que Vygotski (X/1997) envisage avec force, et vigueur, que ledit apprentissage a la possibilité d'« *apporter au développement plus que ce qu'impliquent ses résultats immédiats. Appliqué à un point dans la sphère de la pensée enfantine, il modifie et transforme aussi de nombreux autres points. Il peut avoir sur le développement des conséquences non pas seulement directes mais encore lointaines.* L'apprentissage scolaire peut non seulement suivre le développement, non seulement marcher du même pas que lui, mais il peut le devancer, le faisant progresser et suscitant en lui de nouvelles formations. *C'est là une idée infiniment importante et précieuse.* » (Vygotski, X/1997, p. 330-331). Prenons garde cependant, et comme on le remarque trop souvent, à ne pas distinguer l'apprentissage du développement (Brossard, 2004).

3.2. Apprentissages incidents et apprentissages intentionnels

Accordant une place privilégiée aux apprentissages –scolaires, et plus particulièrement aux apprentissages scientifiques, lors du développement, Vygotski (X/1997) envisage alors « *la distinction entre concepts quotidiens et concepts scientifiques* » (Vergnaud, 1989, p. 112), le tout sur un mode que l'on qualifiera de dialectique, et tel un mouvement se dédoublant opposeusement. Mais définissons avant tout lesdits concepts, avec :

d'abord, le concept quotidien²⁵⁵, qui se réfère davantage au développement, et qui relève « *d'une expérience spontanée non organisée de l'enfant dans son environnement* » (Vergnaud, 1989, p. 112) que représente notamment la famille, cette dernière proposant moult situations informelles d'apprentissage, où l'urgence de l'action est présente. On retrouve là, d'une

252 Dont le projet culturel vise la conceptualisation de la connaissance –scientifique.

253 Dont le projet culturel vise l'appropriation de la connaissance –scientifique.

254 Par le biais du rôle du langage et du rôle du social.

255 Avec pour exemple, la notion de frère (Vergnaud, 1989).

certaine manière, les apprentissages non scolaires, et qui correspondent pleinement aux apprentissages incidents de Pastré (2006), lorsque l'activité constructive est subordonnée à l'activité productive : nous sommes ici dans la logique de l'outil²⁵⁶ ;

ensuite, le concept scientifique²⁵⁷, qui se réfère davantage à l'apprentissage, et qui relève « *d'une action finalisée et intentionnelle de l'adulte, notamment dans l'institution* » (Vergnaud, 1989, p. 112) que représente l'école²⁵⁸, cette dernière proposant moult situations formelles d'apprentissage, où l'urgence de l'action est absente. On retrouve là, d'une certaine manière, les apprentissages scolaires, et qui correspondent pleinement aux apprentissages intentionnels de Pastré (2006), lorsque l'activité productive est subordonnée à l'activité constructive : nous sommes ici dans la logique de l'objet²⁵⁹.

De façon plus que vraisemblable, la distinction opérée par Vygotski (X/1997) au sujet du scolaire et du non scolaire des apprentissages paraît de beaucoup trop marquée « *car, d'une part l'école fait à certains égards partie du champ d'expérience habituel de l'enfant, et d'autre part une partie des choses que l'enfant apprend dans son milieu familial de vie fait l'objet d'actions intentionnelles des parents parfois aussi systématiques que celles de l'enseignant.* » (Vergnaud, 1989, p. 112). Ainsi, et bien que Vygotski (X/1997) ne l'eût pas pensé en ces termes, pouvons-nous penser le concept scientifique, propre à l'école, comme issu d'une certaine transposition du concept quotidien, propre à la famille.

Vygotski (X/1997) accorde une très large importance à la notion d'instrument²⁶⁰, d'outil, comme à la notion d'activité instrumentée. Principalement de deux sortes, les outils en jeu peuvent être qualifiés de non psychologiques, lorsqu'il s'agit d'un crayon, d'un marteau... ou

256 En cela que l'outil, non travaillé pour lui-même, est contextualisé –de sa situation d'utilisation ; est ici visée une certaine transformation du monde.

257 Avec pour exemple, la notion de décimal (Vergnaud, 1989).

258 Distinguons de suite la communauté scientifique, où se produit le savoir scientifique, de la communauté scolaire, où se transmet le savoir scientifique. Nous prendrons ainsi nos distances avec l'idée d'une école qui, dans le meilleur des cas, reconstruit un savoir historiquement construit ; en effet, puisque construit à l'intérieur même de la communauté scientifique, et donc en dehors de la famille, où se vit l'expérience quotidienne de tout un chacun, le savoir scientifique, alors en dépôt au sein même de notre culture, se doit plutôt d'être transmis par la communauté scolaire qui, on le comprend bien, met alors tout en œuvre afin de permettre aux apprenants « *de s'approprier par des sortes de "raccourcis didactiques" les contenus culturels.* » (Brossard, 1998/2002, p. 39). De l'importance donc de la conceptualisation dans les apprentissages, et notamment scientifiques, à l'école (Vergnaud, 1989).

259 En cela que l'outil, travaillé pour lui-même, et donc devenu objet, est décontextualisé –de sa situation d'utilisation ; n'est pas ici visée une certaine transformation du monde.

260 On parle d'ailleurs, et dans ce cas, de psychologie instrumentale.

de psychologiques²⁶¹, lorsqu'il s'agit des signes et des symboles, et dont le langage fait partie intégrante –tel un médiateur par lequel se crée la conscience : point de départ de l'activité mentale, le langage nous permet alors d'exercer un contrôle sur nos propres comportements, voire sur ceux d'autrui, quand les outils non psychologiques, nous permettent d'exercer un contrôle de la nature qui nous entoure.

3.3. Concepts quotidiens et concepts scientifiques

Tout d'abord, et de ce que nous avons dit ci-avant sur les concepts quotidiens et scientifiques, pouvons-nous y entrevoir l'idée d'une certaine rupture²⁶² et, au regard de la thèse bachelardienne, l'idée d'une rupture épistémologique²⁶³, de laquelle découle, nous le savons, la distinction des connaissances communes et des connaissances scientifiques (Bachelard, 1949). Plus précisément, Vygotski (X/1997) fonde cette rupture sur un niveau de généralisation qui ne serait en rien comparable des concepts quotidiens aux concepts scientifiques, ces derniers étant, on l'imagine, structurés en systèmes²⁶⁴, et à la différence des premiers. Bachelard (1949) ne pense d'ailleurs pas autrement lorsqu'il affirme qu'on ne saurait penser la « *connaissance par juxtaposition. Il faut toujours qu'une connaissance ait une valeur d'organisation ou plus exactement une valeur de réorganisation.* » (Bachelard, 1949, p. 65).

Ensuite, et il s'agit là de l'originalité de la thèse vygotkienne, devons-nous maintenant envisager à l'inverse l'idée d'une certaine continuité, que nous qualifions de psychologique, en cela que le concept quotidien se révèle être la condition même de l'appropriation du concept scientifique, puisque transposé est le concept quotidien. Mais plus encore, il nous faut y voir ici, et nous l'avons déjà dit, un mouvement se dédoublant opposeusement²⁶⁵ : de bas en haut²⁶⁶ pour le concept quotidien, de haut en bas²⁶⁷ pour le concept scientifique. En effet, le concept

261 Qui, bien entendu, sont le résultat d'un développement culturel : plus que de les reconstruire, il s'agira pour tout apprenant d'apprendre alors à les bien utiliser.

262 Et seulement l'idée d'une certaine rupture car, on le sait bien, l'idée d'erreur première est absente de toute l'œuvre de Vygotski.

263 Et quand bien même Vygotski (X/1997) ne la formule évidemment pas ainsi.

264 En cela que tout concept scientifique est relié à d'autres concepts scientifiques.

265 « *Le concept quotidien qui a suivi un long processus de développement de bas en haut a frayé la voie à la germination ultérieure du concept scientifique vers le bas, puisqu'il a créé une série de structures indispensables pour qu'apparaissent les propriétés inférieures et élémentaires du concept. De même le concept scientifique, qui a effectué une partie de son parcours du haut vers le bas, a frayé par là même la voie au développement des concepts quotidiens, car il a préparé une série de formations structurales indispensables à la maîtrise des propriétés supérieures du concept.* » (Vygotski, X/1997, p. 372).

266 C'est-à-dire des propriétés inférieures, ou simples, aux propriétés supérieures, ou complexes (Vygotski, X/1997).

267 C'est-à-dire des propriétés supérieures, ou complexes, aux propriétés inférieures, ou simples (Vygotski, X/1997).

quotidien, dans son rapport direct²⁶⁸ aux choses, aux objets, porte sur des opérations concrètes, quand le concept scientifique, dans son rapport indirect²⁶⁹ aux choses, aux objets, porte sur des opérations abstraites. Ainsi, pour devenir moins abstraits, plus concrets et, par conséquent, plus opératoires, les concepts scientifiques vont évoluer « *en quelque sorte en germant à l'intérieur, en se frayant la voie vers l'objet, en se liant à l'expérience que l'enfant a dans ce domaine et en absorbant celle-ci.* » (Vygotski, X/1997, p. 371) ; ou de l'acquisition d'une détermination concrète. Dans l'autre sens, on l'imagine, les concepts quotidiens « *germent vers le haut par l'intermédiaire des concepts scientifiques.* » (Vygotski, X/1997, p. 372) ; s'ils ne sont pas supprimés, au sein de la conceptualisation scientifique naissante, sont-ils malgré tout transformés : on parle alors de sursomption, et pour nommer un tel phénomène. En poursuivant, Vygotski (X/1997) en arrive à la généralisation suivante : aux propriétés inférieures ou simples, le domaine de l'empirisme, de l'expérience²⁷⁰, aux propriétés supérieures ou complexes, le domaine du conscient, du volontaire²⁷¹, le développement de l'un et l'autre concept se faisant, comme expliqué ci-avant, de façon ascendante pour le quotidien²⁷², et descendante pour le scientifique²⁷³.

Nota bene : nous pouvons alors, et du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, nous autoriser un léger glissement (de sens ?) du champ de la psychologie au champ de la didactique, et donc rappeler au sens de la didactique des sciences expérimentales et technologie, les quelques caractéristiques d'un concept scientifique (tableau 4-7 ; d'après Rumelhard, 1986) qui, plus que tout, ambitionne à la fois l'explication et la prévision²⁷⁴ (Astolfi & Develay, 1989).

Tableau 4-7. Caractéristiques d'un concept scientifique (d'après Rumelhard, 1986)

| |
|--------------------------|
| Caractéristique 1 |
|--------------------------|

268 Vygotski (X/1997) parle d'un heurt.

269 Vygotski (X/1997) parle d'une médiatisation.

270 Où les concepts quotidiens font apparaître leur force, les concepts scientifiques leur faiblesse.

271 Où les concepts scientifiques font apparaître leur force, les concepts quotidiens leur faiblesse.

272 « *Les concepts spontanés commencent à se développer dans la sphère du concret et de l'empirisme et évoluent vers les propriétés supérieures des concepts : le caractère conscient et volontaire.* » (Vygotski, X/1997, p. 373).

273 « *Les concepts scientifiques commencent à se développer dans la sphère du conscient et du volontaire et poursuivent leur développement en germant vers le bas dans la sphère de l'expérience personnelle et du concret.* » (Vygotski, X/1997, p. 373).

274 Entendons par là la prédiction, en cela la déduction de phénomènes non encore réalisés, et la rétrodition, en cela la déduction de phénomènes par déjà réalisés (Walliser, 1977).

| |
|--|
| Une dénomination et une définition, autrement dit un nom chargé d'un sens le plus univoque possible, contrairement aux concepts linguistiques généralement équivoques. |
| Caractéristique 2 |
| Capable de remplir une fonction opératoire, une fonction de discrimination ou une fonction de jugement, dans l'interprétation de certaines observations ou expériences. C'est un outil permettant d'appréhender efficacement la réalité, un instrument de théorie pour l'interprétation de phénomènes. Ce n'est pas un simple principe d'explication plus ou moins métaphorique, car ce qui garantit l'efficacité théorique, ou la valeur cognitive d'un concept c'est sa fonction d'opérateur, c'est par conséquent la possibilité qu'il offre de développement et de progrès du savoir. |
| Caractéristique 3 |
| Tout concept a une extension et une compréhension, un domaine et des limites de validité, étroitement dépendant d'une définition nettement fixée. Précisément, parce qu'il enferme une norme opératoire ou de jugement, un concept ne peut varier dans son extension sans rectification de sa compréhension. |
| Caractéristique 4 |
| Un concept fonctionne toujours en relation avec d'autres concepts techniques et théoriques. Il est un nœud dans un réseau de relations cohérent et organisé, et non un élément disposé à côté d'autres par simple juxtaposition. Ainsi, la formulation d'un nouveau concept peut révéler des contradictions, permettre de formuler différemment des questions dans d'autres domaines. Elle implique un bougé dans les relations entre concepts, un déplacement, une modification des définitions, et donc des extensions. Il y a donc une histoire des concepts... reste à savoir comment la penser. |
| Caractéristique 5 |
| L'histoire des concepts ne peut se dissocier d'une prise de position épistémologique. Ainsi, rejetant les problématiques ontogénétiques, les métaphores de la genèse, de l'origine, de la naissance... reste à distinguer le travail de formation du concept (faisant appel aux concepts fondamentaux d'obstacle épistémologique (Bachelard, 1938/1986), de rupture épistémologique, d'histoire de la science périmée ou sanctionnée), du travail de rectification ou de refonte, consistant à faire varier l'extension et la compréhension, à l'exporter hors de sa région d'origine... et du travail d'incorporation à la culture. |
| Caractéristique 6 |
| La formation des concepts biologiques pose des problèmes spécifiques. En particulier ils doivent se détacher de tout mécanisme par référence à une totalité, un système organisé et intégré, c'est-à-dire possédant information et régulation. |

3.4. Zone prochaine de développement et niveau présent de développement

Ainsi envisagé, le concept scientifique nous renseigne donc de l'ampleur du développement qui n'a pas encore été traversé et, par conséquent, l'intégration même dudit concept scientifique vaut anticipation au regard du développement, en cela que cette assimilation « *s'effectue dans une zone où les possibilités correspondantes ne sont pas encore venues à maturité chez l'enfant, on commence alors à comprendre que l'apprentissage des concepts scientifiques puisse effectivement jouer un rôle immense et décisif dans son développement mental.* » (Vygotski, X/1997, p. 374). De la zone prochaine de développement²⁷⁵ dont il est ici

275 Comme du niveau présent de développement ; par ailleurs, ces deux grands classiques vygotkiens ne sont que la

question, l'on comprend la nécessité lorsque, du conscient et du volontaire qui s'y rapportent, qui s'y trouvent, n'apparaissent-ils finalement et réellement que « *dans la collaboration avec la pensée de l'adulte.* » (Vygotski, X/1997, p. 373). Nous touchons ici au cœur même d'une psychologie qui se rive clairement sur l'apprentissage, laquelle suppose la possibilité du passage²⁷⁶ d'un état de capacité²⁷⁷ à un état d'incapacité²⁷⁸, en somme, la possibilité d'une élévation cognitive, voire motrice mais, dans le cadre scolaire, toujours « *en collaboration avec le maître et sous sa direction.* » (Vygotski, X/1997, p. 355). D'où l'idée que « *la zone prochaine de développement, qui définit ce domaine des passages accessibles à l'enfant, est précisément l'élément le plus déterminant pour l'apprentissage et le développement.* » (Vygotski, X/1997, p. 355) en général.

Nota bene : dans l'idée où l'« *on ne peut enseigner à l'enfant que ce qu'il est déjà capable d'apprendre.* » (Vygotski, X/1997, p. 355), tout apprentissage²⁷⁹ doit nécessairement se situer au sein de la zone prochaine de développement, cependant que, lors d'un stade ultérieur, le même apprentissage²⁸⁰ prendra le statut de niveau présent de développement ; de là l'hypothèse « *qu'à l'école l'apprentissage et le développement sont l'un à l'autre ce que la zone prochaine de développement est au niveau présent de développement.* » (Vygotski, X/1997, p. 355).

3.5. Fonction interpsychique et fonction intrapsychique

Nous l'aurons compris, l'appropriation du concept scientifique, introduit lors d'un quelconque projet d'enseignement-apprentissage, et puisqu'issue d'une certaine transposition, nécessite l'appui du concept quotidien, que représentent naturellement les expériences quotidiennes ; mais plus encore, et vis-à-vis de cela, nous faut-il envisager le rôle du langage, et notamment par rapport au développement tel qu'envisagé par Vygotski (1985), lorsqu'il permet le passage d'un être social à un individu singulier et, dit autrement, de l'interpsychique à l'intrapsychique. De Vygotski (1985), se trouve ainsi présentée « *la loi fondamentale du*

résultante « *du lien qui unit dans leur développement ces deux lignes de sens opposé* » (Vygotski, X/1997, p. 373), et que sont les développements des concepts quotidiens et scientifiques.

276 Par le biais de l'imitation qui, rappelons-le, représente « *la forme principale sous laquelle s'exerce l'influence de l'apprentissage sur le développement.* » (Vygotski, X/1997, p. 355).

277 Où l'on sait, où l'on sait faire, où l'on sait être.

278 Où l'on ne sait pas, où l'on ne sait pas faire, où l'on ne sait pas être.

279 Qui nécessite la collaboration de l'adulte.

280 Qui ne nécessite plus la collaboration de l'adulte.

développement de ces fonctions : Chaque fonction psychique supérieure apparaît deux fois au cours du développement de l'enfant : d'abord comme activité collective, sociale et donc comme fonction interpsychique, puis la deuxième fois comme activité individuelle, comme propriété intérieure de la pensée de l'enfant, comme fonction intrapsychique. » (Vygotski, 1985, p. 110-111). C'est alors que de notre langage social initial, et que l'on peut assimiler à un dialogue, devenons-nous fort d'un langage pour soi d'abord, et d'un langage intérieur ensuite où, ne nous méprenons pas, l'intériorisation ne vaut pas simple reproduction de l'activité en question. Il s'agit bien au final d'une « *reconstruction pour soi de l'organisation des actions effectuées en collaboration avec autrui. Cette reconstruction n'est pas la reproduction à l'identique sous une forme interne de ce qui était externe. L'activité en même temps qu'elle s'intériorise, se réorganise.* » (Brossard, 2004, p. 104).

Concrètement, et afin de parvenir à ladite appropriation du concept scientifique, de nombreuses reformulations²⁸¹ seront nécessaires, et dans le cadre scolaire, jusqu'à l'obtention d'un compromis, d'un consensus certain, et qui signe un travail collaboratif dévolu à l'unique étude du concept scientifique. Dans le même temps, paraît-il plus qu'essentiel, et pour éviter toute réification du savoir²⁸² en question, de rendre possible pour l'apprenant la construction du contexte même qui légitime notre concept scientifique. En effet, comme le rappelle Bernié (2002), nous ne pouvons en rien « *séparer la construction de connaissances scientifiques des réseaux de sociabilités au sein desquels la démarche de preuve et ses conditions matérielles, ses instruments, sont définis, légitimés, mis en circulation – ce qui* » (Bernié, 2002, p. 78) les rend ainsi indissociables ; en somme, retrouve-t-on ici un plaidoyer au modèle constructiviste, lequel vise avant tout l'articulation entre le savoir et les individus qui l'acquièrent activement et le reconstruisent. Ayant alors perçu l'existence de tel ou tel champ, de telle ou telle “communauté discursive”, et l'intérêt de s'y instituer énonciateur²⁸³, l'apprenant peut alors se transformer, cognitivement parlant, et quand bien même lui reste-t-il, bien entendu, à s'appropriier les contenus conceptuels desdits champs²⁸⁴ (Brossard, 2004).

281 Tout aussi bien de la part de l'apprenant que de l'enseignant où, lors d'un travail dialogique, l'on vise « *la création d'un univers intersubjectif, univers fait de semi-compréhensions, de tensions, de décalages, de reprises et de renégociations, de contrats tacites en perpétuelles* » (Brossard, 2004, p. 34) négociations renouvelées.

282 Par réification du savoir, faut-il entendre l'habitude, tout aussi bien de la part de l'apprenant que de l'enseignant, de considérer d'abord les objets d'un apprentissage comme existant par eux-mêmes, et devant ensuite être transmis, acquis, emmagasinés et restitués aussi fidèlement que possible lors de tests de connaissances.

283 Il s'agit là, selon Brossard (2004), d'un moteur externe du développement.

284 Il s'agit là, selon Brossard (2004), d'un moteur interne du développement où, avec la zone prochaine de développement, nous retrouvons « *des niveaux différents de conceptualisation : d'une part le niveau de développement atteint jusqu'alors par l'élève et d'autre part les formes plus élaborées de conceptualisation construites dans la situation didactique sous une forme collaborative avec le maître.* » (Brossard, 2004, p. 187).

3.6. Conclusion

De tout cela, pouvons-nous retenir que les concepts quotidiens et les concepts scientifiques, tels deux pôles en pleine dynamique, connaissent un rapport dialectique quand d'une part, il est question de rupture épistémologique, et quand d'autre part, il est question de continuité psychologique, là où Bachelard (1949) envisageait, pour sa part, les connaissances communes et les connaissances scientifiques comme coexistant irrévocablement ensemble et chez un même individu, lequel « *est finalement un homme pourvu de deux comportements.* » (Bachelard, 1949, p. 104), dans ce cas-ci. De la “communauté discursive” en elle-même, doit-on comprendre à présent qu'elle engage à une « *nécessaire construction à l'école de nouveaux rôles sociaux, à articuler avec de nouveaux savoir-faire, informés par une référence en actes aux pratiques sociales et langagières des communautés* » (Bernié, 2002, p. 82) auxquelles on se réfère ; ou de l'importance, dans l'esprit de Develay (1987) et de Martinand (1989), d'une “pratique sociale de référence”, notamment lors du processus de “transposition didactique”. C'est alors pour nous l'occasion de revenir sur les fondements, et si ce ne sont plutôt les conséquences mêmes de la “transposition didactique”, et telles qu'elles ont pu d'abord être définies par Verret (1975), pour ensuite être reprises dans le domaine de la didactique –des mathématiques– par Chevallard (1985) :

une dépersonnalisation du savoir, en cela le fait d'assurer une « *séparation du savoir et de* » (Verret, 1975, p. 146) son père géniteur ;

une désyncrétisation du savoir, en cela le fait d'assurer une « *division de la pratique théorique en champs de savoir délimités donnant lieu à des pratiques d'apprentissage* » (Verret, 1975, p. 146) particulières ;

une programmabilité –de l'acquisition– du savoir, en cela la résultante de la dépersonnalisation et de la désyncrétisation du savoir, et puisqu'elle permet une « *programmation des apprentissages et des contrôles suivant des séquences raisonnées permettant une acquisition progressive* » (Verret, 1975, p. 146) du savoir en jeu.

Nota bene : si la programmabilité –de l'acquisition– du savoir ne se révèle que peu problématique, et ce par le biais des programmes d'enseignement, il en est tout autre de la

dépersonnalisation et de la désyncrétisation du savoir. De la dépersonnalisation²⁸⁵ d'abord, il apparaît en effet qu'elle serait, et selon Develay (1987), en partie responsable de la « *dogmatisation du savoir à enseigner*. » (Develay, 1987, p. 131), et puisque notre savoir à enseigner est alors, la plupart du temps, vierge de toutes traces de moments de controverses. De la désyncrétisation ensuite, lorsque l'étude de tel ou tel thème se voit découpée, fragmentée en l'étude de multiples sous-thèmes, et ce qui n'aide pas, loin de là, au travail des concepts scientifiques qui, nous le savons, restent structurés en systèmes, et imposent donc des mises en relation, diverses et variées²⁸⁶, dans l'unique but de pouvoir raisonner avec justesse.

Revenant à la “pratique sociale de référence”, il apparaît clairement, et nous l'avons déjà montré, qu'il nous faille au mieux faire vivre dans l'activité d'apprentissage ce qui, précisément, se joue dans l'activité de recherche ; ou de la construction d'une communauté discursive scientifique scolaire, à l'image de la communauté discursive scientifique. Sur la forme, et lorsqu'il s'agit d'arriver à l'explication attendue, les débats scientifiques²⁸⁷ semblent alors de mise, et puisqu'ils permettent une construction, pleine ou partielle, du problème posé (Orange, 2000, (2003), 2007b) à travers, on le sait déjà, l'exploration du champ des explications possibles (Orange, 2002a, 2005a, 2007b). De tels moments d'argumentation, de controverses... qui permettent de faire vivre pleinement la surveillance intellectuelle de soi (Bachelard, 1949), peuvent alors donner naissance aux investigations empiriques, et qu'elles se manifestent sous la forme d'une démarche documentaire, expérimentale, de modélisation, d'observation... ainsi fait, l'apprenant se trouve en prise avec la communauté discursive scientifique et, plus précisément, avec ses produits culturels transposés.

Nous l'avons vu, et dans l'activité de recherche, la mise en texte du savoir, lorsqu'elle nécessite une mise à distance de l'action, s'accompagne inexorablement d'un effacement soudain, et plus ou moins prononcé, de la pratique scientifique ayant permis la découverte de l'explication en jeu ; de cela, s'en dégage ainsi, et c'est bien là le but visé, un texte produit au plus possible autoréférentiel, et donc autonome, répondant alors plus ou moins directement à

285 Que Develay (1987) image par la regrettable absence de relations entre les individus qui façonnent le savoir savant et les individus qui façonnent le savoir à enseigner.

286 Mais entre concepts scientifiques.

287 Qui traduisent ainsi, et à l'évidence, l'importance du langage dans les activités et les apprentissages scientifiques. Remarquons que, dans le même état d'esprit, Jaubert et Rebière (2002) parlent d'oraux réflexifs, et qu'il convient d'articuler à des écrits réflexifs.

un panel de textes antérieurement produits. Ramené à l'activité d'apprentissage, il semble donc particulièrement questionnant, tout du moins de notre point de vue, de n'avoir plus traces du processus ayant justement conduit au texte du savoir, et pour que l'institutionnalisation dudit savoir ne soit pas trop détachée de l'investigation précédemment menée. C'est pourquoi, toujours dans le cadre de la “transposition didactique”, nous insisterons sur l'importance d'un texte produit²⁸⁸, lors de la phase d'institutionnalisation d'un quelconque projet d'enseignement-apprentissage, qui parvienne à la fois à n'être pas trop singulier²⁸⁹, et pour être autoréférentiel, tout en gardant la trace du problème scientifique auquel il tente d'apporter une solution ; ou d'une certaine façon, une tension qu'il conviendra de gérer au mieux.

288 Qui, bien entendu, est reconnu par la communauté discursive scientifique.

289 Le texte produit doit en effet se réclamer d'un certain caractère de généralité.

Terminant ici la partie théorique de notre manuscrit de recherche, avec une meilleure compréhension du lien qui peut unir la problématisation scientifique aux activités langagières (nous pensons notamment à la secondarisation du discours), nous nous proposons de rappeler alors les première et seconde formulations de la question de recherche ; recherche qui, globalement, vise à mieux comprendre la façon dont les apprenants sont amenés à s'engager dans la construction de savoirs scientifiques, dans le cadre de la démarche d'investigation.

PREMIÈRE FORMULATION DE LA QUESTION DE RECHERCHE

Le modèle d'“investigation-structuration” représenterait un levier, un point d'appui à partir duquel nous pourrions penser l'articulation de l'investigation à la problématisation et, finalement, l'articulation de la construction à la résolution du problème scientifique en jeu. Nous faisons donc l'hypothèse que l'organisation de moments structurants au cours de séquences d'enseignement-apprentissage rendent possible, sur le temps des investigations empiriques, la poursuite de la problématisation, engagée sur le temps du débat scientifique.

SECONDE FORMULATION DE LA QUESTION DE RECHERCHE

La deuxième fonction des investigations empiriques, à savoir la mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003), serait la mieux à même de rendre possible l'articulation de l'investigation à la problématisation et, finalement, l'articulation de la construction à la résolution du problème scientifique en jeu.

Chapitre 5. Problématisation scientifique et méthodologie de travail

Introduction

Nous avons, au cours de ces quatre derniers chapitres, abordé un certain nombre d'éléments théoriques permettant d'alimenter notre problématique de recherche d'une part, et de nous fournir des instruments, des outils d'analyse de l'activité de problématisation d'autre part : ici-même basculons-nous donc de la partie théorique à la partie empirique de notre manuscrit de recherche. Avant toute analyse de quelque dispositif didactique que ce soit, et qui permettrait d'invalider ou, nous l'espérons, de valider notre hypothèse de travail, nous devons sur le temps de ce chapitre apporter quelques éléments d'ordre méthodologique, afin de mieux comprendre la mise en œuvre et l'analyse à venir de l'un et l'autre recueils de données.

Pour ce faire, nous exposerons dans une première partie la philosophie, en termes d'intentions didactiques s'entend, du dispositif didactique scientifique dont nous ne nous sommes pas départis de l'un à l'autre recueil de données, le tout, au regard du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons. C'est ainsi que nous développerons les différents temps forts de la démarche d'investigation, et que sont l'évaluation diagnostique, le débat scientifique, et les investigations empiriques, auxquelles nous associerons respectivement la "perception" du problème, l'articulation de la perception et de la construction du problème, et l'articulation de la construction et de la résolution du problème. Sous la forme de grilles de lecture, nous détaillerons dans une deuxième partie les instruments, les outils utiles à l'analyse fine des représentations initiales de nos jeunes apprenants, lors de l'évaluation diagnostique. Après quoi, nous expliciterons dans une troisième partie l'analyse même du débat scientifique, se déclinant au demeurant en deux temps : thématique d'abord, avec la méthodologie de Fabre et Orange (1997), pour le repérage et l'articulation des épisodes thématiques en jeu, et notamment argumentatifs, épistémologique ensuite, avec la méthodologie d'Orange (2000), pour le repérage et l'articulation des contraintes et nécessités en jeu. Enfin, nous dévoilerons dans une quatrième partie l'analyse même des investigations empiriques en termes de problématisation scientifique : ce sera l'occasion de mettre en lumière quelques moments particulièrement clefs, et plus structurants que d'autres, le tout au regard de notre hypothèse de travail.

Précisons d'emblée, à l'image d'Orange (2010), que nous n'ambitionnons pas de nous inscrire au sein de quelque ingénierie didactique²⁹⁰ que ce soit mais que, pour des raisons diverses, nous préférons de loin la notion de situations d'enseignement-apprentissage forcées où, notamment, le travail du chercheur ne se confond pas avec le travail de l'ingénieur : en effet, nous pouvons remarquer que quand « *le chercheur produit une phénoménologie, ce n'est pas dans le but de proposer un artefact technique mais pour produire des artefacts théoriques.* » (Orange, 2010, p. 76). Globalement, faut-il alors retenir d'un tel cadre que l'enseignant, dont la pratique peut d'ailleurs être qualifiée d'experte, est invité à penser avec le chercheur la construction même du projet d'enseignement-apprentissage en jeu. Aussi a-t-il été, et pour ce qui nous concerne, progressivement sensibilisé au cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, ainsi qu'à l'hypothèse de travail que nous faisons. C'est pourquoi s'ajoutent aux objectifs d'enseignement de l'enseignant, quand il est question d'apprentissages scolaires, un ensemble d'objectifs de recherche du chercheur, évidemment propres à notre question de recherche initiale. De même, n'oublions pas que de telles « *situations construites sont contraintes par la théorie qu'elles contribuent à faire évoluer ; elles n'ont donc pas vocation à être exemplaires puisqu'elles n'existent que dans un cadre donné.* » (Orange, 2010, p. 76). Ajoutons enfin qu'en dépassant l'ingénierie didactique pour aboutir aux situations forcées, nous tentons de concilier des intérêts que nous n'espérons pas contradictoires, à savoir le développement de la recherche d'un côté, pour le chercheur, et le développement de l'enseignement de l'autre, pour l'enseignant, et ce bien que la question de la formation initiale et continue des enseignants ne soit pas notre toute première préoccupation.

1. Philosophie du dispositif didactique scientifique

Il s'agit là, au regard de la démarche d'investigation, de présenter brièvement les fonctions didactiques des diverses étapes d'un projet d'enseignement-apprentissage en sciences (Lhoste, 2005), quel qu'il soit, et ce bien évidemment par rapport au cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, et qui se concrétise sous la forme d'une "situation de pratique scolaire" (tableau 2-2 ; d'après Lhoste, 2007).

²⁹⁰ Laquelle, sous le contrôle de la théorie, vise à produire des situations d'enseignement-apprentissage, efficaces on l'espère.

1.1. L'évaluation diagnostique, ou la “perception” du problème

Puisque l'évaluation diagnostique vise avant tout l'émergence des représentations initiales²⁹¹, c'est tout d'abord peut-être là pour nous l'occasion de rappeler les « *deux conditions qui nous paraissent indispensables pour qu'une représentation devienne opératoire dans le champ de la didactique de la biologie, à savoir premièrement, que la situation de problèmes dans laquelle ces représentations sont construites soit une situation qui pose un problème de physiologie, plus généralement de fonctionnement, et que, deuxièmement, la fonction étudiée soit signifiante et clairement identifiée comme telle par l'ensemble des élèves de la classe.* » (Ridao, 1993, p. 123).

1.1.1. La dévolution du projet d'apprentissage

Parler d'une position, voire d'une perception du problème par les apprenants à ce stade du projet d'enseignement-apprentissage serait sans doute illusoire (Beorchia, 2005) et bien qu'idéal ; en revanche, peut-il être affirmé sans retenue que l'évaluation diagnostique « *a pour fonction de les engager dans une première réflexion sur leurs idées personnelles.* » (Beorchia, 2005, p. 125). Sa mise en place doit nécessairement et en premier lieu permettre à l'enseignant²⁹² d'accéder, à l'issue de l'analyse rigoureuse des productions obtenues, aux systèmes explicatifs²⁹³ des apprenants, et quant à l'objet d'étude annoncé. Aussi se doit-elle et en second lieu d'être renvoyée de l'enseignant à l'apprenant pour que, de ce qu'il sait et ne sait pas, de ce qu'il sait faire et ne pas faire, de ce qu'il sait être et ne pas être... émergent des besoins légitimes en termes d'apprentissage, de l'écart constaté de leur propre production, et en cela de leurs possibilités d'action, à la réalisation attendue : l'apprenant, au travers de l'individualisation du projet d'apprentissage, devient ainsi l'authentique et le digne acteur de, nous l'espérons, la réussite de ses apprentissages.

291 Lesquelles, et comme le souligne Giordan (1983/1987), nous fournissent à la fois une grille d'analyse(s) aux réalités de l'apprenant, et un indicateur d'obstacle(s) aux apprentissages de l'apprenant ; en somme, s'agit-il ici d'éléments de diagnostic.

292 Et dans notre cas, au chercheur.

293 Lesquels, comme le rappelle Lhoste (2006), prennent le plus souvent la forme d'une chronique, et où ce que l'on peut également reprendre sous le terme d'idées, sont articulées seulement temporellement (là où il n'est pas question de contraintes et de nécessités), et non fonctionnellement (là où il est question de contraintes et de nécessités) ; ainsi et pour exemple : « *L'aliment est mâché dans la bouche puis il descend dans l'estomac, il est dissout puis envoyé dans le gros intestin et il est trié, les nutriments passent par le sang et ils sont envoyés dans le muscle.* » (Kévin, 3^e).

1.1.2. La dévolution du projet d'activité

Aussi et en référence à notre modèle de “construction du sens” référé à une problématique de projet(s) (figure 2-4 ; Le Bas, 2007, p. 116), paraît-il plus que nécessaire de lier ici la présente évaluation diagnostique au projet d'activité, lequel, on le sait, permet l'articulation des apprentissages à un but –concret, le tout au regard, naturellement, d'une “pratique sociale de référence”. C'est ainsi que, pour ce qui nous concerne, la classe, à la façon de ce qui pourrait ressembler à une communauté discursive scientifique, sera amenée à élaborer un poster à destination du public, et qui rende compte de leurs travaux d'investigation sur l'un et l'autre objet d'étude, le tout dans le cadre de l'opération “Un poster pour la science”, mise en place par la DSDEN de la Manche (annexe 5-1).

1.2. Le débat scientifique, ou l'articulation de la perception et de la construction du problème

1.2.1. Fondements didactiques du débat scientifique

Il s'agit ici, au détour d'une confrontation entre apprenants, de commencer à travailler en profondeur les systèmes explicatifs précédemment proposés –lors de l'évaluation diagnostique, et d'ainsi assurer, pour reprendre Le Bas (2008), un temps de situation par rapport à l'action, ou de reconstruction du problème qui, par là même, rend possible la mise au travail des inévitables et récurrents obstacles épistémologiques (Bachelard, 1938/1986). Aussi et de par la mise en place d'une situation propice aux conflits cognitifs et / ou socio-cognitifs, les apprenants sont-ils ici amenés à s'expliquer, à prendre conscience de leur raisonnement propre, comme d'éventuels dysfonctionnements s'y référant, et d'où une possible remise en cause de leur système explicatif (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000). Mais plus encore, et comme le rappelle Orange (2000, (2003), 2007b), l'enjeu du débat scientifique repose avant tout sur la construction, pleine ou partielle, du problème posé²⁹⁴, à travers l'exploration du champ des explications possibles (Orange, 2002a, 2005a, 2007b), laquelle peut alors aboutir à diverses nécessités sur le modèle [ou les modèles], lesquelles, nous pouvons le souligner,

294 Beorchia (2005) préfère d'ailleurs ici parler de problème perçu que de problème posé, et pour accentuer l'idée que ce n'est pas parce que le problème est posé par l'enseignant qu'il est perçu par l'apprenant. Ainsi, l'on parle de perception du « *problème, quand, lors de la recherche d'une réponse à une question, tout le monde n'a pas la même réponse (controverse) ou quand il n'a pas de réponse (échec) ou encore quand sa réponse est incomplète ou non satisfaisante (difficulté). Mais cela peut rester totalement implicite. Poser le problème, c'est en sus être capable de formuler l'incertitude, le doute, la difficulté qui résulte de cette perception. De l'implicite d'un problème, on passe à de l'explicite. Du subjectif ou de l'intersubjectif, on passe à de l'objectif. Mais percevoir le problème, voire le poser, n'est pas le construire.* » (Beorchia, 2005, p. 124).

restent assurément « *plus importantes que les solutions trouvées par les élèves et que celles, plus proches du savoir actuel, qu'ils construiront lors du travail qui suit dans la séquence. Une telle étude aboutit donc, par ces nécessités, à un savoir apodictique.* » (Orange, 2007b, p. 12). Le débat scientifique, lorsqu'il vise la construction du problème, n'a d'autre ambition que l'examen critique des différentes solutions afin d'en tester la solidité, la validité, et en cela les raisons qui fondent les idées (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000) ; il s'inscrit à l'évidence dans ce dédoublement de la pensée initialement décrit par Bachelard (1949), où toute « *pensée assertorique en sciences permet de fixer certains éléments (faits, principes, formes) qui ne sont pas discutés mais admis, tandis que la pensée apodictique travaille à comprendre ce qui, parmi un certain nombre de possibles envisagés, peut être retenu en fonction de conditions de validité. Pour un problème donné, ces normes (qui dépendent à la fois du mode de pensée choisi et de ce qui caractérise l'objet étudié) ne sont pas arbitraires mais définies dans un certain cadre de recherche* » (Beorchia, 2005, p. 125). Concrètement, et afin de n'en rester pas à la connaissance commune (Bachelard, 1949), s'agira-t-il alors de travailler la mise en relation, en tension, entre faits constatables et idées explicatives, entre registre empirique et registre du modèle [ou des modèles], et qui sont « *confondus dans la phénoménologie de première prise ou pensée commune.* » (Beorchia, 2005, p. 125) : le débat scientifique, qui s'inscrit à plein dans une épistémologie rationaliste de l'activité scientifique, aura ainsi à cœur de les bien articuler. Ce faisant, l'on peut ainsi « *passer d'une connaissance commune à un savoir scientifique dans la mesure où ce savoir acquiert une valeur d'apodicticité.* » (Lhoste, 2005, p. 156).

Nota bene : remarquons, et toujours pour Beorchia (2005), l'association privilégiée de la contrainte au registre empirique, et de la nécessité au registre du modèle [ou des modèles], et donc de l'association de l'assertorique aux faits constatables, et de l'apodictique aux idées explicatives, point de vue que nous ne défendons pas et qui a, en réalité, depuis été complété, et comme nous l'avons vu ci-avant (Lhoste, 2008a).

1.2.1.1. Préparation du débat scientifique

D'usage, le débat scientifique se prépare ou, tout du moins, a la possibilité de se préparer au moyen de travaux de groupes, lesquels sont, à l'issue de l'évaluation diagnostique,

constitués d'homogène façon²⁹⁵. Le travail peut alors consister en la production d'une affiche²⁹⁶ et qui répond au questionnement initial, d'où une nécessaire harmonisation des idées présentes au sein de chaque groupe, et qui peut aboutir à une appropriation meilleure, par les apprenants eux-mêmes, de leurs propres productions destinées, au sein de cette communauté discursive scientifique, à la présentation. En raison de cela, peut-on légitimement espérer que, sur le temps de cette « *séance, la confrontation des productions individuelles par groupes homogènes d'explications va conduire à une tentative plus élaborée (car devant être présentée devant la classe), peut-être dans certains cas plus riche en éléments explicatifs. La question (ou le problème) commence à être cernée de façon plus précise : on commence à comprendre de quoi on parle et ce qu'on cherche à expliquer.* » (Beorchia, 2005, p. 125).

1.2.1.2. Organisation du débat scientifique

Le débat scientifique²⁹⁷ en lui-même, animé et régulé par l'enseignant qui recadre les éventuelles digressions, peut alors se dérouler avec la présentation des différentes affiches, de la moins élaborée à la plus sophistiquée, lesquelles ne manqueront pas d'être interrogées par l'ensemble des apprenants, tout comme par l'enseignant²⁹⁸, et ce en vue d'aboutir, en plus de questions productives, à la mise en relation, en tension, de contraintes et de nécessités qui, bien entendu peuvent avoir été anticipées et, en d'autres termes, à « *la recherche non d'une solution mais des raisons qui fondent les explications proposées par les élèves (Orange, 2000).* » (Beorchia, 2005, p. 126). C'est pourquoi, et toujours selon Beorchia (2005), le débat scientifique est seul à même de réunir les conditions propres à la manifestation de la problématisation, et que l'on retrouve au travers de moments d'argumentation, de controverses, et de mise en relation, en tension, du registre empirique et du registre du modèle [ou des modèles] ; plus précisément, à la perception du problème les moments de controverse ou d'énigme (Fabre, 1999), et à la construction du problème les moments de mise en relation, en tension, de contraintes et de nécessités. En définitive, problématiser en sciences revient à

295 Et ce afin d'éviter que l'énigme et la controverse ne s'engagent sur ce temps-ci.

296 Comprenant un schéma et un texte explicatifs.

297 Qui, comme le soulignent subtilement Astolfi, Peterfalvi et Vérin (1998), sera nécessairement dialogale quant à la forme, mais pas nécessairement dialogique quant à la structure, et si l'on se contente de « *pratiques de cours dialogué qui voient le maître se contenter de susciter des réactions multiples parmi lesquelles il choisira celles qui font le mieux "avancer son cours"*. » (Orange, 2000, p. 55) : il s'agit là d'une structure monologique « *où, derrière cette forme, n'existe qu'une progression thématique unique, et non deux discours qui se confrontent.* » (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 33).

298 Lequel, lorsqu'il interroge le pourquoi de telle ou telle proposition –d'un apprenant, cherche en fait, et comme le rappelle Fabre (1999), à révéler les raisons qui fondent les idées de telle ou telle proposition, telle « *une exploration des possibles visant à en cerner les limites et les fondements.* » (Beorchia, 2005, p. 126).

passer des idées aux raisons qui les fondent, au moyen de l'articulation du registre empirique et du registre du modèle [ou des modèles], le tout en vue d'accéder à un savoir scientifique, c'est-à-dire de nature apodictique.

1.2.2. Atouts didactiques du débat scientifique

Si l'intérêt porté aux interactions langagières entre apprenants et dans le cadre scientifique n'est pas nouvelle (Giordan, 1983/1987), remarquons que la « *référence explicite au travail du chercheur* » (Orange, 2000, p. 55-56), et que l'on doit à Johsua et Dupin (1989), permet d'envisager les choses de façon nouvelle ; les atouts didactiques qui en découlent sont au nombre de quelques uns (Orange, 2000) :

dépassant²⁹⁹ l'idée du changement conceptuel (Orange, 2002a) et qui comprend, dans sa mise en œuvre, les conflits cognitifs et / ou socio-cognitifs (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000), l'idée du changement épistémologique (Orange, 2002a), au moyen de la confrontation, de l'explicitation et de la justification des contraintes repérées (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000), permet d'entrevoir, et bien que non sans mal, un travail où la coopération mène à la solution (Johsua & Dupin, 1989), et qui se veut éminemment plus positif, pense-t-on, que le simple modèle de repérage, fissuration et franchissement de l'obstacle épistémologique (figure 1-2 ; Astolfi & Peterfalvi, 1993, p. 119). Plus qu'une aide, le débat scientifique s'envisage ainsi et dans ce cadre telle une condition des plus nécessaires à la pratique de l'activité scientifique ;

loin de cantonner l'apprenant dans le rôle du néophyte, du novice qui, au regard de l'expert et malgré son ardeur, sa ferveur et si ce n'est son zèle, doit combler ses lacunes, le débat scientifique, de par sa nature, l'encourage et l'amène à endosser au plus vite l'habit, la posture du chercheur –certes au peu d'expérience (Dumas-Carré & *al.*, 1989 ; Gil-Pérez, 1993), et ce en raison de l'appel évident à l'activité de recherche –scientifique. Le tout, naturellement, au regard de la “pratique sociale de référence” que nous avons décidé de suivre ;

le débat scientifique, puisqu'il a et, à l'évidence, la possibilité de s'inscrire dans une épistémologie rationaliste de l'activité scientifique, tend à contrebalancer la tendance naturelle, ou presque, d'une épistémologie empiriste de l'activité scientifique, et où ladite activité scientifique se résume finalement, et seulement au travail d'investigations³⁰⁰ (Gil-

299 La dépasser n'est pas la rejeter mais, dans le cas présent, l'accompagner.

300 Telles que, pour l'essentiel, l'expérimentation et l'observation.

Pérez, 1993 ; Newton & Driver, 1999). Conjointement, il s'en faut également de peu avant d'arriver à ce que tous nos « *savoirs scientifiques apparaissent comme définitivement acquis, irréfutables et cumulatifs, la science ne pouvant que progresser.* » (Jaubert, 2007, p. 36), et au sein d'une telle perspective ;

délaissant un instant l'emblématique Bachelard, lequel est, parmi quelques autres, au fondement épistémologique même du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, le débat scientifique, lorsqu'il use de l'argumentation, fait écho au tout aussi emblématique Popper et à l'une des fonctions supérieures et autonomes de notre langage qui, en somme, porte l'idée que l'art de raisonner équivaut en tout point à l'art d'argumenter. Finalement, la science se résumerait alors à un processus d'élaboration de savoirs au moyen de conjectures (Newton & Driver, 1999), et l'argumentation à un processus que l'on pourrait qualifier de rationalisation (Driver, Newton & Osborne, 2000).

1.3. Les investigations empiriques, ou l'articulation de la construction et de la résolution du problème

Bien que « *d'avantage orientée vers la résolution du problème puisque l'on vise à comprendre les explications scientifiques actuelles par l'intermédiaire des documents scientifiques proposés.* » (Beorchia, 2005, p. 126), entre autres, il n'en reste pas moins que soit possible, au-delà de la simple validation et / ou invalidation d'hypothèses issues du débat scientifique (tableau 2-2 ; d'après Lhoste, 2007), une reprise de la construction³⁰¹ du problème : on le sait maintenant, apporter « *de nouvelles données dans les documents est une autre occasion d'exploration des possibles (ceux proposés par les documents éventuellement différents de ceux proposés par les élèves) qui peut conduire à l'émergence de nouvelles raisons* » (Beorchia, 2005, p. 126-127). Si, du point de vue des fonctions épistémologiques des investigations empiriques, le premier³⁰² cas se rattache à la mise à l'épreuve d'un modèle (Orange, 2000, 2003), le second³⁰³, et comme nous l'avons montré ci-avant, se rattache à la mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003).

301 Et l'on peut alors parler de reconstruction.

302 Celui de la résolution du problème.

303 Celui de la construction ou, plus justement, de l'articulation de la construction et de la résolution du problème.

Aussi et bien que sujet à moult réajustements en situation, notamment à l'issue de l'évaluation diagnostique, voire du débat scientifique, la trame des actions didactiques portant sur le temps des investigations empiriques aura été anticipée, et ce grâce à l'analyse rigoureuse des thèmes d'étude proposés³⁰⁴, d'un point de vue épistémologique s'entend. Subséquemment, la mise en évidence de quelques obstacles épistémologiques (Bachelard, 1938/1986) majeurs et relatifs à nos objets d'étude, et comme nous le verrons ci-après, nous permettra, dans le cadre des investigations empiriques, d'envisager un certain nombre de contenus d'enseignement.

Comprenons bien enfin que réside, avec ce troisième temps fort de la démarche d'investigation, toute l'originalité de ce travail de recherche, puisque nous faisons en effet l'hypothèse que l'organisation de moments structurants au cours de séquences d'enseignement-apprentissage rendent possible, sur le temps des investigations empiriques, la poursuite de la problématisation, engagée sur le temps du débat scientifique.

304 À savoir la nutrition végétale et la reproduction végétale.

2. Analyse de l'évaluation diagnostique en termes de problématisation scientifique

Ici-même, nous reporterons-nous utilement à nos propres documents de travail, et que nous proposons à nos étudiants dans le cadre de la préparation au master MEEF, pour ce qui a bien évidemment trait au domaine des sciences de la vie et de la Terre. Ainsi nous servirons-nous de différents référentiels, avec :

d'abord, une grille de lecture des différentes représentations de la nutrition végétale (équipe de didactique des sciences, EN de la Manche (Saint-Lô)), et pour ce qui concerne notre premier recueil de données ;

ensuite, une grille de lecture des différentes représentations de la reproduction animale (équipe de didactique des sciences, EN de la Manche (Saint-Lô)), et pour ce qui concerne notre second recueil de données. En effet, et bien que ce dernier porte sur le thème d'étude de la reproduction végétale, nous pensons malgré tout pouvoir effectuer utilement quelques mises en relations, d'un thème d'étude à l'autre.

2.1. Référentiel pour l'analyse des conceptions des apprenants sur le thème d'étude de la nutrition végétale : le cas des végétaux supérieurs

Les conceptions des apprenants sur le thème d'étude de la nutrition végétale, et plus particulièrement des végétaux supérieurs, peuvent être analysées selon deux référentiels :

l'un en termes de questions fondamentales –auxquelles doit répondre toute conception sur la nutrition des végétaux supérieurs → une telle analyse permet plus particulièrement de préparer la situation-problème et la phase d'aide à la problématisation ;

l'autre en termes de grandes conceptions → une telle analyse permet plus particulièrement de faire une évaluation diagnostique et de définir des objectifs.

2.1.1. Référentiel en termes de questions fondamentales

Toute explication sur la nutrition des végétaux supérieurs, à l'école élémentaire, peut être interrogée de la façon qui suit :

la plante prend-elle quelque chose dans le sol et qu'y prend-elle ?

quels sont les échanges de la plante avec l'atmosphère ?

la plante a-t-elle besoin de lumière et pourquoi ?

2.1.2. Référentiel en termes de grandes conceptions

La présente typologie repose sur une analyse épistémologique du savoir en jeu, laquelle prend bien évidemment en compte l'étude historique des conceptions sur la nutrition des végétaux supérieurs.

2.1.2.1. Nutrition des végétaux supérieurs à partir du sol

Principe fondamental

Les substances qui servent de nourriture à la plante sont toutes captées par les racines, et viennent du sol.

Sous-catégories :

la plante prend dans le sol des éléments à l'état solide, telle de la terre, ou même des petits animaux, et boit de l'eau ;

la plante prend dans le sol de l'eau, ainsi que des substances du sol.

Pertinence et caractéristiques psychologiques

Cette idée explicative d'une nutrition des végétaux supérieurs à partir du sol est psychologiquement très forte ; elle est d'ailleurs le type même de l'obstacle épistémologique (Bachelard, 1938/1986) que l'on rencontre et ô combien souvent en sciences. À cela, peut-on trouver diverses causes, à savoir :

le mythe de la terre nourricière, et qui conduit à une survalorisation des apports nutritifs par le sol ;

l'instinct réaliste, et qui voit dans la nourriture quelque chose de consistant, qui peut

d'ailleurs donner lieu à une ingurgitation gourmande, ce qui empêche alors la possibilité d'une nourriture à partir de gaz ;

la référence anthropomorphique, et qui cherche dans la plante une nutrition du même type que celle de l'Homme, en cela une nourriture à l'état solide ou liquide, et qui n'entre que par une seule entrée, à savoir les racines.

2.1.2.2. Nutrition des végétaux supérieurs à partir du sol et respiration

Principe fondamental

Les substances qui servent de nourriture à la plante sont toutes captées par les racines, et viennent du sol ; s'ajoute à cela la question de la respiration.

Sous-catégories :

la plante prend dans le sol de l'eau, ainsi que des substances du sol. De plus et comme pour les animaux, elle présente des échanges respiratoires avec l'atmosphère ;

la plante prend dans le sol de l'eau, ainsi que des substances du sol. Elle présente une respiration inverse de celle des animaux, mais l'entrée du CO₂ n'est alors pas considérée comme nutritive.

Pertinence et caractéristiques psychologiques

Cette idée explicative d'une nutrition des végétaux supérieurs à partir du sol et respiration ne présente que peu de différences d'avec la précédente ; il n'y a donc pas ici nécessairement de rupture à opérer.

2.1.2.3. Nutrition des végétaux supérieurs à partir de la photosynthèse

Principe fondamental

Pour fabriquer sa propre matière, la plante a davantage besoin du CO₂ de l'atmosphère, que de l'eau et des substances du sol, à savoir les sels minéraux.

Pertinence et caractéristiques psychologiques

Cette idée explicative d'une nutrition des végétaux supérieurs à partir de la photosynthèse paraît, à l'école élémentaire, difficile à atteindre, et tant sa véritable compréhension demande une connaissance des processus physico-chimiques qui régissent les lois de la nature, et donc du vivant.

2.2. Référentiel pour l'analyse des conceptions des apprenants sur le thème d'étude de la reproduction animale : le cas de l'Homme

Les conceptions des apprenants sur le thème d'étude de la reproduction animale, et plus particulièrement de l'Homme, peuvent être analysées selon deux référentiels :

l'un en termes de questions fondamentales –auxquelles doit répondre toute conception sur la reproduction de l'Homme → une telle analyse permet plus particulièrement de préparer la situation-problème et la phase d'aide à la problématisation ;

l'autre en termes de grandes conceptions → une telle analyse permet plus particulièrement de faire une évaluation diagnostique et de définir des objectifs.

2.2.1. Référentiel en termes de questions fondamentales

Toute explication sur la reproduction de l'Homme, à l'école élémentaire, peut être interrogée de la façon qui suit :

qui fournit le principe géniteur ? (en cela, l'élément qui est à l'origine de l'enfant)

l'enfant préexiste-t-il d'abord dans l'élément géniteur en petit, et grandit-il ensuite, ou bien se forme-t-il progressivement ?

2.2.2. Référentiel en termes de grandes conceptions

La présente typologie repose sur une analyse épistémologique du savoir en jeu, laquelle prend bien évidemment en compte l'étude historique des conceptions sur la reproduction de l'Homme. Aussi, deux axes d'analyse peuvent-ils ici être utilisés ; toutefois, ils correspondent à des notions qui, pour ainsi dire, sont imbriquées.

2.2.2.1. Premier axe d'analyse : le principe géniteur

Aucun des deux parents n'est nécessaire → il s'agit là de la conception de la génération spontanée.

Un des deux parents est nécessaire : il fournit le principe essentiel de la génération :

soit la mère seule → il s'agit là de la conception oviste ;

soit le père seul → il s'agit là de la conception animalculiste, ou spermatiste.

Les deux parents sont nécessaires : ils fournissent chacun un élément essentiel de la génération → il s'agit là de la conception fécondationniste.

2.2.2.2. Second axe d'analyse : la formation de l'enfant

L'enfant est préformé dans l'élément géniteur ; il préexiste d'abord en petit, et grandit ensuite → il s'agit là de la conception préformationniste, ou préformiste.

L'enfant n'est pas préformé dans l'élément géniteur ; d'une masse informe, il croît et se développe en se modifiant progressivement → il s'agit là de la conception épigéniste.

Quelques remarques

À l'école élémentaire, reste-t-il tout à fait envisageable de travailler sur les deux axes d'analyse, et de façon indépendante.

Les “objectifs-obstacles” (Martinand, 1986) possibles sont d'une part le passage d'une conception oviste à une conception fécondationniste, d'autre part le passage d'une conception animalculiste, ou spermatiste, à une conception fécondationniste, ou bien encore le passage d'une conception préformationniste, ou préformiste, à une conception épigéniste. En effet, n'oublions pas que d'un point de vue historique, le passage de la conception préformationniste, ou préformiste, à la conception épigéniste a été associée au passage à la conception fécondationniste.

De façon plus approfondie, est-il également possible de travailler sur les structures anatomiques ou cellulaires.

3. Analyse du débat scientifique en termes de problématisation scientifique

Afin de rendre compte, lors du débat scientifique, de l'activité de problématisation engagée, et dans sa dimension épistémique, vont alors être successivement menées deux analyses : thématique d'abord, pour le repérage et l'articulation des épisodes thématiques en jeu, et notamment argumentatifs, épistémologique ensuite, pour le repérage et l'articulation des contraintes et nécessités en jeu.

3.1. Analyse thématique du débat scientifique

Fondamentalement, il s'agit là d'une description du débat scientifique, laquelle, à la façon d'un résumé, prend globalement la forme de propositions articulant une question à une réponse, et ce qui aboutit alors à la représentation, peut-être fort éloignée de la solution, du problème travaillé par la communauté discursive scolaire. Plus précisément, la réalisation d'une telle macrostructure du débat scientifique nécessite de prendre en compte les questions qui y ont été traitées (Q), les réponses qui leur ont été envisagées (R) et, bien évidemment, les quelques objections qui auraient pu leur être formulées (O). Dit autrement, nos « *propositions sont de types questions ou de type réponses. Les réponses peuvent être des thèses (et des antithèses). Les objections ont un statut particulier : nous les traitons comme des questions spéciales. On peut regrouper les propositions selon le problème (implicite ou explicite) qui les concerne : ce dont il est question ! Il s'agit ensuite de reconstruire le réseau de ces propositions pour reconstituer l'espace-problème.* » (Fabre, 1999, p. 200). Ajoutons également qu'une telle formalisation du débat scientifique se doit de rendre compte de la mise au travail des deux dimensions de la problématique travaillée, avec une première dimension dite verticale, qui traduit l'avancement de la problématique –et où les questions et les réponses s'enchaînent, et une seconde dimension dite horizontale, qui traduit l'élargissement de la problématique –et où les questions et les réponses se différencient. En somme, une telle macrostructure du débat scientifique représente un espace qui ne respecte pas plus une chronologie qu'une logique propres, mais qui tente de rendre visible le développement de la problématique travaillée, et de son argumentation ; ou d'une certaine aide à la problématisation vis-à-vis de l'enseignant, en termes de passages obligés, de questions à nécessairement poser, de réponses envisagées... (Fabre, 1999 ; Fabre & Orange, 1997).

3.1.1. Du débat scientifique aux épisodes thématiques

Prenant appui sur nos propres travaux de recherches dans le domaine de la didactique de la biologie (Beuve, 2011, 2013), il s'agit là, dans un premier temps, de découper le débat scientifique selon les groupes passés d'abord (tableau 5-1 ; Beuve, 2013, p. 115), et selon les thèmes abordés ensuite (tableau 5-2 ; Beuve, 2013, p. 116), le tout en vue de pouvoir classer et dénombrer les épisodes qui leur sont liés (tableau 5-3 ; Beuve, 2013, p. 117).

Tableau 5-1. Découpage du débat scientifique selon les groupes passés (Beuve, 2013, p. 115)

| Groupe | Interventions | Nombre d'interventions |
|--------|---------------|------------------------|
| - | 1 à 6 | 6 |
| 1a | 7 à 117 | 111 |
| 1b | 118 à 194 | 77 |
| 2 | 195 à 400 | 206 |
| 3a | 401 à 501 | 101 |
| 3b | 502 à 570 | 69 |
| 4 | 571 à 626 | 56 |
| - | 627 à 797 | 171 |

Tableau 5-2. Découpage du débat scientifique selon les thèmes abordés (Beuve, 2013, p. 116)

| Épisode | Interventions | Thème |
|---------|---------------|---|
| 1 | 1 à 7 | Présentation du travail. |
| 2 | 7 à 17 | Besoins nutritifs 1 (1a) : eau, terre ; soleil. |
| 3 | 17 à 35 | Origine & devenir de l'eau. |
| 4 | 35 à 41 | Rôle de la terre. |
| 5 | 41 à 63 | Scénario 1 (1a) : « <i>ça agit.</i> ». |
| 6 | 63 à 65 | Besoin nutritif : soleil. |
| 7 | 65 à 69 | Discussion (légende). |
| 8 | 69 à 76 | Besoin nutritif : bouse / crottin / fumier. |
| 9 | 76 à 118 | Rôle de l'eau (en défaut, en excès). |
| 10 | 118 à 120 | Besoins nutritifs 2 (1b) : eau, terre ; soleil. |

| | | |
|----|-----------|--|
| 11 | 120 à 122 | Rôle de l'eau (en défaut, en excès). |
| 12 | 122 à 133 | Besoins nutritifs 2 (1b) : eau, terre ; soleil. |
| 13 | 133 à 163 | Devenir de l'eau. |
| 14 | 163 à 195 | Scénario 2 (1b) : « <i>l'eau monte dans la tige et ça va au bourgeon.</i> ». |
| 15 | 195 à 216 | Besoins nutritifs 3 (2) : soleil, eau, terre, vers de terre. |
| 16 | 216 à 257 | Rôle de la terre. |
| 17 | 257 à 312 | Rôle du soleil (en défaut, normal, en excès). |
| 18 | 312 à 365 | Scénario 3 (2) : « <i>à l'intérieur de la plante, il y a de la sève. La plante fait des germes et cela fait que ça fait des germes pour que la plante pousse.</i> ». |
| 19 | 365 à 395 | Rôle du soleil (en défaut, normal, en excès). |
| 20 | 395 à 401 | Scénario 3 (2) : « <i>à l'intérieur de la plante, il y a de la sève. La plante fait des germes et cela fait que ça fait des germes pour que la plante pousse.</i> ». |
| 21 | 401 à 436 | Besoins nutritifs 4 (3a) : eau, soleil, terre, herbe, bouse / crottin / fumier ou terre. |
| 22 | 436 à 466 | Rôle de la / du bouse / crottin / fumier. |
| 23 | 466 à 484 | Besoin nutritif : arc-en-ciel. |
| 24 | 484 à 502 | Scénario 4 (3a) : « <i>l'eau s'évapore dans la plante et la nourriture entre dans le corps de la plante.</i> ». |
| 25 | 502 à 514 | Besoins nutritifs 5 (3b) : soleil, eau, terre, bouse / crottin / fumier. |
| 26 | 514 à 541 | Scénario 5 (3b) : « <i>dans la plante, il y a de la sève. Quand la plante gèle, la sève va dans les racines.</i> ». |
| 27 | 541 à 551 | Discussion (légende). |
| 28 | 551 à 571 | Origine de l'eau. |
| 29 | 571 à 594 | Besoins nutritifs 6 (4) : vers de terre, eau, terre, bouse / crottin / fumier. |

| | | |
|----|-----------|---|
| 30 | 594 à 627 | Scénario 6 (4) : « ça va dans la tige puis après dans la racine. ». |
| 31 | 627 à 629 | Besoins nutritifs : eau, terre ; Rôle de la terre. |
| 32 | 629 à 636 | Devenir de l'eau ; Rôle du soleil (en défaut, normal). |
| 33 | 636 à 638 | Besoin nutritif : herbe. |
| 34 | 638 à 650 | Besoin nutritif : bouse / crottin / fumier <i>versus</i> engrais. |
| 35 | 650 à 738 | Rôle de la / du bouse / crottin / fumier <i>versus</i> des engrais. |
| 36 | 738 à 770 | Rôle de l'air. |
| 37 | 770 à 791 | Critère d'appréciation de la croissance et du développement d'une plante. |
| 38 | 791 à 797 | Discussion (intervention). |

Nota bene : aux interventions 718 et 769, rajouterons-nous le terreau en tant que besoin nutritif.

Tableau 5-3. Classement et dénombrement des épisodes selon les thèmes abordés
(Beuve, 2013, p. 117)

| Thème | Épisode(s) concerné(s) | Nombre d'épisode(s) |
|--|--|---------------------|
| Besoin(s) nutritif(s) | 2 ; 6 ; 8 ; 10 ; 12 ; 15 ; 21 ; 23 ; 25 ; 29 ; 31 ; 33 ; 34 | 13 |
| Critère d'appréciation de la croissance et du développement d'une plante | 37 | 1 |
| Discussion (légende ou intervention) | 7 ; 27 ; 38 | 3 |
| Origine et / ou devenir de l'eau | 3 ; 13 ; 28 ; 32 | 4 |
| Présentation du travail | 1 | 1 |
| Rôle de l'air | 36 | 1 |
| Rôle de la / du bouse / crottin / fumier et / ou des engrais | 22 ; 35 | 2 |
| Rôle de l'eau | 9 ; 11 | 2 |
| Rôle du soleil | 17 ; 19 ; 32 | 3 |
| Rôle de la terre | 4 ; 16 ; 31 | 3 |
| Scénario | 5 ; 14 ; 18 ; 20 ; 24 ; 26 ; 30 | 7 |

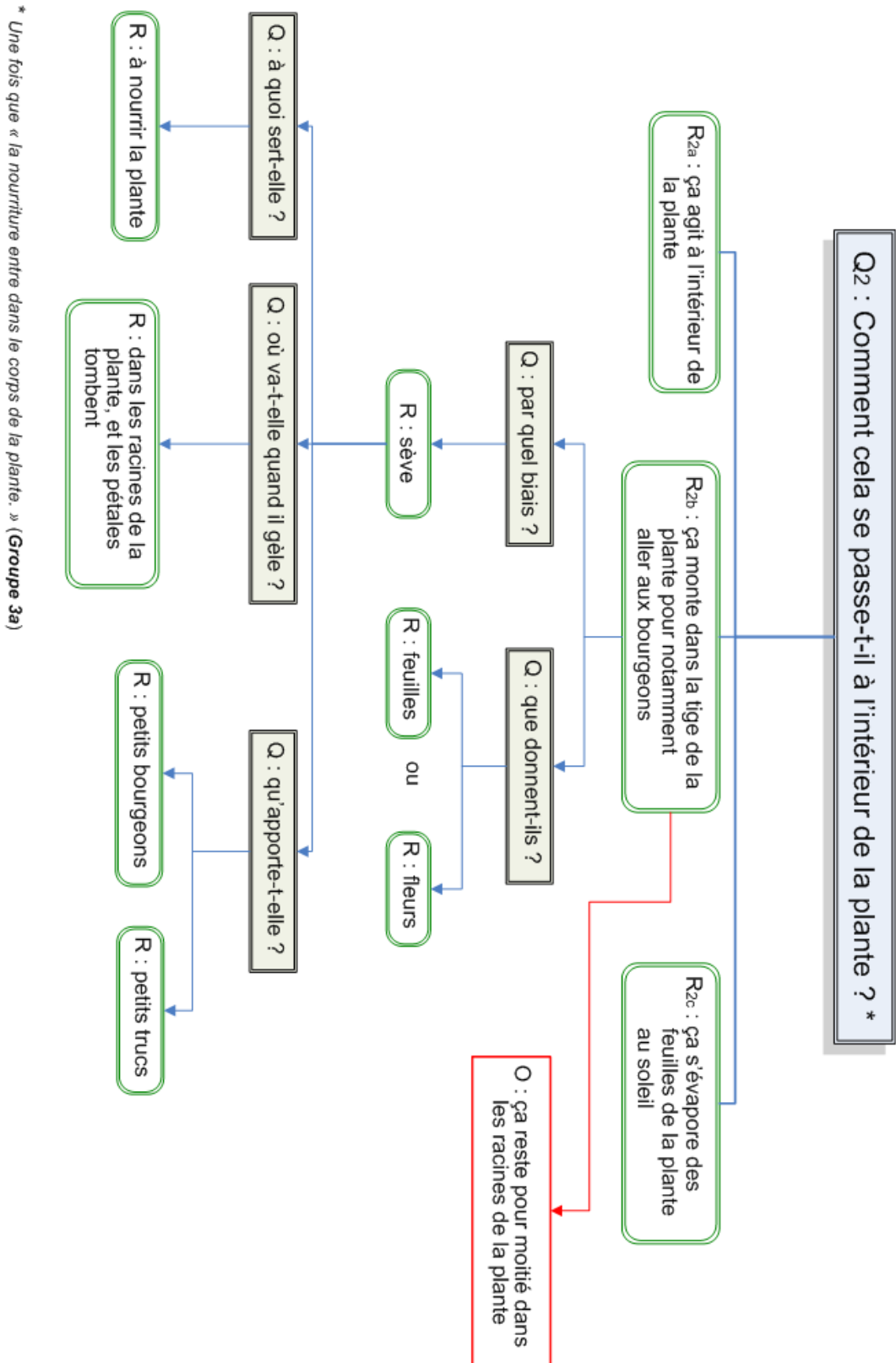
3.1.2. Des épisodes thématiques à l'espace-problème

Une fois ce travail effectué, il est ainsi possible, dans un second temps, d'organiser les épisodes thématiques relevés en fonction des diverses questions, réponses et objections qui les constituent, lesquelles vont alors permettre d'aboutir à notre espace-problème et qui, à la différence de celui³⁰⁵ que l'on retrouve dans le domaine de la psychologie cognitive –et dont il est d'ailleurs issu, se concentre sur la construction du problème.

Telle est donc, à l'issue d'un débat scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale, la schématisation possible d'une partie de l'espace-problème d'une classe de CM1 (figure 5-1 ; Beuve, 2013, p. 124).

305 Qui se concentre sur la résolution du problème.

Figure 5-1. Macrostructure d'un débat scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale : schématisation possible d'une partie de l'espace-problème d'une classe de CM1 (Beuve, 2013, p. 124)



3.2. Analyse épistémologique du débat scientifique

Fondamentalement, il s'agit là d'une analyse langagière des propres productions de nos apprenants, analyse nous permettant, et nous l'avons déjà précisé, la mise à jour des raisons qui se cachent derrière les idées (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000). La méthodologie de travail ici requise, et élaborée par Orange (2000), repose d'abord sur la distinction du registre empirique et du registre du modèle [ou des modèles], et ensuite sur l'idée qu'une contrainte donnée peut aussi bien porter sur le premier registre, que sur le second, voire sur les relations qui les unissent. Une fois ces contraintes et nécessités mises à jour, il devient alors possible de bâtir l'«espace de contraintes» en jeu, et qui n'est rien de plus que l'organisation desdites raisons que les apprenants ont pu mettre en jeu au cours du débat scientifique ; en d'autres termes, d'une schématisation possible de l'activité de problématisation qu'une partie de la classe a au moins déjà pu engager. Ajoutons néanmoins que, d'un point de vue terminologique, Orange (2000) parle d'un «espace de contraintes» en jeu lorsque l'on souhaite mettre à jour la potentialité même de notre débat scientifique, en termes de problématisation, et d'un «espace de contraintes» possible lorsque l'on souhaite mettre à jour un objectif de travail possible, avec et pour des apprenants d'une tranche d'âge donnée. Ainsi fait, un «espace de contraintes» en jeu devient, par la force des choses, un «espace de contraintes» possible.

Pour y parvenir, un ensemble de deux réductions du corpus initial, et donc intégral, du débat scientifique sont nécessaires, lesquelles vont à présent être explicitées.

3.2.1. Du débat scientifique aux interventions des apprenants : première réduction du corpus initial

Il s'agit, dans un premier temps, de supprimer du corpus initial les interventions de l'enseignant qui, loin d'être accessoires³⁰⁶, servent évidemment à faire émerger les raisons que les apprenants prendront en charge, raisons qui nous intéressent tout particulièrement, et cependant qu'elles restent à construire. Passé cela, il nous faut alors catégoriser les interventions des apprenants selon le registre qu'elles mobilisent, et qui se décline comme explicité ci-après :

le registre empirique (RE), qui contient les interventions qui font référence à des faits

³⁰⁶ Et tels des catalyseurs, des facilitateurs, et comme en témoignent les récents travaux sur les «inducteurs de problématisation» (Fabre & Musquer, 2009).

constatables dans le problème travaillé ;

le registre du modèle [ou des modèles] (RM), qui contient les interventions qui font référence à des idées explicatives dans le problème travaillé, celles-ci pouvant encore, et de par leurs valeurs épistémologiques respectives, se subdiviser en *RM_c* (indications sur la critique du modèle [ou des modèles]), *RM_d* (indications sur la description du modèle [ou des modèles]) et *RM_f* (indications sur le fonctionnement du modèle [ou des modèles]) ;

le registre double (RE-RM), qui contient les interventions qui font référence à la fois à des faits constatables et à des idées explicatives.

Nota bene : comprenons bien que cette catégorisation n'engage en aucun cas le point de vue de l'apprenant, pour qui la distinction des différents registres mobilisés n'est en rien explicite, ou si peu. C'est pourquoi, et pour ce qui est des représentations initiales de l'apprenant, Orange (2000) préfère parler de “pré-modèles”, plutôt que de “modèles”.

3.2.2. Des interventions des apprenants aux contraintes et nécessités : seconde réduction du corpus initial

Toutefois, et comme le souligne Orange (2000), chaque intervention restante du débat scientifique, de par sa valeur épistémologique, ne participe également au repérage des raisons et, par conséquent, des contraintes et nécessités en jeu. Pas suffisamment riches, et puisqu'elles ne font que décrire de façon statique des éléments qui ne peuvent être, tout du moins directement, sujets à la critique, les interventions *RM_d* sont ainsi bannies, tout comme les interventions *RM_f* ; lesquelles, bien qu'elles apportent moult éléments intéressants au sujet des représentations initiales des apprenants et qui peuvent, lors du débat scientifique, donner naissance à une argumentation, à une critique, ne suffisent au repérage d'une quelconque contrainte ou nécessité. C'est pourquoi ne seront conservées du corpus initial que les interventions RE, *RM_c* et RE-RM, en cela celles qui détiennent pour sûr des éléments cruciaux, et qu'ils soient empiriques ou théoriques. Celles-ci amènent alors, mais sans une parfaite correspondance, à l'identification de diverses contraintes³⁰⁷ associées et mises en jeu au cours du débat scientifique, et que sont les contraintes portant sur le registre empirique (CE), sur le registre du modèle [ou des modèles] (CM), et sur l'un et l'autre registre (CE-CM).

Cependant, et nous l'avons déjà expliqué, en rester à ce point ne permet en aucune manière de

307 À entendre au sens de contraintes et de nécessités.

représenter, de traduire le double dédoublement à l'œuvre lors de la construction du problème en sciences (Lhoste, 2008a ; Lhoste & Peterfalvi, 2009) ; ce qui, implicitement, reviendrait à associer et d'inhabile façon l'assertorique au registre empirique, et l'apodictique au registre du modèle [ou des modèles]. C'est pourquoi, pour ce qui est de catégoriser les contraintes et nécessités, et nous appuyant sur les “nécessités empiriques”, nous proposerons des formulations quelque peu remaniées (Beuve, 2011, 2013), et qui se déclinent comme explicité ci-après :

les contraintes sur l'empirique (CE), qui contiennent les interventions comprenant des éléments empiriques avérés mais contingents ;

les contraintes sur le modèle [ou les modèles] (CM), qui contiennent les interventions comprenant des éléments théoriques contingents ;

les nécessités sur l'empirique (NE), qui contiennent les interventions comprenant des éléments empiriques supposés mais nécessaires ;

les nécessités sur le modèle [ou les modèles] (NM), qui contiennent les interventions comprenant des éléments théoriques nécessaires.

Prenant appui sur nos propres travaux de recherches dans le domaine de la didactique de la biologie (Beuve, 2011, 2013), telle était alors l'analyse exhaustive des interventions des apprenants lors d'un débat scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale : huit contraintes sur l'empirique (tableau 5-4 ; d'après Beuve, 2011, 2013), une nécessité sur l'empirique (tableau 5-5 ; d'après Beuve, 2011, 2013), six contraintes sur le modèle [ou les modèles] (tableau 5-6 ; d'après Beuve, 2011, 2013), et cinq nécessités sur le modèle [ou les modèles] (tableau 5-7 ; d'après Beuve, 2011, 2013). Remarquons cependant que, pour plus de lisibilité, les contraintes et nécessités mises à jour sont à l'occasion déclinées, et ce afin de nuancer un propos qui, sur le plan épistémologique s'entend, n'en devient que plus pertinent.

Tableau 5-4. Contraintes sur l'empirique en jeu dans un débat scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale (d'après Beuve, 2011, 2013)

| Contrainte sur l'empirique 1 (CE1) |
|--|
| La croissance et le développement d'une plante s'apprécient au travers du critère de la taille (<i>a</i>), et à intervalles de temps espacés (<i>b</i>). |

| |
|--|
| Contrainte sur l'empirique 2 (CE2) |
| Une plante vit en présence constante d'air. |
| Contrainte sur l'empirique 3 (CE3) |
| Pour vivre, une plante a besoin d'eau ³⁰⁸ (<i>a</i>), cependant que trop d'eau lui est néfaste (<i>b</i>). |
| Toutes les plantes n'ont pas les mêmes besoins en eau (1). |
| Contrainte sur l'empirique 4 (CE4) |
| Pour vivre, une plante a besoin de lumière ³⁰⁹ (<i>a</i>), cependant que trop de lumière lui est néfaste (<i>b</i>). |
| Une plante qui vit en absence de lumière est de couleur vert clair (1). |
| Une plante qui vit en présence de lumière est de couleur vert foncé (2). |
| Contrainte sur l'empirique 5 (CE5) |
| Pour vivre, une plante a besoin de terre (<i>a</i>), voire de terreau (<i>b</i>). |
| Contrainte sur l'empirique 6 (CE6) |
| Les agriculteurs, dans leurs champs, utilisent pour leurs plantes des engrais verts. |
| Contrainte sur l'empirique 7 (CE7) |
| Les agriculteurs, dans leurs champs, utilisent pour leurs plantes des engrais non verts, qu'ils soient d'origine inorganique (<i>a</i>) ou organique (<i>b</i>). |
| Les engrais non verts d'origine inorganique n'empêchent pas, en leur absence, la croissance et le développement d'une plante (1). |
| Les engrais non verts d'origine organique sont issus de l'alimentation d'un animal (2). |
| Contrainte sur l'empirique 8 (CE8) |
| En vue de croître et se développer, les parties aériennes d'une plante sont exposées à l'air. |

Tableau 5-5. Nécessité sur l'empirique en jeu dans un débat scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale (d'après Beuve, 2011, 2013)

| |
|--|
| Nécessité sur l'empirique 1 (NE1) |
| Nécessairement et en vue de croître et se développer, les parties souterraines d'une plante sont exposées à l'air. |

Tableau 5-6. Contraintes sur le modèle [ou les modèles] en jeu dans un débat scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale (d'après Beuve, 2011, 2013)

| |
|---|
| Contrainte sur le modèle [ou les modèles] 1 (CM1) |
| Les bourgeons d'une plante ont besoin d'eau. |
| Contrainte sur le modèle [ou les modèles] 2 (CM2) |
| Pour vivre, une plante a besoin d'air dans lequel elle prélève du CO ₂ (<i>a</i>) et rejette de l'O ₂ (<i>b</i>). |
| Contrainte sur le modèle [ou les modèles] 3 (CM3) |
| Pour vivre, une plante a besoin de vers de terre. |

308 Source identifiée : la pluie, qui vient des nuages.

309 Source identifiée : le Soleil.

| |
|---|
| La terre doit être aérée pour permettre la croissance et le développement d'une plante (1). |
| Contrainte sur le modèle [ou les modèles] 4 (CM4) |
| Les engrais non verts d'origine inorganique enrichissent la terre (a) mais [la] polluent (b) : ce sont des “produits chimiques” (c). |
| Contrainte sur le modèle [ou les modèles] 5 (CM5) |
| Les engrais non verts d'origine organique enrichissent la terre (a) mais ne [la] polluent pas (b). |
| Contrainte sur le modèle [ou les modèles] 6 (CM6) |
| D'un point de vue agronomique, les engrais non verts d'origine inorganique sont plus efficaces que les engrais non verts d'origine organique. |

Tableau 5-7. Nécessités sur le modèle [ou les modèles] en jeu dans un débat scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale (d'après Beuve, 2011, 2013)

| |
|--|
| Nécessité sur le modèle [ou les modèles] 1 (NM1) |
| Nécessairement, un emprunt de matière à l'environnement doit avoir lieu pour permettre la croissance et le développement d'une plante. |
| Nécessairement, une absorption de la matière doit avoir lieu (1) dans la terre <i>via</i> les racines. |
| Nécessairement, une distribution de la matière doit avoir lieu (2) dans la plante <i>via</i> la sève. |
| Nécessité sur le modèle [ou les modèles] 2 (NM2) |
| Nécessairement, les engrais verts facilitent la croissance et le développement d'une plante. |
| Nécessité sur le modèle [ou les modèles] 3 (NM3) |
| Nécessairement et qu'ils soient d'origine inorganique (a) ou organique (b), les engrais non verts facilitent la croissance et le développement d'une plante. |
| Nécessité sur le modèle [ou les modèles] 4 (NM4) |
| Nécessairement, la terre doit être aérée pour permettre la croissance et le développement d'une plante. |
| Nécessité sur le modèle [ou les modèles] 5 (NM5) |
| Nécessairement, les vers de terre sont utiles à l'aération de la terre. |

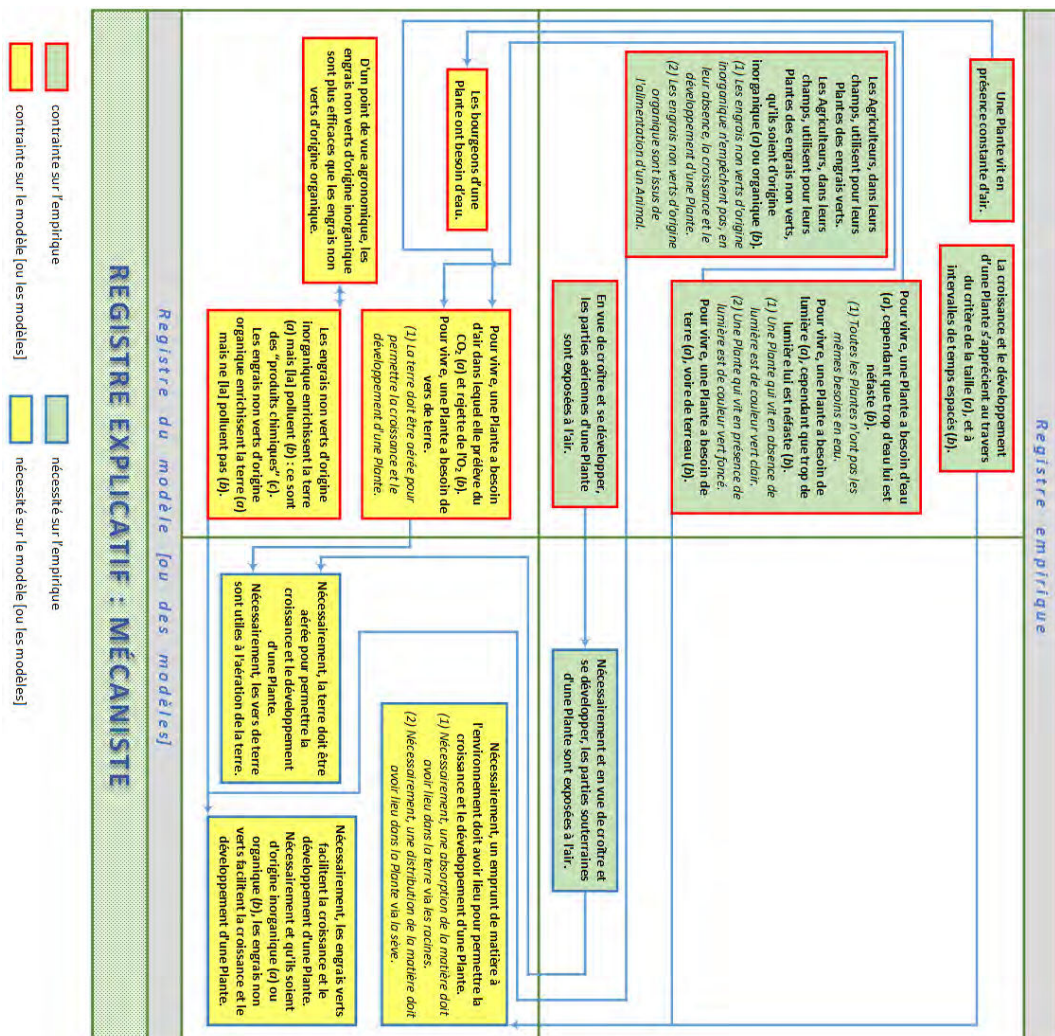
3.2.3. Des contraintes et nécessités à l'“espace contraintes et nécessités”

Une fois ce travail effectué, il est ainsi possible, dans un second temps, d'organiser les contraintes et nécessités relevées en fonction de leur signification propre, lesquelles vont permettre d'aboutir à l'“espace contraintes et nécessités”, tel un “espace de contraintes” repensé où, lors de « *cette nouvelle représentation, nous conservons la séparation entre registre empirique et registre du modèle, qui rend compte du premier dédoublement, à laquelle nous ajoutons une seconde séparation qui veut traduire le second. Il s'agit donc pour chaque registre de distinguer les contraintes dans la partie de gauche et les nécessités dans la partie droite. Cet aspect de l'espace “contraintes et nécessités” met davantage l'accent sur*

les raisonnements (ou argumentations) auxquels les élèves procèdent dans le processus de problématisation (représentés par des traits). Il permet également de faire figurer les contraintes théoriques, mobilisées plus ou moins implicitement, qui peuvent correspondre à des obstacles et qui sont, en général, en relation avec le contexte » (Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 83-84) de l'activité de problématisation.

Telle est donc, à l'issue d'un débat scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale, la schématisation possible de l'«espace contraintes et nécessités» d'une classe de CM1 (figure 5-2 ; Beuve, 2013, p. 130).

Figure 5-2. Macrostructure d'un débat scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale : schématisation possible de l'«espace contraintes et nécessités» d'une classe de CM1 (Beuve, 2013, p. 130)



4. Analyse des investigations empiriques en termes de problématisation scientifique

Globalement, l'ensemble des séances portant sur le temps des investigations empiriques sera analysé de façon descriptive, mais toujours au regard des analyses thématique et épistémologique du débat scientifique. Ainsi, nous observerons à la fois les propositions de l'enseignant et les réactions des apprenants lors des différentes séances, cependant que l'importance du nombre de séances sur le temps des investigations empiriques interdit de fait une transcription intégrale de ces échanges langagiers. La macrostructure du débat scientifique, et qu'il s'agisse de l'espace-problème ou de l'«espace contraintes et nécessités», servira alors sur le temps des investigations empiriques de cadre de référence, aussi bien en termes de mise en œuvre pour l'enseignant que d'analyse pour le chercheur et, avant cela même, de conceptualisation.

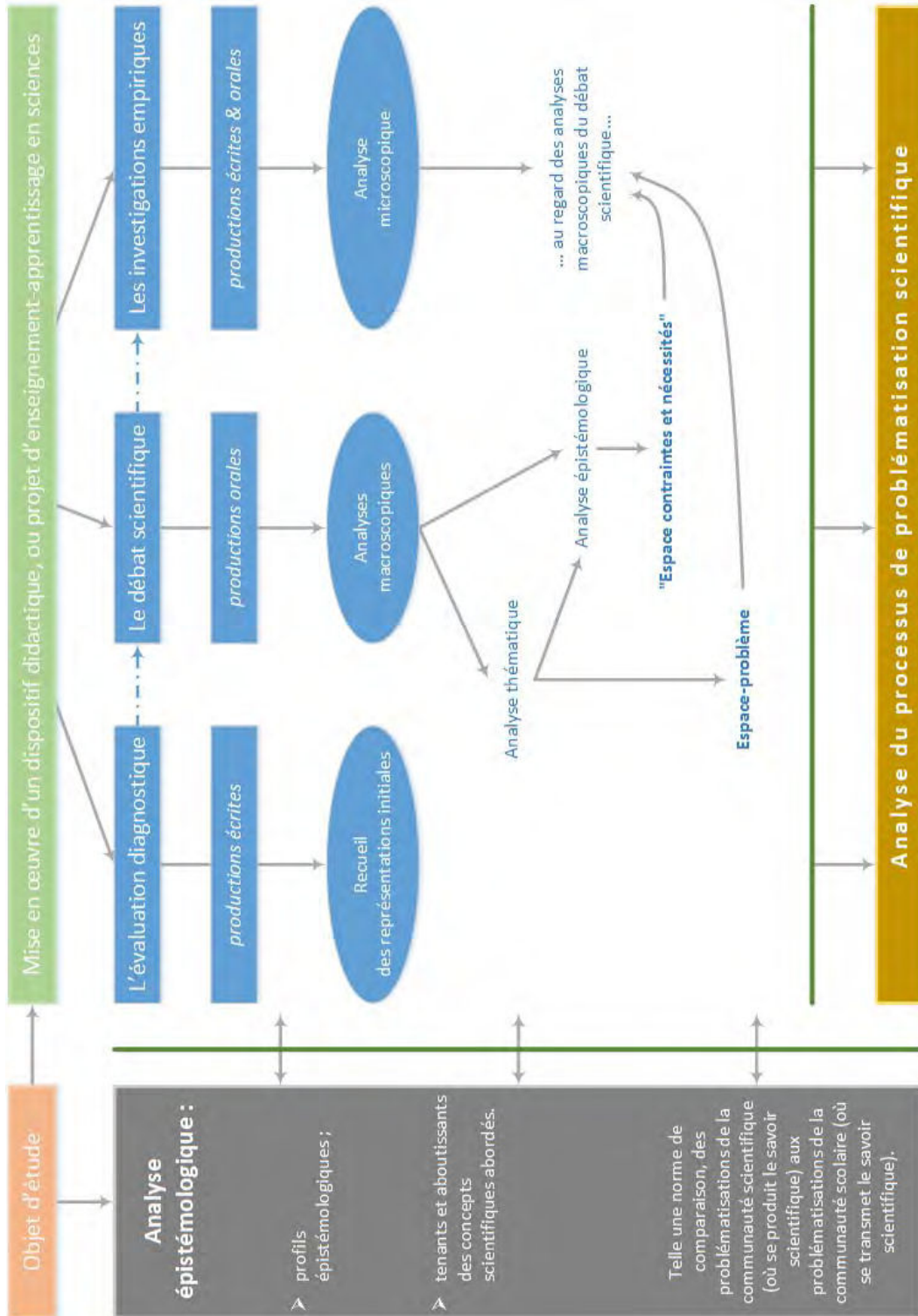
Concernant tout autant le premier que le second recueil de données (thèmes d'étude : nutrition végétale, reproduction végétale), et puisque nous faisons donc l'hypothèse que l'organisation de moments structurants au cours de séquences d'enseignement-apprentissage rendent possible, sur le temps des investigations empiriques, la poursuite de la problématisation, engagée sur le temps du débat scientifique, nous procéderons à la transcription de l'ensemble de ces moments structurants, au sein de chaque groupe de travail de la classe. Nous pourrions alors apprécier, positivement ou négativement, ladite poursuite de la problématisation, et ainsi valider ou invalider notre hypothèse de travail.

Concernant maintenant plus précisément le second recueil de données (thème d'étude : reproduction végétale), sera également menée une analyse épistémologico-langagière (détaillée ultérieurement) d'énoncés qualifiés d'énoncés «structurants». Lors de ce second dispositif didactique, chaque groupe de travail de la classe était en effet amené à rédiger, à l'issue de chaque séance d'investigation, un énoncé qui, explicitement, devait faire le bilan de leurs apprentissages. Là encore, mais sur le plan langagier cette fois, nous pourrions alors apprécier, positivement ou négativement, ladite poursuite de la problématisation, et ainsi valider ou invalider notre hypothèse de travail.

5. Conclusion

De tout cela, pouvons-nous résumer dans notre cas la conceptualisation, la mise en œuvre et l'analyse du processus de problématisation scientifique lors d'un dispositif didactique, ou projet d'enseignement-apprentissage en sciences (figure 5-3), support de chaque recueil de données pour ce qui nous concerne.

Figure 5-3. Conceptualisation, mise en œuvre et analyse du processus de problématisation scientifique lors d'un dispositif didactique, ou projet d'enseignement-apprentissage en sciences

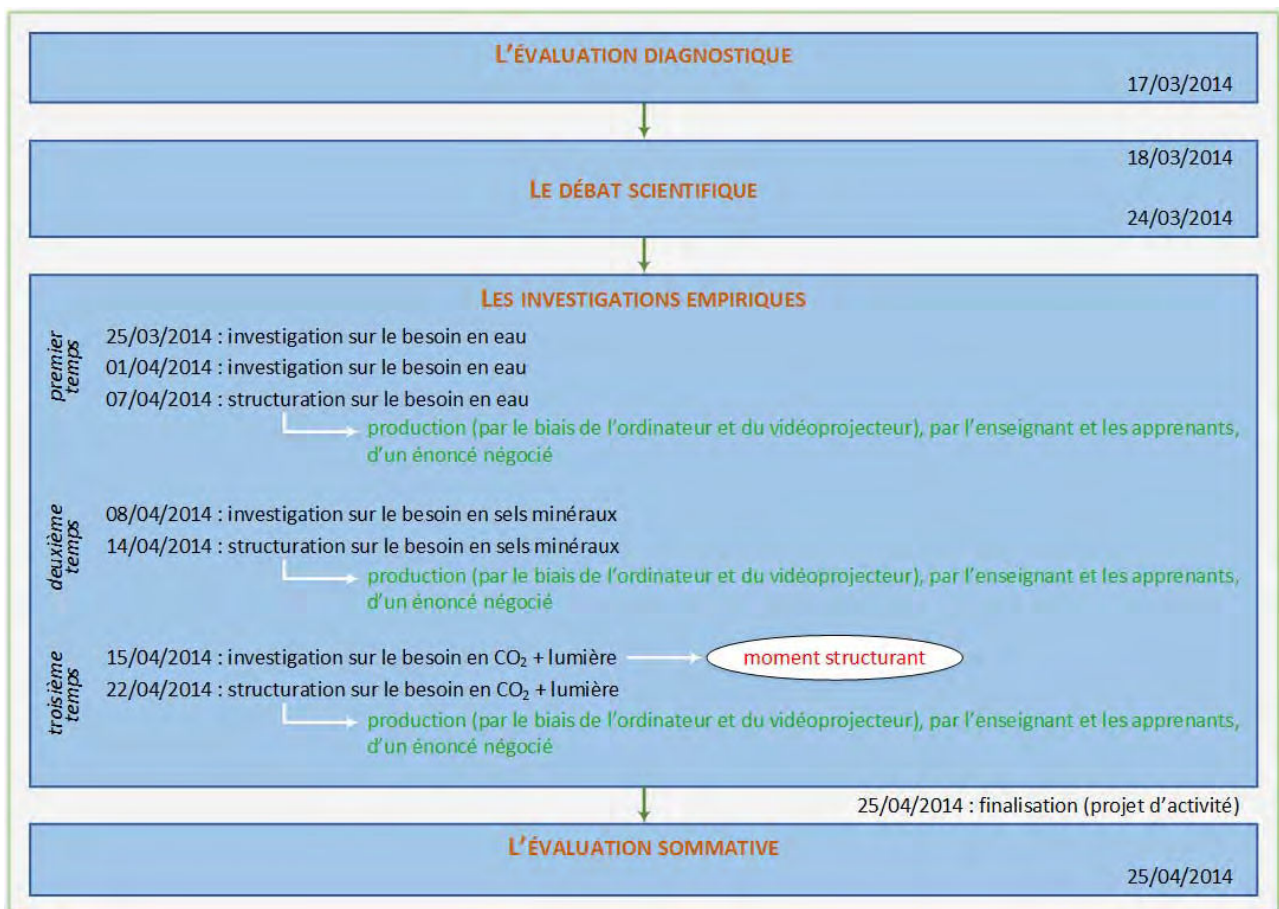


Chapitre 6. Conceptualisation, mise en œuvre et analyse d'un dispositif didactique lors d'une problématisation scientifique ayant trait à la nutrition végétale

Introduction

Notre premier recueil de données est issu de la conceptualisation et de la mise en œuvre d'un dispositif didactique lors d'une problématisation scientifique ayant trait à la nutrition végétale, au sein d'une classe de CM1 / CM2 (figure 6-0).

Figure 6-0. Mise en œuvre du dispositif didactique scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale, au sein d'une classe de CM1 / CM2



Si nous avons bien évidemment assuré l'essentiel du travail de conceptualisation, la mise en œuvre a, quant à elle, été confiée à un enseignant dont la pratique peut être qualifiée d'experte ; ce dernier a également été invité à nous proposer ses propres ajustements, concernant la construction même du projet d'enseignement-apprentissage en jeu.

Après avoir présenté l'analyse épistémologique de l'objet d'étude en jeu dans une première partie, nous présenterons successivement l'analyse de l'évaluation diagnostique dans une deuxième partie, du débat scientifique dans une troisième partie, et des investigations empiriques dans une quatrième partie, le tout au regard du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons. Enfin, nous discuterons dans une cinquième partie l'analyse des résultats de ce premier recueil de données, au regard de notre hypothèse de travail.

Sur le temps de ce travail de recherche, l'analyse et la discussion de ce premier recueil de données ont d'ores et déjà pu être valorisées, lors d'une communication à un colloque international (Beuve, 2016).

Le thème d'étude retenu dans le cadre de ce premier recueil de données est celui de la nutrition végétale, et plus précisément, si l'on s'en réfère à son objet d'étude, de la signification de la nutrition des végétaux chlorophylliens dans le cadre de la croissance et / ou du développement (annexe 6-1). À la lecture des instructions officielles, et pour ce qui est des sciences expérimentales et technologie, nous est-il naturellement permis d'inscrire cet apprentissage dans le cadre de l'étude du fonctionnement du vivant, à savoir notamment les conditions de développement des êtres vivants, et ce bien qu'un tel intitulé ne nous satisfasse pleinement, au regard de l'objet d'étude annoncé³¹⁰. Ce thème d'étude de la nutrition, et qu'il porte sur le règne animal comme sur le règne végétal, pose le problème majeur de l'assimilation³¹¹, lorsqu'il est notamment question de comprendre la façon dont un individu produit sa propre matière, et au regard de ce que ce même individu prélève dans son environnement (Lhoste, 2008a ; Lhoste & Peterfalvi, 2009). À l'instar de Goix (1996, 1997), traiter ce problème par le biais des métaphytes³¹² nous semble alors hautement plus judicieux, et ce en raison de quelques difficultés inhérentes à l'étude des métazoaires³¹³, notamment affectives. En effet, comment accéder à l'idée qu'un être vivant puisse se bâtir, se construire à l'appui d'une matière qui ne soit pas animée de vie, avec l'étude de « *la nutrition animale puisque les animaux se nourrissent principalement d'autres êtres vivants, alors que l'idée d'assimilation nécessite l'idée de digestion non comme un tri mais comme une perte de spécificité et ensuite celle d'une réorganisation de la matière ?* » (Goix, 1997, p. 156). Notons par ailleurs qu'il s'agit là d'un bel exemple de ce que pourrait être un obstacle-facilité au sens décrit par Astolfi et Peterfalvi (1993), en cela que l'obstacle, de nature, se présente tout autant « *comme difficulté conceptuelle que comme excessive facilité de pensée que l'esprit s'octroie.* » (Astolfi & Peterfalvi, 1993, p. 113), et qui renvoie alors à l'acception bachelardienne de l'idée même d'obstacle, à savoir l'obstacle épistémologique (Bachelard, 1938/1986). Des images auxquelles on fait appel³¹⁴, il en ressort que, plus que d'une difficulté

310 En effet, loin d'en rester à une recherche de facteurs, laquelle n'aurait que peu de sens d'un point de vue explicatif, est-il ici visé la recherche de la nécessité de ces mêmes facteurs, comme de leur compréhension.

311 En effet, à l'appui de Canguilhem (1958/1969), et en s'intéressant au thème d'étude de la nutrition animale, Orange (2005a) parvient à mettre à jour les deux visages du problème sous-jacent à la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation : d'une part, le problème de l'absorption et de la distribution, d'autre part, le problème de l'assimilation.

312 Ou, plus simplement, "végétaux pluricellulaires" dans la classification traditionnelle / classique des espèces. Remarquons cependant que la classification phylogénétique / cladistique des espèces, qui comporte trois domaines, lui consacre désormais le terme de chlorobiontes.

313 Ou, plus simplement, "animaux pluricellulaires" dans la classification traditionnelle / classique des espèces. Remarquons cependant que la classification phylogénétique / cladistique des espèces, qui comporte trois domaines, lui consacre désormais le terme de zoobiontes.

314 Astolfi et Peterfalvi (1993) s'appuient sur les analogies sportives suivantes : au saut en hauteur pour l'obstacle-difficulté, au "passe-muraille" pour l'obstacle-facilité.

à surmonter³¹⁵, l'obstacle des plus résistants qui soit s'envisage telle une facilité à surveiller³¹⁶, puisque de savoir le voir devient-il primordial pour n'en être pas l'otage. Ainsi, l'étude de la nutrition végétale nous paraît plus à même de traiter le problème ayant trait à ladite assimilation, les végétaux chlorophylliens, on le sait, produisant leur propre matière³¹⁷ à partir de matières minérales³¹⁸ –prélevées dans leur environnement, et que sont l'eau, le gaz carbonique et les sels minéraux. Il s'agira alors et pour nous, lors de la mise en œuvre de ce dispositif didactique, d'identifier au mieux les représentations initiales de nos apprenants, et relatives à cet objet d'étude, comme des obstacles qui s'y opposent, afin de rendre possible, de connaissances communes, le passage à des connaissances scientifiques (Bachelard, 1949), nécessairement raisonnées (Orange, 2000, 2002a). Enfin, et pour mieux comprendre la genèse du projet d'enseignement dont il va être question (annexe 6-1), pouvons-nous rappeler quelques données pédago-didactiques générales et relatives aux besoins des végétaux (tableau 6-1 ; d'après Blanchard, 2002).

Tableau 6-1. Données pédago-didactiques générales et relatives aux besoins des végétaux (d'après Blanchard, 2002)

| |
|---|
| Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant |
| Le terme “plante” (langage courant) a un sens plus limité que celui de végétal. Les plantes désignent communément les plantes à graines et à fleurs ainsi que les fougères ; les algues par exemple sont rarement appelées “plantes”. Étymologiquement, une plante est un végétal “planté”, mais le terme est souvent utilisé pour tout végétal. Il convient de privilégier le langage scientifique. |
| Difficultés provenant des idées préalables des élèves |
| Les élèves citent peu de critères du vivant à propos des végétaux, d'où l'importance de l'étude de leurs besoins. Un arbre n'est pas toujours comparable à une plante pour les élèves. Les élèves disent que les plantes “boivent” de l'eau : ils les arrosent en classe. Ils pensent souvent que les végétaux “mangent” dans la terre, car ils n'imaginent pas des besoins qui n'appartiennent pas à leur propre vécu (substances dissoutes, lumière...). |
| Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations |
| Les expérimentations doivent être motivées par un problème clairement formulé. Éviter de se contenter d'une seule observation pour tirer une conclusion. |
| Connaissances |
| Les végétaux verts (chlorophylliens) ont besoin d'eau, de substances minérales (existant dans le sol ou qui peuvent être apportés par des engrais), du dioxyde de carbone (gaz carbonique) de l'air et de lumière pour vivre en fabriquant leur propre matière organique. |

315 Et l'on fait ici référence à l'obstacle-difficulté (Astolfi & Peterfalvi, 1993).

316 Et l'on fait ici référence à l'obstacle-facilité (Astolfi & Peterfalvi, 1993).

317 À savoir de la matière vivante ; laquelle, pour rappel, se caractérise de par la présence d'une activité propre (Pichot, 1983).

318 À savoir de la matière inerte ; laquelle, pour rappel, se caractérise de par l'absence d'une activité propre (Pichot, 1983).

Les végétaux qui ont des racines puisent l'eau et les substances minérales dans la terre. Ils captent la lumière et le dioxyde de carbone par les feuilles. L'eau circule dans les racines, les rameaux et les tiges. Les végétaux aériens perdent de l'eau au niveau des feuilles.

Pour en savoir plus

La fabrication de matière organique par les végétaux verts grâce à la lumière (photosynthèse) s'accompagne d'un rejet de dioxygène (oxygène).

Par ailleurs, de jour comme de nuit, les végétaux verts respirent (absorption d'oxygène et rejet de dioxyde de carbone). Cette respiration est masquée à la lumière par la photosynthèse.

En agriculture, l'utilisation des engrais constitue un apport supplémentaire de substances minérales dans le but d'augmenter les rendements.

Les termes "dioxygène" et "dioxyde de carbone" correspondent à une nomenclature chimique correcte de l'oxygène gazeux et du gaz carbonique présents dans l'air ambiant. Leur usage n'est cependant pas une nécessité à l'école primaire.

Nota bene : là encore, sachons voir que de telles données amènent à seulement travailler les besoins nutritifs des végétaux chlorophylliens³¹⁹, quand l'objet d'étude annoncé, ambitieux peut-être, vise la signification de ces mêmes besoins³²⁰.

1. Analyse épistémologique de l'objet d'étude

La nutrition des végétaux chlorophylliens (annexe 6-2) est ici abordée par le biais de la croissance de la plante, laquelle se traduit naturellement par une production de matière organique, propre au végétal, la matière inorganique étant alors prélevée. À cela et au regard de quelques bribes d'instructions officielles³²¹, un constat s'impose (Goix, 1996, 1997) : ou bien la croissance, non étudiée en elle-même, s'envisage tel le témoin du contentement des besoins nutritifs de la plante³²², ou bien elle devient le témoin d'une production que l'on qualifie de primaire, et lorsqu'elle s'assimile à un flux d'énergie et de matière, voire d'information. La distinction de ces deux versants d'étude de la croissance vaut en cela que, dans le cas premier, aucune explication de quelque mécanisme que ce soit n'est sollicitée, à la différence du cas second, qui ne peut passer outre le problème majeur de l'assimilation, clef de voûte du thème d'étude de la nutrition. Il va de soi que, du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, nous privilégierons le cas d'étude second, et qui amène à la construction de modèles explicatifs. Abordons à présent, et pour plus de précisions quant à

319 Est ici question, et quant à la croissance, de son aspect descriptif (Goix, 1996, 1997).

320 Est ici question, et quant à la croissance, de son aspect explicatif, liant par essence les aspects d'énergie, d'information et de matière (Goix, 1996, 1997).

321 Du second degré (collège) notamment.

322 Auquel cas elle « n'est pas étudiée dans son mécanisme, seul l'aspect extérieur de l'individu est pris en compte c'est-à-dire l'augmentation des dimensions et de la masse des êtres vivants. » (Goix, 1997, p. 141).

l'objet d'étude annoncé, les obstacles, représentations et explications en jeu au sujet de la nutrition des végétaux chlorophylliens.

Nota bene : pour ce qui est du concept scientifique de la nutrition végétale, lequel nous paraît d'ailleurs indissociable du concept scientifique de communauté et d'écosystème en écologie, nous nous reporterons utilement à nos propres documents de travail (annexe 6-3), et que nous proposons à nos étudiants dans le cadre de la préparation au master MEEF, pour ce qui a bien évidemment trait au domaine des sciences de la vie et de la Terre.

1.1. Les obstacles en jeu

1.1.1. Une simple rupture au niveau de la conception de la vie

La vie, pour peu que l'on puisse la définir, a tout du moins pu être particularisée de quelques caractéristiques essentielles³²³, et dont assurément l'une d'elle est la croissance. Cependant, et nous voyons là quelques résistances se constituer, la vie, selon que nous sommes, peut être diversement appréciée : c'est alors, et finalement, qu'une rupture s'opérera lorsqu'au lieu de se vouloir elle-même explication, la vie demandera à être pleinement et sûrement expliquée (Goix, 1996, 1997). Enfin, ajoutons que ladite rupture consiste plus exactement en le franchissement de divers paliers, et comme la grille de lecture des différentes représentations de la vie (tableau 6-2 ; d'après Canguilhem, 1989) permet de l'apprécier.

Tableau 6-2. Grille de lecture des différentes représentations de la vie (d'après Canguilhem, 1989)

| La vie comme animation |
|--|
| Issue d'une tradition philosophique se référant à Aristote, l'on envisage la distinction traditionnelle de l'âme végétative ou nutritive, faculté de croissance et de reproduction, de l'âme animale ou sensitive, faculté de sentir, de désirer et de mouvoir, et de l'âme raisonnable ou pensante, faculté d'humanité. Remarquons que cette conception de la vie comme animation de la matière, bien que battue en brèche, principalement à partir du XVII ^e siècle, par des conceptions matérialistes, ou simplement mécanistes, des fonctions propres aux êtres vivants, est restée cependant vivace jusqu'au milieu du XIX ^e siècle, sous forme |

³²³ Et que sont l'assimilation, la croissance, la reproduction et la respiration ; de la tradition philosophique se référant à Aristote, n'est-il et en partie pas question d'autre chose lorsqu'il est entendu qu'un être vivant doit se nourrir, croître et dépérir par lui-même : ou d'une « première esquisse d'une définition générale de la vie » (Canguilhem, 1989, p. 547).

| |
|--|
| d'idéologie médico-philosophique, alors qu'elle avait cessé d'apparaître comme une réponse objectivement fondée à la question de la nature de la vie. |
| La vie comme mécanisme |
| Issue d'une tradition philosophique se référant à Descartes, l'on cherche l'explication des fonctions d'un organe, tel que l'œil, ou d'un appareil tel que le cœur et les vaisseaux, dans la construction, en schéma ou en maquette, de ce qu'on a appelé depuis lors des modèles mécaniques, comme les iatomécaniciens (ou iatomathématiciens) des XVII ^e et XVIII ^e siècles l'ont tenté pour la contraction musculaire, pour la digestion, pour la sécrétion glandulaire. |
| La vie comme organisation |
| Issue d'une tradition philosophique se référant à Aristote, l'histoire du concept d'organisme, au XVIII ^e siècle, se résume dans la recherche, par les naturalistes, les médecins et les philosophes, de substituts ou d'équivalents sémantiques de l'âme, pour rendre compte du fait, de mieux en mieux établi, de l'unité fonctionnelle d'un système de parties intégrantes. Dans un tel système les parties soutiennent entre elles de tels rapports de réciprocité, directe ou médiatisée, assez bien figurés par ce qu'on nomme aujourd'hui un graphe, que, pris à la rigueur, le terme de partie ne convient plus pour désigner les organes dont l'organisme peut être dit la totalité mais non l'addition. |
| La vie comme information |
| Issue d'une tradition philosophique contemporaine et, plus précisément, de la cybernétique ³²⁴ , un organisme est alors compris comme système biologique, système dynamique ouvert qui défend son équilibre, en maintenant des constantes envers et contre les perturbations qui l'affectent, en ajustant, soit à un niveau d'entretien, soit à une performance à réaliser, les relations qu'il soutient avec le milieu d'où il tire son énergie. |

Nota bene : au-delà de cette classification, soulignons que la principale caractéristique du « vivant est le phénomène d'usure progressive et de cessation définitive de ces fonctions, plus que leur existence même. C'est leur mort qui qualifie les individus vivants au sein du monde, c'est son inéluctabilité qui rend sensible l'apparente exception qu'ils instituent relativement aux contraintes thermodynamiques. En sorte que la recherche des signes de la mort est, au fond, la recherche inversée d'un signe irrécusable de la vie. » (Canguilhem, 1989, p. 552). C'est pourquoi nous en revenons finalement à l'idée « que la théorie bernardienne de la vie consiste à donner une explication coordonnée de deux formules volontairement contrastées : la vie c'est la création (1865), la vie c'est la mort (1875). » (Canguilhem, 1989, p. 548).

1.1.2. Une double rupture au niveau de la conception de la matière et de l'organisme

Les manifestations de la croissance sont multiples et à tous niveaux : à l'échelle macroscopique d'abord, lorsque la masse de l'individu augmente, à l'échelle microscopique

³²⁴ Il faut comprendre « par cybernétique une théorie générale des opérations contrôlées, exécutées par des machines montées de façon telle que leurs effets ou leurs produits soient conformes à des normes fixées ou ajustés à des situations » (Canguilhem, 1989, p. 552) changeantes.

ensuite, lorsque le nombre de cellules de l'individu augmente également ce qui, finalement et d'après le concept de vie, nous amène à réinterroger et de façon respective les concepts de matière et d'organisme, afin de cesser de les observer dans leur continuité, leur totalité, mais dans leur discontinuité ; en somme, s'agit-il ici et encore de se défaire du *primat de la perception* (Peterfalvi, 2001). Canguilhem (1985) ne dit d'ailleurs rien d'autre lorsqu'il développe « *le problème de l'individu qui est ici en cause. L'individualité, par les difficultés théoriques qu'elle suscite, nous oblige à dissocier deux aspects des êtres vivants immédiatement et naïvement intriqués dans la perception de ces êtres : la matière et la forme. L'individu c'est ce qui ne peut être divisé quant à la forme, alors même qu'on sent la possibilité de la division quant à la matière.* » (Canguilhem, 1985, p. 62).

1.1.3. De la nécessaire prise en compte de ces multiples ruptures

Conséquemment, une formulation de la croissance, quelle qu'elle soit, renvoie inévitablement et nécessairement à une conception de la vie, de la matière et de l'organisme, ce qui n'est d'ailleurs pas sans conséquence sur les actions didactiques à venir. Plus généralement, et au cours de notre projet d'enseignement-apprentissage, il s'agira –au moyen de quelques ruptures et de par un processus d'abstraction certain– d'abandonner la perception du phénomène questionné au profit de sa représentation ce qui³²⁵, d'une certaine façon... rejoint la distinction du registre du référent empirique du registre des modèles (Martinand, 1986, 1987) ou, dit autrement, la distinction du registre empirique du registre du modèle [ou des modèles] (Orange, 1994, 1997).

1.2. Les représentations en jeu

Sont ici distingués deux types de formulations, celles qui relèvent d'une tentative d'explication des mécanismes propres à la croissance, et qui tiennent compte du niveau de la matière, quel qu'en soit le modèle retenu et, pour commencer, celles qui n'en relèvent pas ; de cela, disposons-nous ainsi d'une grille de lecture des différentes représentations de la croissance (figure 6-1 ; Goix, 1997, p. 149).

³²⁵ Du point de vue de la psychologie génétique, renvoie à la révolution copernicienne de la décentration, avec la fin de l'égocentrisme primitif, et lorsqu'il s'agit de passer du concret à l'abstrait et, par conséquent, de la perception à la représentation.

Figure 6-1. Grille de lecture des différentes représentations de la croissance (Goix, 1997, p. 149)

| La vie comme | Niveau organisme | Formulations de la croissance | Niveau matière |
|--|------------------------------------|---|-----------------------------------|
| organisation | L'organisme se construit | La croissance est multiplication cellulaire <i>obstacle holiste</i> | modèle discontinu "hétérogène" |
| | L'organisme est un "tout" préformé | La croissance est synthèse à partir des aliments <i>obstacle holiste</i> | modèle discontinu "homogène" |
| La croissance est mélange d'aliments <i>obstacle vitaliste</i> | | | |
| La croissance est accumulation d'aliments <i>obstacle vitaliste</i> | | | |
| mécanisme | | La croissance est accumulation de semblables <i>obstacle holiste</i> | modèle continu |
| animation de la matière | | La croissance est dilatation <i>obstacle tautologique</i> | non prise en compte de la matière |
| pas de réel | | La croissance est due à l'âge <i>obstacle tautologique</i> | |
| | | La croissance est dans le cours des choses <i>obstacle descriptif</i> | |
| questionnement | | La croissance est une image <i>obstacle verbal</i> | |
| scientifique | | La croissance est un mot | |

1.2.1. Niveau de formulations premier, ou de l'absence d'un réel questionnement scientifique

Que la croissance soit associée à un mot ou à une image, elle n'incite pas plus à l'explication puisqu'ici, ladite explication que l'on recherche se perd dans une simple et vaine description ; en somme, et ici-même « *une seule image, ou même un seul mot, constitue toute l'explication.* » (Bachelard, 1938/1986, p. 73). Il s'agit là d'un fait de pensée déjà remarqué par Bachelard (1938/1986) quand il affirme au sujet des « *phénomènes, on les exprime : on croit donc les expliquer. On les reconnaît : on croit donc les connaître.* » (Bachelard, 1938/1986, p. 73). En d'autres termes, notre apprenant « *reconnaît les phénomènes qui accompagnent la croissance et cette caractérisation vaut explication* » (Goix, 1997, p. 148). Que l'obstacle soit qualifié de verbal³²⁶ ou de descriptif³²⁷, il s'agira de passer d'un mot ou d'une image à une tentative de recherche explicative, voire causale, au problème scientifique posé.

Là encore, et lorsque la croissance est associée au cours des choses ou à l'âge, tout véritable problème scientifique est de suite évacué, avec au final l'existence d'« *un finalisme dans lequel la structure adulte joue comme cause finale du développement.* » (Pichot, 1983, p. 76). D'un tel finalisme³²⁸, comprend-on finalement l'origine de par un obstacle de nature tautologique, lequel se résume « *à admettre que les "choses sont ainsi parce qu'elles sont ainsi" et* » (Goix, 1997, p. 148) considérant la croissance telle une simple évidence. Enfin, et concernant une possible et souhaitable tentative de recherche explicative, voire causale, au problème scientifique posé, remarquons « *ici un essai de recherche des causes mais avec une confusion : la chronologie devient cause. Se basant sur l'aspect extérieur de stature ou de taille l'enfant associe la croissance à l'âge et le temps devient principe de causalité. L'âge est cause de la croissance et la croissance est expliquée par l'âge.* » (Goix, 1997, p. 150).

326 Lorsque la croissance se résume à un mot.

327 Lorsque la croissance se résume à une image.

328 De l'égoïsme primitif, rappelons, au sujet de la représentation enfantine du monde, les trois grandes croyances, et que sont l'animisme (lorsque toute chose de la nature est vivante et, par conséquent, possède une âme (contrairement à la matière inanimée (Pichot, 1983) et, surtout, une activité propre (contrairement à la matière inerte (Pichot, 1983), voire une volonté), l'artificialisme (lorsque toute chose de la nature a été conçue par l'Homme) et le finalisme (lorsque toute chose de la nature a été conçue pour l'Homme). Aussi, pouvons-nous sans doute et d'ailleurs rajouter l'anthropomorphisme.

1.2.2. Niveau de formulations second, ou de la présence d'un réel questionnement scientifique

À l'amorce d'un réel questionnement scientifique, la croissance envisagée telle une dilatation constitue là notre premier palier explicatif, lorsqu'il est notamment question d'une augmentation de ce qu'il est permis d'appeler un volume, et qui n'appelle pour autant pas, et de façon conjointe, un apport de quelque substance externe que ce soit. En effet, et comme le soulignent Piaget et Inhelder (1941/X), remarquons que ladite « *augmentation de substance et de poids va donc de soi pour les enfants parce qu'elle tient à un processus de croissance biologique, mais de croissance conçue comme absolue, c'est-à-dire sans que la substance gagnée par l'organisme soit empruntée au milieu extérieur.* » (Piaget & Inhelder, 1941/X, p. 145). En d'autres termes, et si les aliments semblent bel et bien ici participer à la croissance, ce n'est que d'une façon pour le moins très indirecte, et il ne peut en aucun cas y être clairement établi un rapport de causalité, la croissance s'assimilant alors et plus simplement à un corollaire de la vie, et dont elle n'en est que la conséquence. D'un tel schéma de pensée, ladite croissance semble alors « *favorisée par les aliments mais n'est pas produite par eux, c'est un phénomène caractéristique de la vie.* » (Goix, 1997, p. 150). L'obstacle en jeu, qualifié d'holiste, nécessitera donc un changement de paradigme où l'inerte et le vivant obéiront aux mêmes codes, aux mêmes règles.

Vient ensuite la croissance envisagée telle une accumulation de semblable ou d'aliments, où le vitalisme qui l'imprègne encore, et malgré le mécanisme de la vie qui s'installe, amène au refus d'une pensée qui énonce que l'on puisse arriver à de la matière vivante à partir d'une matière vivante dissemblable, voire d'une matière inerte. L'obstacle de nature vitaliste, ici mis en évidence, empêche ainsi de saisir la notion même de matière vivante, en cela qu'elle n'est au final, et d'un point de vue physico-chimique, pas plus spécifique que la matière inerte ; ou de comment accéder au postulat « *que le vivant est capable de faire du vivant avec* » (Goix, 1997, p. 151) de l'inerte : ainsi, nous pouvons « *admettre que les constituants de la matière vivante et de la matière inerte sont les mêmes et que les constituants de l'un peuvent servir à la synthèse de l'autre sous l'action d'une "force" qui* » (Goix, 1997, p. 151) sera discutée ultérieurement.

Les éléments constitutifs de l'une et l'autre matière étant à présent considérés comme

mêmes, avec pour l'édification du vivant la mise à contribution de l'inerte –sur le vivant, la croissance envisagée tel un mélange d'aliments peut maintenant être à l'ordre du jour ; cependant que la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation, essentielle on le sait au thème d'étude de la nutrition³²⁹, demeure et dans ce cas inenvisageable, chimérique même. En est tenu pour responsable le modèle ici convoqué de la matière, discontinu et homogène, et qui s'explique notamment de par la nature de l'obstacle rencontré, holiste de son nom, lequel empêche de passer à un modèle discontinu et hétérogène de la matière, où « *chaque particule est elle-même composée de particules plus petites qui peuvent se combiner différemment pour donner différents corps.* » (Goix, 1997, p. 152).

Enfin, et quand bien même n'est-il pas question d'aborder cet aspect de la croissance au regard des possibilités cognitives de notre apprenant, à savoir un enfant de l'école élémentaire, évoquons brièvement l'issue de la croissance envisagée telle une synthèse à partir des aliments, laquelle ne pourra alors être dépassée que par « *la mise en place de la théorie cellulaire.* » (Goix, 1997, p. 152). De façon comparable à ce qui a été évoqué ci-avant vis-à-vis de la conception de la matière, une nouvelle rupture est encore et ici nécessaire pour ce qui est de la conception de l'organisme, passant d'une continuité longtemps imagée par la fibre, à une discontinuité véhiculée par la considération de la cellule³³⁰ : il s'agit là, et d'un point de vue épistémologique, du passage de la théorie fibrillaire à la théorie cellulaire (Canguilhem, 1985). Un passage des moins évidents, et puisque l'on considère avec facilité que la « *cellule est chose fragile, faite pour être admirée, regardée sans être touchée, sous peine de destruction. Au contraire, on doit toucher, palper, froisser un tissu pour en apprécier le grain, la souplesse, le moelleux. On plie, on déploie un tissu, on le déroule en ondes superposées sur le comptoir du marchand.* » (Canguilhem, 1985, p. 64). Retenons enfin le propos de Jacob (1970) lorsqu'il insiste sur le fait qu'afin de « *considérer un organisme, avec son unité, sa coordination, ses régulations, comme composé d'éléments vivants, il faut admettre que ceux-ci ne sont pas simplement accolés mais intégrés. Les unités doivent s'amalgamer en une autre unité d'ordre supérieur. Il leur faut se soumettre à l'organisme, abdiquer toute individualité devant celle du tout. C'est à ce prix que l'être indivisible peut se composer d'unités élémentaires. L'organisme n'est pas une collectivité mais un monolithe.* » (Jacob, 1970, p.

329 Notons cependant la nature de cette transformation, laquelle diffère quelque peu suivant qu'il s'agit de la nutrition animale, où les transformations s'opèrent à partir de la matière organique, ou de la nutrition végétale, où les transformations s'opèrent à partir de la matière inorganique.

330 Et il s'agit là d'« *un être vivant, une formation complexe, capable de se mouvoir, de se nourrir, de se reproduire, bref douée des principaux attributs de la vie.* » (Jacob, 1970, p. 131).

131). En somme, le pluriel de l'unité élémentaire, que représente la cellule, ne peut suffire à définir, à expliquer entièrement, et dans son fonctionnement même, la cohésion finale de tout organisme, quel qu'il soit : les cellules « *ne peuvent simplement s'unir et conserver leur individualité dans un être complexe. Elles doivent se fondre en une individualité nouvelle qui les transcende. Les parties se dissolvent dans le tout.* » (Jacob, 1970, p. 130).

1.3. Les explications en jeu

Partant de l'idée qu'une façon de penser en sciences s'appuie nécessairement sur un registre explicatif donné, il s'agit là, au travers de ce qui vient d'être dit, de distinguer au mieux les quelques grands modes d'explication de la nutrition des végétaux chlorophylliens, et « *ce que Toulmin nomme des intelligibles fondamentaux. Un des critères majeurs pour définir les catégories a été la présence ou l'absence de pérennité de la matière. Ont également été utilisées, la mention ou non du devenir de la matière dans l'être vivant, d'éventuelles sorties après transformation ainsi que l'implication des substances nutritives dans des mécanismes de type chimique.* » (Orange, 1997, p. 137). En s'appuyant sur les critères énumérés ci-avant, pouvons-nous ainsi disposer d'une grille de lecture des différentes représentations de la nutrition (tableau 6-3 ; d'après Orange, 1994a, 1997, 2000).

Tableau 6-3. Grille de lecture des différentes représentations de la nutrition (d'après Orange, 1994a, 1997, 2000)

| |
|--|
| Explications de type a (Ea) |
| Le processus de croissance, de développement... que la nutrition est censée permettre est sous la dépendance de facteurs qui, dans l'explication, restent extérieurs à l'être vivant, ou alors y pénètrent, mais sans autre indication ; en cela, rien n'est dit sur le devenir de ces mêmes facteurs. Les phénomènes vitaux "vont d'eux-mêmes", et quand les conditions sont bonnes : ce sont donc des explications dominées par un vitalisme naïf. |
| Explications de type b (Eb) |
| Le processus de croissance, de développement... que la nutrition est censée permettre s'explique par l'entrée de substances qui, directement ou indirectement ³³¹ , procurent un "principe" ³³² qui l'alimente. Ni les substances entrées, ni le "principe" produit n'interviennent dans un quelconque mécanisme : l'explication commence et s'arrête à ce "principe". Il y a donc prédominance d'une explication et d'un obstacle substantialiste (Bachelard, 1938/1986). Aucune pérennité explicite de la matière n'est utilisée : pas de transformation en matière –de l'être vivant, pas de stockage, pas de renouvellement. |
| Explications de type c (Ec) |

331 C'est-à-dire par transformation.

332 Et qu'il s'agisse de chlorophylle, d'énergie, de sels minéraux, de sève, de vitamines...

Le processus de croissance, de développement... que la nutrition est censée permettre s'explique par l'entrée de substances nutritives qui sont impliquées dans un mécanisme de type chimique : elles ont un devenir dans l'être vivant ; il y a donc une pérennité, même partielle, de la matière.

Explications de type *d* (*Ed*)

Le processus de croissance, de développement... que la nutrition est censée permettre s'explique par l'entrée de substances nutritives qui sont impliquées dans des réactions / transformations explicites et qui suivent les règles chimiques. De ces réactions / transformations, certains produits sont stockés, ou bien participent au renouvellement ; d'autres produits, les déchets, sortent de l'être vivant.

Nota bene : ici mobilisée dans le cadre de la nutrition végétale, cette classification garde toute sa pertinence dans le cadre de la nutrition animale. Aussi, remarquons qu'il est aisé, à partir de là, de recouper les classifications mises en place par Goix (1996, 1997) pour les représentations de la croissance, et Orange (1994a, 1997, 2000) pour les représentations de la nutrition ; en effet, aux explications de type *Ea* le niveau de formulations premier –qui traduit l'absence d'un réel questionnement scientifique, aux explications de types *Eb*, *Ec* et *Ed* le niveau de formulations second –qui traduit la présence d'un réel questionnement scientifique.

2. Analyse de l'évaluation diagnostique en termes de problématisation scientifique

Il s'agit là, dans le cadre de la séance première, d'annoncer le thème d'étude retenu dans le cadre de ce premier recueil de données, à savoir celui de la nutrition végétale. Pour cela, a-t-il été présentée aux apprenants la reproduction d'herbier d'une plante messicole, telle *Centaurea cyanus* L., 1753, comme de sa reproduction photographique, ce qui a ainsi permis d'effectuer une première mise au point quant à la distinction de la plante –supérieure– et de la fleur. S'en est alors suivi au tableau et de la part de l'enseignant la schématisation de plantes pourvues d'un cormus, c'est-à-dire de racine(s), de tige(s) et de feuille(s), puis de fleur(s). Passé cela, il devient pour nous possible de porter à la connaissance des apprenants le but de tâche de la “situation de pratique scolaire” pensée (annexe 6-1), mêlé au projet d'activité en jeu, à savoir l'explication, pour une plante annuelle tel le bleuet, des besoins nutritifs requis à sa croissance et / ou son développement ; le tout en vue de la conception d'une affiche explicative, dans le cadre de l'opération “Un poster pour la science”, mise en place par la DSDEN de la Manche (annexe 5-1).

L'évaluation diagnostique, à proprement parler, est composée de questions diverses et se présente de la façon qui suit, avec :

(Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...) comment la plante grandit-elle ? Pour la première question ;

pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ? Pour la deuxième question ;

comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ? Pour la troisième question.

Précisons enfin qu'afin de pouvoir s'y reporter, les différentes évaluations diagnostiques ont été reproduites (annexe 6-4).

2.1. Première question

Nous pouvons d'abord proposer une interprétation des travaux de l'ensemble de la classe à l'issue de la première question de l'évaluation diagnostique (tableau 6-4).

Tableau 6-4. Interprétation des travaux de l'ensemble de la classe à l'issue de la première question de l'évaluation diagnostique

| Apprenant | Besoin(s) de la plante | Représentation du système souterrain | Référence au temps qui passe |
|------------|--|--------------------------------------|------------------------------|
| Dan | eau + Soleil | racines* (dans la terre) | non |
| Charly | eau | racines* (dans la terre) | non |
| Louna | eau + Soleil | racines* | oui |
| Romane | eau (et non Soleil) | pas de racines (pas de terre) | non |
| Aude | eau + nourriture | racines (dans la terre) | oui |
| Clémentine | eau | racines* (dans la terre) | oui |
| Marceau | eau + Soleil (chaleur du) | racines(*) (dans la terre) | oui |
| Alexis | eau | racines* (dans la terre) | oui |
| Nora | eau + Soleil (lumière du) | pas de racines* (pas de terre) | non |
| Baptiste | besoins dans la terre (<i>via</i> sève (vaisseaux)) | racines* (dans la terre) | oui |
| Maxime | / (racine, écorce) | racines (dans la terre) | non |
| Tim | eau | racines(*) (dans la terre) | non |
| Lisa | eau | pas de racines (pas de terre) | oui |
| Malo | minéraux dans la terre | racines* (dans la terre) | oui |
| Gabriel | besoins dans la terre (<i>via</i> sève) | racines* (dans la terre) | oui |
| Lorenzo | eau + végétation (terre comprise) | racines* (dans la terre) | oui |
| Énora | eau | pas de racines (terre) | oui |
| Charley | eau | racines (dans la terre) | non |
| Margaux | eau | racines | oui |

Premièrement, et concernant les différents besoins de la plante, la très grande majorité des apprenants n'oublia pas, et comme attendu, la fameuse eau ; à l'exception cependant de Baptiste, Maxime, Malo et Gabriel. Les sels minéraux, s'ils sont explicitement nommés chez Malo, peuvent également être entrevus chez Aude, Baptiste et Gabriel, la proposition de Lorenzo restant quant à elle fort ambiguë, lorsqu'il est question de végétation (terre comprise). Le CO₂, ou un autre gaz n'est, pour sa part, jamais évoqué, et seuls quatre apprenants (Dan, Louna, Marceau & Nora) n'oublient pas le Soleil des différents besoins de la plante.

Deuxièmement, et concernant la représentation du système souterrain, la très grande

majorité des apprenants (quinze) fit référence à de quelconques racines, explicitement pour les uns, implicitement pour les autres ; à l'exception cependant de Romane, Nora, Lisa et Énora. De même, la terre est-elle très largement évoquée, par quatorze apprenants ; à l'exception de Louna (pour qui il y a des racines*), Romane (pour qui il n'y a pas de racines), Nora (pour qui il n'y a pas de racines*), Lisa (pour qui il n'y a pas de racines) et Margaux (pour qui il y a des racines) : une terre si abondamment représentée laisse déjà présager que, vraisemblablement, l'ensemble de la classe embrasse ici pleinement le mythe de la terre nourricière, décrit ci-avant.

Troisièmement, et concernant la référence au temps qui passe, nous observons son absence pour sept apprenants, et sa présence pour douze apprenants, ce qui marque alors une légère préférence à sa prise en compte, de la part de l'ensemble de la classe.

2.2. Deuxième question

Nous pouvons ensuite proposer une interprétation des travaux de l'ensemble de la classe à l'issue de la deuxième question de l'évaluation diagnostique (tableau 6-5).

Tableau 6-5. Interprétation des travaux de l'ensemble de la classe à l'issue de la deuxième question de l'évaluation diagnostique

| Apprenant | Besoin(s) de la plante | Représentation du système souterrain | Référence au temps qui passe |
|------------|--|--------------------------------------|------------------------------|
| Dan | eau + Soleil | racines (dans la terre) | non |
| Charly | eau | pas de racines (pas de terre) | non |
| Louna | eau + Soleil | racines* | oui |
| Romane | eau (et non Soleil) | pas de racines (pas de terre) | non |
| Aude | eau | racines* | non |
| Clémentine | eau | pas de racines* (pas de terre) | non |
| Marceau | eau + Soleil | racines (dans la terre) | non |
| Alexis | eau | pas de racines* (pas de terre) | non |
| Nora | eau + Soleil (lumière du) | racines* (dans la terre) | oui |
| Baptiste | eau + Soleil (énergie du) + nourriture de la terre + oxygène (de | racines (dans la terre) | non |

| | l'air ?) | | |
|---------|---|--------------------------------|-----|
| Maxime | eau + Soleil | racines* (dans la terre) | non |
| Tim | eau + Soleil (chaleur du) | racines (dans la terre) | non |
| Lisa | eau + Soleil | pas de racines* (pas de terre) | non |
| Malo | eau + Soleil (rayons du) + minéraux (de la terre ?) + compost | racines* (dans la terre) | non |
| Gabriel | eau + Soleil + nourriture de la terre | racines* (dans la terre) | non |
| Lorenzo | eau + végétation (terre comprise) | pas de racines (terre) | non |
| Énora | eau | racines | oui |
| Charley | eau | racines (dans la terre) | non |
| Margaux | eau | racines* | non |

Premièrement, et concernant les différents besoins de la plante, la totalité des apprenants n'oublia pas, cette fois-ci, la fameuse eau ; sans doute la formulation nouvelle de la question n'y est-elle pas étrangère, et puisque sont ici explicitement demandés les différents besoins de la plante. Les sels minéraux, s'ils sont à nouveau et explicitement nommés chez Malo, le sont presque tout autant chez Baptiste et Gabriel, lorsqu'il est question d'une nourriture de la terre, la proposition de Lorenzo restant à nouveau et quant à elle fort ambiguë, lorsqu'il est question de végétation (terre comprise). Assez remarquable pour le relever, un gaz autre que le CO₂, l'oxygène, est évoqué chez Baptiste. Outre la matière, l'énergie n'est, pour dix apprenants, pas oubliée des différents besoins de la plante : cependant, seul Baptiste envisage très clairement le Soleil comme une source d'énergie.

Deuxièmement, et concernant la représentation du système souterrain, la grande majorité des apprenants (treize) fit référence à de quelconques racines, explicitement pour les uns, implicitement pour les autres ; à l'exception cependant de Charly, Romane, Clémentine, Alexis, Lisa et Lorenzo. De même, la terre est-elle largement évoquée, par dix apprenants ; à l'exception de Charly (pour qui il n'y a pas de racines), Louna (pour qui il y a des racines*), Romane (pour qui il n'y a pas de racines), Aude (pour qui il y a des racines*), Clémentine (pour qui il n'y a pas de racines*), Alexis (pour qui il n'y a pas de racines*), Lisa (pour qui il n'y a pas de racines*), Énora (pour qui il y a des racines) et Margaux (pour qui il y a des racines*).

Troisièmement, et concernant la référence au temps qui passe, nous observons son absence

pour seize apprenants, et sa présence pour trois apprenants, ce qui contredit pleinement notre constat précédent, où nous observions alors une légère préférence à sa prise en compte, de la part de l'ensemble de la classe.

2.3. Troisième question

Nous pouvons enfin proposer la transcription partielle des travaux de l'ensemble de la classe pour la troisième question de l'évaluation diagnostique (tableau 6-6).

Tableau 6-6. Transcription partielle (le texte sans l'image) des travaux de l'ensemble de la classe pour la troisième question de l'évaluation diagnostique (orthographe grammaticale et lexicale corrigées)

| Apprenant | Représentation initiale |
|------------|---|
| Dan | Quand elle prend l'eau, elle va dans la terre. La racine récupère l'eau qui est dans la terre. Après, l'eau passe dans la tige, remonte à la fleur et la fait grandir, grandir... |
| Charly | Elle se développe et commence à sortir. |
| Louna | Ce qui se passe, c'est que la plante, à force d'avoir du Soleil et de l'eau : la plante est nourrie, alors elle grandit un peu tout le temps, à chaque fois qu'elle est nourrie. |
| Romane | À l'intérieur de la plante, il se passe que ça grossit et que ça rajoute des couches. |
| Aude | L'arbre fait plusieurs épaisseurs (une par an), donc quand on le coupe, nous pouvons voir les épaisseurs : nous savons quel âge il a. Sur mon schéma, il a cinq ans. |
| Clémentine | Les racines grandissent. Elles ont besoin de place, alors elles poussent sur l'arbre. L'arbre grandit. Il s'écarte. Au fur et à mesure du temps, les feuilles apparaissent. |
| Marceau | En fait, quand il pleut, la terre est humide, donc les racines aspirent l'eau qui est dans la terre. |
| Alexis | C'est comme le corps humain. |
| Nora | L'eau va aux racines et agrandit la racine. Le Soleil aide la plante à grandir vu que la plante se sent bien. Il faut lui donner de l'eau pour qu'elle se nourrisse. Et la plante grandit, grandit... |
| Baptiste | Grâce à la racine, la plante se nourrit toute seule avec la pluie qui tombe. La racine prend l'eau dont elle a besoin et ce qu'elle trouve dans la terre. |
| Maxime | L'eau rentre dans la racine, puis va dans les feuilles, les tiges... |
| Tim | L'eau s'infiltré dans le tronc. |
| Lisa | Lorsque l'on donne de l'eau à une plante, l'eau va dans la terre, puis dans les tiges. |
| Malo | Il y a tous les ingrédients qui lui servent à grandir qui circulent. |
| Gabriel | La "nutrition pour plantes" va dans l'arbre et le nourrit. |
| Lorenzo | La végétation aspire l'eau pour la placer dans la plante, puis la plante grandit de plus en plus. |

| | |
|---------|---|
| Énora | À l'intérieur de la plante, il y a des anneaux et, plus il y en a, plus elle grandit. |
| Charley | Il se passe comme un corps xxx racine. |
| Margaux | Dans l'arbre, il y a des petites tiges qui grossissent et l'arbre s'agrandit. |

Globalement, et si la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation n'est pas ici-même envisageable pour de si jeunes apprenants, bien qu'elle eût été pertinente sur le plan scientifique, avons-nous plus souvent retrouvé dans les propositions de nos apprenants le problème de l'absorption et de la distribution, avec :

la question de l'absorption chez Dan, Louna (?), Marceau, Nora, Baptiste, Maxime, Tim, Lisa, Gabriel (?), Lorenzo ;

la question de la distribution chez Dan, Alexis (?), Maxime, Tim, Lisa, Malo, Charley (?).

Aussi, et ne faisant pas nécessairement écho au problème de l'absorption ou de la distribution, certains apprenants ont-ils réellement tenté d'apporter une réponse à la question posée, telle celle de Romane : à l'intérieur de la plante, il se passe que ça grossit et que ça rajoute des couches. Ou celle d'Aude : l'arbre fait plusieurs épaisseurs (une par an), donc quand on le coupe, nous pouvons voir les épaisseurs : nous savons quel âge il a. Sur mon schéma, il a cinq ans. Ou celle de Clémentine : les racines grandissent. Elles ont besoin de place, alors elles poussent sur l'arbre. L'arbre grandit. Il s'écarte. Au fur et à mesure du temps, les feuilles apparaissent. Ou celle d'Énora : à l'intérieur de la plante, il y a des anneaux et, plus il y en a, plus elle grandit. Ou celle de Margaux : dans l'arbre, il y a des petites tiges qui grossissent et l'arbre s'agrandit. Également, et de par une interprétation malaisée de la question, remarquons que Charly se risqua à faire allusion aux étapes du développement d'une plante à fleurs.

2.4. Discussion partielle

Quoi qu'il en soit, et à l'exception de Baptiste, la totalité des apprenants se retrouve autour d'un principe fondamental, lequel énonce que les substances qui servent de nourriture à la plante sont toutes captées par les racines, et viennent du sol. Il s'agit là, bien évidemment, du premier palier de notre grille de lecture des différentes représentations de la nutrition végétale. À cela, et théoriquement parlant, deux variantes, avec :

la plante prend dans le sol des éléments à l'état solide, telle de la terre, ou même des petits animaux, et boit de l'eau ;

la plante prend dans le sol de l'eau, ainsi que des substances du sol.

Nous concernant, et empiriquement parlant, nos jeunes apprenants lui ont donc visiblement préféré sa seconde variante. C'est alors que nous pouvons envisager, au regard de ladite grille, le deuxième palier pour ce qui est de l'idée explicative de Baptiste ; rappelons néanmoins que l'idée explicative d'une nutrition des végétaux supérieurs à partir du sol et respiration ne présente que peu de différences d'avec l'idée explicative d'une nutrition des végétaux supérieurs à partir du sol : il n'y a donc pas ici nécessairement de rupture à opérer. C'est ainsi qu'il ne sera jamais question, lors de l'évaluation diagnostique, du troisième palier de notre grille de lecture des différentes représentations de la nutrition végétale où, pour fabriquer sa propre matière, la plante a davantage besoin du CO₂ de l'atmosphère, que de l'eau et des substances du sol, à savoir les sels minéraux.

Remarquons pour finir, mais nous n'en serons nullement surpris, qu'au regard de notre grille de lecture des différentes représentations de la nutrition (tableau 6-3 ; d'après Orange, 1994a, 1997, 2000), nous oscillons régulièrement entre une explication de type *Ea* et une explication de type *Eb*, la première et la seconde traduisant respectivement l'absence et la présence d'un réel questionnement scientifique (Goix, 1996, 1997)...

3. Analyse du débat scientifique en termes de problématisation scientifique

Précisons d'emblée qu'afin de pouvoir s'y reporter, les différentes affiches ayant servi à la préparation du débat scientifique ont été reproduites (annexe 6-5) ; naturellement, le débat scientifique en lui-même a été intégralement transcrit (annexe 6-6). En aucun cas contradictoires, mais bien évidemment complémentaires, l'une et l'autre analyse, thématique d'abord, épistémologique ensuite, vont maintenant être présentées.

3.1. Analyse thématique du débat scientifique

À l'appui des diverses affiches, et du groupe 1 au groupe 5, notre débat scientifique a pu donner lieu à différents moments de controverses, que nous traduisons alors par quelques questions organisatrices, avec :

Q1 : à quoi sert l'eau ?

Q2 : à quoi servent les substances minérales ? (de la terre)

Q3 : à quoi servent les engrais ?

Q4 : à quoi sert la terre ?

Q5 : à quoi sert l'air ?

Q6 : à quoi sert le Soleil ? (qui n'est pas un aliment, mais de l'énergie)

Concernant Q1, nous observons là une oscillation permanente entre une simple aide à la croissance et au développement de la plante, que nous retrouverons pour les engrais, d'un réel besoin nutritif, que nous retrouverons pour les substances minérales. Par ailleurs, d'aucuns réitéreront, comme sur le temps de l'évaluation diagnostique, que la seule eau peut suffire à la nutrition de la plante. Quoi qu'il en soit, et si pour nombre d'apprenants, la plante absorbe l'eau au niveau de ses racines (Enseignant (187) : « *l'eau où est-ce qu'elle est absorbée ? Où est-ce qu'elle la prend l'eau ? Par quel(s) moyen(s) elle la prend ?* » Charley (188) : « *par là.* » Enseignant (189) : « *oui. Ça s'appelle comment ça ?* » Charley (190) : « *les racines.* »), quelques uns, encouragés par l'enseignant³³³ (Enseignant (193) : « *comment on peut en être*

³³³ Qui apporte le raisonnement suivant : sachant que, dans certaines conditions certes, la terre rejette de l'eau par le phénomène de l'évaporation, comment être sûr que l'assèchement de la terre d'un pot contenant une plante empotée

sûr de ça que la plante elle prend l'eau de la terre par les racines ? Comment vous pouvez en être sûrs ? Dan ? »), avanceront tout de même que la plante absorbe l'eau au niveau de ses feuilles / tiges (Enseignant (231) : « ah... Les fleurs absorberaient l'eau aussi ? » Malo (232) : « les feuilles. »), et ce du fait constatable³³⁴ que, avec le temps, nous remarquons que l'eau (située à la surface) d'une feuille disparaît (Malo (241) : « c'est (ce sont) les feuilles qui absorbent mais c'est aussi possible comme ça. Par exemple mes plantes chez moi eh ben on a mis de l'eau dessus. Et puis sur le feuille eh ben une heure plus tard elle était plus là l'eau. »). Si le phénomène de l'évaporation est ici éclipsé, nous avons tout de même là une hypothèse de travail intéressante, car moins évidente qu'elle n'y paraît, à tester sur le temps des investigations empiriques (Enseignant (249) : « donc les garçons on est d'accord pour dire qu'on pense que ce sont les racines qui absorbent l'eau mais qu'avec une plante plantée dans de la terre on peut quand même avoir un doute sur le fait que l'eau ait été absorbée par la plante ou qu'elle se soit évaporée ? On est bien d'accord que là il y a un doute ? D'accord. Donc absorption par les racines. Point d'interrogation. Ce sera quelque chose à vérifier. D'accord. Une fois qu'elle a été absorbée cette eau... Imaginons que ce soient bien les racines. Où est-ce qu'elle va ? Vas-y. »). L'eau absorbée, il apparaît ensuite qu'il faille la répartir –équitablement ; passé ce consensus, les avis divergent quant à la façon (Charley (250) : « elle va dans des petits trucs qu'il y a à l'intérieur de la plante. » Enseignant (251) : « c'est quoi ces petits trucs à l'intérieur de la plante ? » Charley (252) : « je sais pas. » Enseignant (253) : « Alexis ? » Alexis (254) : « des petites veines. » Enseignant (255) : « des petites veines. » Maxime (256) : « non. Je suis pas d'accord. » Alexis (257) : « des veines

est, en partie tout du moins, due à l'absorption de l'eau au niveau des racines de ladite plante empotée ? (Enseignant (205) : « si je fais la même expérience... Vous comprenez bien l'expérience de Malo. Il prend un pot. Il met une plante. Il met de l'eau. Si l'eau s'en va c'est que la plante l'a absorbée. On est d'accord ? Moi je fais la même expérience mais sans la plante. Je prends un pot avec de la terre. Je mets un peu d'eau. Qu'est-ce qu'il va se passer au bout de cinq / six jours ? Aude ? » Aude (206) : « elle va plus être là l'eau. » Enseignant (207) : « donc l'eau... La terre va s'être asséchée de la même façon. Pourquoi ? » Baptiste (208) : « parce que l'eau elle va s'évaporer. » Enseignant (209) : « l'eau va s'évaporer. » Dan (210) : « ben non. C'est la terre qui xxx. » Enseignant (211) : « donc je prends de la terre, je mets de l'eau, je laisse ça dans un coin. La terre va devenir sèche parce que l'eau s'évapore. Alors Malo comment tu es sûr que c'est bien la plante qui a pris l'eau et qu'elle ne s'est pas évaporée ? »)

³³⁴ Qui nous est rapporté par le groupe 5, et par la voix de Malo, cependant que ce dernier parle aussi de l'absorption de l'eau pour parler de la respiration (Enseignant (229) : « parce que la plante... Ben oui. Mais si je la coupe je vais plus savoir si c'est la plante qui a absorbé l'eau ou si l'eau elle s'est évaporée. » Malo (230) : « oui. Mais c'est pas la même expérience. Tu peux en mettre aussi sur la terre. Mais il faut en mettre sur les feuilles pour savoir si c'est une feuille qui respire. Parce que s'il est sur les feuilles eh ben... ») ; ainsi avancera-t-il les contre-arguments qui suivent : un trajet de la terre à la plante qui lui semble trop long (vis-à-vis de l'absorption de l'eau par les racines) (Malo (151) : « parce que... Si ben justement avant que ça ne touche la terre ça veut dire qu'une plante qui est assoiffée... S'il pleut ça veut dire qu'elle... Si ça fait longtemps qu'elle est assoiffée elle pourrait mourir avant que l'eau la touche parce que... Si ben faut que ça traverse la terre et que ça aille jusqu'aux racines. Et puis souvent sous la terre eh ben tu vas avoir des surfaces un peu plus chaudes sur la terre que sur... »), un oxygène (même s'il parle à la fois d'azote et d'oxygène...) qui ne lui semble pas assez présent au niveau de la terre (vis-à-vis de la respiration de l'oxygène par les racines) (Malo (155) : « parce que sous terre il y a presque pas d'oxygène, d'azote qui circule. Alors que dans l'air il y en a. »).

pleines d'eau... » Enseignant (258) : « des veines pleines d'eau... » Alexis (259) : « ... qui circulent dans la plante. » Enseignant (260) : « Maxime ? » Maxime (261) : « ben je suis pas d'accord. » Enseignant (262) : « tu dirais quoi toi ? » Maxime (263) : « ben moi je dirais qu'elle remonte. » Enseignant (264) : « elle remonte comment ? » Maxime (265) : « ben je sais pas. Elle remonte dans la tige. » Enseignant (266) : « oui. Alors ça voudrait dire qu'elle... » Maxime (267) : « ... remonte dans la tige. Et puis elle va un peu partout, elle va dans les feuilles pour faire des... ») : sans vaisseaux pour les uns, avec vaisseaux pour les autres, et puisque nous distinguons les nervures (situées à la surface) d'une feuille (Alexis (534) : « maître regarde. Ici il y en a souvent sur les feuilles des traits. » Enseignant (535) : « les nervures ? » Alexis (536) : « oui. » Enseignant (537) : « d'accord. Donc tu penses que les nervures qu'on voit sur les feuilles pourraient être ces canaux dont on parle et qui emmènent l'eau vers les feuilles ? » Alexis (538) : « oui. »). De même, et nous rapprochant toujours plus du thème d'étude de la nutrition animale (Enseignant (484) : « oh... Ben si. Si j'ai bu beaucoup, beaucoup, beaucoup d'eau est-ce qu'à un moment je vais grossir, grossir, grossir jusqu'à éclater ? » XXX (485) : « non. » Enseignant (486) : « ben non. Qu'est-ce... Alors pourquoi ? Il se passe quoi dans mon corps à moi ? » Maxime (487) : « parce que nous on la libère. Et puis en plus on peut la ressortir. » Enseignant (488) : « comment ? » Charley (489) : « en faisant pipi. » Maxime (490) : « ben en allant aux toilettes. »), seront finalement envisagés des rejets d'eau dans l'environnement, et quand ils ne l'étaient initialement pas : remarquons simplement que si, dans le cas de la nutrition animale (circulation & digestion & respiration), la question du rejet peut, et bien que maladroitement, servir de point d'appui à la construction de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation, il n'en est rien du cas de la nutrition végétale³³⁵ (photosynthèse), ce qu'avait sans doute ici envisagé l'enseignant (Enseignant (508) : « donc une partie sert et une partie est rejetée ? » Maxime (509) : « un petit peu qui est rejeté. » Enseignant (510) : « et là l'eau alors est-ce qu'elle peut servir à la plante aussi ? » Louna (511) : « ben pour l'aider à grandir. » Enseignant (512) : « d'accord. » Enseignant' (513) : « donc là ça sert pour la plante ? » Louna (514) : « oui. » Enseignant' (515) : « mais juste en se remplissant ? » Enseignant (516) : « en fait le fait de se remplir ça la pousse pour qu'elle grandisse ? C'est ça ? » Louna (517) : « oui. ») ; malgré tout, cette hypothèse de travail, à savoir celle du rejet, sera elle aussi testée sur le temps des investigations empiriques.

335 OÙ, tout au plus, pourrions-nous mener le raisonnement suivant : partant de la contrainte sur l'empirique d'une plante qui absorbe de l'eau au niveau de ses racines, en plus d'être turgescente, nous concluons à la nécessité sur l'empirique d'une plante qui rejette de l'eau au niveau de ses feuilles / tiges.

Concernant Q2, il est à noter que peu nombreux sont les apprenants à envisager la question des substances minérales ; en revanche, et pour le groupe 5 qui la défend, observons-nous une très nette survalorisation desdites substances minérales, et quand il ne s'agirait plus et au final que de "la" nourriture de la plante, exclusivement parlant (Dan (606) : « *c'est de la nutrition pour ces plantes.* ») : nous embrassons ici pleinement le mythe de la terre nourricière, décrit ci-avant, et sans doute encouragé par la question des engrais, aux effets possiblement spectaculaires. Étant acquis et non discuté, telle une contrainte sur le modèle [ou les modèles], que la terre regorge de telles substances (Enseignant (586) : « *c'est quoi ça les minéraux pour plantes ?* » Gabriel (587) : « *ben c'est (ce sont) plein de sortes de minéraux qu'il y a dans la terre et que la plante a besoin pour se nourrir.* »), il va de soi que la plante les absorbe au niveau de ses racines (Enseignant' (590) : « *et Gabriel ce sont les racines qui absorbent les minéraux ? C'est ça que tu nous dis ?* » Gabriel (591) : « *oui.* »), et pour les répartir dans tout son organisme, à l'instar de l'eau (Enseignant' (594) : « *donc toutes les parties de la plante ?* » Gabriel (595) : « *voilà.* » Enseignant (596) : « *donc votre plante... Vous... Dans la terre elle ne prendrait pas que de l'eau ? Elle prendrait en plus des minéraux ?* » Gabriel (597) : « *oui.* »). À partir de là, nous retombons évidemment sur les mêmes problématiques que celles développées ci-avant : avec (Enseignant (576) : « *d'accord. Ils ont coupé et ils regardent l'intérieur. Donc ce que l'on voit là...* » Gabriel (577) : « *... c'est tous les petits vaisseaux qui passent dans la plante ou les canaux. Et ils transportent tous les minéraux qu'il y a dans la terre.* ») ou sans canaux, tuyaux, vaisseaux, veines... avec ou sans rejets dans l'environnement. Néanmoins, remarquons-nous l'interrogation, pertinente au demeurant, de la modalité même de l'absorption des substances minérales que la terre renferme, quand est avancée l'hypothèse d'une force magnétique (Gabriel (593) : « *oui. Les minéraux ils... Ben... La racine elle aspire les... Comme s'il y avait une force magnétique qui forçait les minéraux à se diriger vers les racines. Après les minéraux ils vont dans la plante, ils passent par les racines. Après ils remontent dans l'arbre pour nourrir les racines, le tronc, les feuilles.* »)...

Concernant Q3, nombre d'apprenants développent l'idée explicative d'une simple aide à la croissance et au développement de la plante en l'absence, et rien d'anormal à cela, du lien qui doit être établi d'avec la question des substances minérales (Enseignant (656) : « *du coup les minéraux... Donc vous me dites que la plante va les trouver dans la terre. Est-ce que nous on pourrait apporter quelque chose qui se trouverait dans une substance et qui permettrait qu'à*

la plante de se développer et de grandir ? » Baptiste (657) : « j'ai pas vraiment compris. » Enseignant (658) : « tu as pas vraiment compris. Qu'est-ce que nous les Hommes on peut... Qu'est-ce qu'on pourrait ajouter à la plante pour l'aider à grandir ? » Dan (659) : « de l'engrais. » Enseignant (660) : « des engrais. Alors la plante dans ce cas-là elle... Les engrais est-ce que c'est une aide ou est-ce que c'est absolument nécessaire ? Je parle pas de l'engrais en lui-même. Je parle de ce qu'il y a dans l'engrais. Qu'on soit bien d'accord ? Je vous parle pas de prendre la bouteille et de mettre l'engrais mais bien des substances qui sont dans l'engrais. Est-ce qu'elles sont absolument nécessaires ou est-ce qu'elles ne font qu'aider ? » Tim (661) : « c'est une aide. » Enseignant (662) : « ça veut dire quoi ? » Tim (663) : « ben elles aident la plante à grandir. ». En outre, et bien que nous parvenions à distinguer les engrais “chimiques”, qui abîment la nature (Enseignant' (684) : « donc d'une façon générale les engrais qui sont chimiques comme tu dis ça abîme quoi ? » Malo (685) : « ben la nature. »), des engrais “non chimiques” (fumier, purin...), qui n'abîment pas la nature, les seconds restant par ailleurs moins efficaces que les premiers (Enseignant (698) : « non. Alors lesquels seraient les plus efficaces ? Les chimiques ou les non chimiques ? » Baptiste (699) : « oh... Alors là... » Enseignant (700) : « tu ne sais pas. D'accord. Mais c'est aussi une réponse hein... » Aude (701) : « les non chimiques. » Enseignant (702) : « tu penses que les non chimiques sont plus efficaces ? » Baptiste (703) : « ah non. » Gabriel (704) : « ceux qui poussent le plus vite. » Enseignant (705) : « pourquoi ils seraient plus efficaces ? » Aude (706) : « ben parce que déjà c'est bio (biologique). » Enseignant (707) : « donc si c'est bio (biologique) ce serait plus efficace. Vous en pensez quoi les autres ? Baptiste ? » Baptiste (708) : « ben non. Parce que quand c'est chimique souvent si tu regardes des légumes chimiques et des légumes non chimiques eh ben les légumes chimiques ils vont être beaucoup plus gros que ceux qui sont pas chimiques. » X (709) : « oui. » Enseignant (710) : « d'accord. Donc ça voudrait dire que les chimiques seraient plus efficaces ? » XXX (711) : « oui. »), ne réussissons-nous pas à obtenir le consensus au sujet de la possible toxicité des engrais, et lorsqu'ils sont apportés en très grandes quantités : toxiques pour les uns (Charley (724) : « plus elle va mourir. »), non toxiques pour les autres, lorsque la plante ne prend que ce dont elle a besoin (Malo (754) : « ben en fait ce qu'il dit Charley c'est pas vrai parce que quand tu rajoutes de l'engrais eh ben... Ça va pas parce que la plante elle prend toujours que ce qu'elle a besoin. Ça veut dire que l'autre engrais elle le laissera. Mais ça veut dire que si elle prend toujours ce qu'elle a besoin eh ben elle augmentera pas son processus de... Pour grandir. »).

Concernant Q4, et si la terre sert bien évidemment à ancrer la plante dans le sol, quand bien même cela n'est-il pas évoqué, retrouvons-nous chez quelques uns l'idée explicative d'une nutrition des végétaux supérieurs à partir du sol, psychologiquement très forte, et dans sa variante où la plante y prélève de la terre même, en cela des éléments à l'état solide. S'opposant à cela, l'enseignant avance alors que la quantité de terre d'un pot contenant une plante empotée ne diminue pas avec le temps (Enseignant' (640) : « *là j'ai une plante là-bas qui est plantée dans un pot. Est-ce que le niveau de la terre il diminue ?* » XXX (641) : « *non.* » Enseignant' (642) : « *même en attendant très longtemps ça diminue...* » Baptiste (643) : « *... pas.* » Malo (644) : « *... pas.* » Enseignant' (645) : « *... pas. Donc est-ce que d'après toi Maxime la plante absorbe de la terre ?* » Maxime (646) : « *non.* » Enseignant' (647) : « *si elle en absorbait qu'est-ce qu'on constaterait ?* » Maxime (648) : « *ben il y aurait plus de terre déjà.* » Enseignant' (649) : « *donc au bout d'un moment il y en aurait plus. Donc on peut supposer...* » Maxime (650) : « *... qu'elle absorbe pas déjà et elle peut pas prendre de la terre.* »), quand le groupe 5, et par la voix de Baptiste d'abord (Baptiste (621) : « *ben la terre elle est trop grosse. Enfin...* »), et de Gabriel ensuite (Gabriel (627) : « *oui. C'est vraiment petit, petit, petit alors que la terre c'est assez épais par...* »), évoque et dans ce cas un problème purement mécanique, lié à la taille des éléments solides. Remarquons simplement qu'en lien avec la question des substances minérales, nous baignons toujours ici dans le mythe de la terre nourricière, et qui conduit à une survalorisation des apports nutritifs par le sol.

Concernant Q5, et nous devons bien comprendre là que nous sommes au cœur de notre projet d'enseignement-apprentissage, seul le groupe 5 se risque à aborder la question de possibles échanges gazeux, au demeurant différents : d'un côté, et par la voix de Baptiste, des échanges que l'on serait tenté de qualifier de respiratoires³³⁶, et puisqu'il est question d'une absorption d'oxygène (Baptiste (780) : « *moi j'avais pensé qu'elle prenait un peu d'oxygène pour en refaire encore.* »), de l'autre, et par la voix de Malo, des échanges que l'on serait tenté de qualifier de nutritifs, et puisqu'il est question d'une absorption d'azote (Malo (768) : « *ben elle a pas besoin d'oxygène, elle a besoin d'azote comme les arbres. Ben par exemple eh ben xxx. Ça fait longtemps mais il disait que les arbres c'étaient comme les principaux (principaux) producteurs d'oxygène. En fait ils prenaient l'azote et ils la (le) transformaient*

336 Au sens de la ventilation pulmonaire, que les apprenants ont d'ailleurs récemment travaillée.

en oxygène. »). Néanmoins, et lorsque des précisions leur sont demandées, tous deux affirment qu'il s'agit là de réels besoins nutritifs à la différence près que, cette fois-ci, la plante absorbe les gaz au niveau de ses feuilles / tiges (Enseignant' (785) : « *et juste... Par rapport... Tu nous parles donc d'azote. Elle l'absorbe à quel endroit la plante ?* » Malo (786) : « *ben je sais pas trop.* » Enseignant' (787) : « *l'azote dont tu parles il est où ? Dans l'atmosphère ou dans la terre ?* » Malo (788) : « *dans l'air.* » Enseignant' (789) : « *dans l'air. Donc d'après toi s'il est dans l'air la plante elle le prélève comment ?* » Malo (790) : « *ben par ses xxx.* » Enseignant' (791) : « *et donc ses parties aériennes.* » Enseignant (792) : « *donc...* » Malo (793) : « *... ben ses feuilles, ses tiges.* » Enseignant (794) : « *d'accord. Donc les parties vertes.* » Enseignant' (795) : « *donc c'est une hypothèse.* » Enseignant (796) : « *d'accord. Et toi Baptiste ton oxygène elle le prendrait à quel niveau ?* » Baptiste (797) : « *pareil. Les feuilles.* » Enseignant (798) : « *les parties vertes ?* » Baptiste (799) : « *oui.* »). Quoi qu'il en soit, et du restant de nos groupes concernés, se trouve ici confirmée notre analyse épistémologique « *de la photosynthèse : l'obstacle est ici le fait qu'on oublie constamment que les gaz sont de la matière (au même titre que les solides et les liquides) parce qu'on ne les perçoit pas immédiatement. Les élèves oublient ainsi régulièrement l'existence de l'air, sauf quand il est en mouvement, sous forme de vent. Dans ces conditions, il est difficile d'accepter et surtout d'intégrer – même quand on l'a correctement apprise – la fonction nutritive de la photosynthèse. Il est plus commode et confortable de conserver l'idée première que les plantes se nourrissent avec leurs racines, en prélevant dans le sol les éléments qui leur conviennent.* » (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 83).

Concernant Q6, nous retrouvons là encore une oscillation permanente entre d'une part, ce qui relèverait de la contingence, lorsque le Soleil éclaire (Lisa (413) : « *ben le Soleil en fait... Ça vient de me revenir... Le Soleil il sert aussi pour éclairer la plante comme Baptiste disait.* »), voire réchauffe la plante (Marceau (355) : « *pour réchauffer la plante.* »), et d'autre part, ce qui relèverait de la nécessité, lorsque le Soleil permet la croissance et le développement de la plante (Enseignant (342) : « *ah... Vous vous rajoutez du Soleil.* » Marceau (343) : « *oui. Nous on l'a mis aussi.* » Enseignant (344) : « *pourquoi ?* » Maxime (345) : « *ben...* » Enseignant (346) : « *à quoi il sert ?* » Maxime (347) : « *... pour faire grandir aussi.* »). Du reste, n'est-il et au final pas envisagé comme peut l'être un aliment, et bien que le Soleil soit particulièrement difficile à définir (Lisa (370) : « *ben en fait je pense plus... Enfin que la pluie... Ben comme tout le monde l'a fait (faite) elle aide à grandir mais*

le Soleil il... C'est pas pareil il... » Enseignant' (371) : « Lisa le Soleil tu dis c'est pas pareil. Est-ce qu'on peut dire que c'est un aliment ? » Lisa (372) : « oui. Un peu. » Enseignant' (373) : « oui. Un peu. » Lisa (374) : « mais c'est pas comme l'eau. » Enseignant' (375) : « donc pas vraiment si c'est... Oui. Un peu. » Lisa (376) : « ou juste à peu près. » Enseignant' (377) : « c'est différent ? » Lisa (378) : « oui. »). À l'instar de la question de l'eau, retrouvons-nous enfin et à tort les mêmes problématiques, lorsqu'il est notamment avancé que trop de Soleil est néfaste à la croissance et au développement de la plante (Enseignant (457) : « donc si ça sèche la plante, si elle est grillée la plante, si elle meurt... Est-ce que trop de Soleil peut être nuisible pour la plante ? » Charley (458) : « oui. »), et que toutes les plantes n'ont pas les mêmes besoins en Soleil (Maxime (363) : « mais maître c'est pareil, c'est un peu comme tout à l'heure. On disait qu'elles avaient moins besoin d'eau. Que là c'est l'inverse. Elle a moins besoin de Soleil. »).

Telle est donc, à l'issue du débat scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale, la schématisation possible de l'espace-problème de la classe de CM1 / CM2 (figure 6-2).

Figure 6-2. Macrostructure du débat scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale : schématisation possible de l'espace-problème de la classe de CM1 / CM2



3.2. Analyse épistémologique du débat scientifique

De ces moments de controverses, déjà traduits autour de quelques questions organisatrices, pouvons-nous maintenant mettre en évidence les diverses contraintes et nécessités travaillées. Pour plus de lisibilité, mais de façon non exhaustive³³⁷, ces dernières seront illustrées de quelques extraits de la transcription intégrale du débat scientifique (annexe 6-6). Ainsi, et vis-à-vis de la première réduction du corpus initial que nous ne présenterons pas, les interventions de l'enseignant seront-elles ici conservées, car elles ont l'avantage, dans le cas présent, de régulièrement reformuler les propos des apprenants, comme de lire le contenu même des différentes affiches ayant servi à la préparation du débat scientifique (annexe 6-5).

Les contraintes sur l'empirique (CE), qui contiennent les interventions comprenant des éléments empiriques avérés mais contingents, sont les suivantes :

une plante (racine(s), tige(s), feuille(s) et, à la belle saison, fleur(s)) est un être vivant ;

Enseignant (1) : « *donc une plante est un être vivant. On est tous d'accord là-dessus ?* »

XXX (2) : « *oui.* »

Enseignant (350) : « *d'accord. Alors on va laisser les fleurs de côté pour l'instant, on va rester... Tu te souviens on avait dit qu'une plante... La fleur c'est un épisode de la plante, c'est quelque chose qui s'en va et qui revient hein... Comme dirait Claude François. Donc du coup on va laisser les fleurs pour l'instant. Donc... Voilà. Tu sais pas plus. Louna sais-tu toi puisque tu... Vous avez la même chose avec le Soleil ? Est-ce que tu as une explication à donner toi ? À quoi sert le Soleil ?* »

une plante, avec le temps, croît et se développe et, par voie de conséquence, prend de la masse et de la taille, aussi bien au niveau de ses parties aériennes que souterraines ;

Enseignant (3) : « *si c'est un être vivant ça veut dire qu'elle...* »

XXX (4) : « *... grandit.* »

Enseignant (5) : « *... s'alimente.* »

³³⁷ C'est-à-dire sans présenter ici le détail de toutes les interventions se rapportant à chaque contrainte et à chaque nécessité.

Enseignant (7) : « *d'accord. Puisqu'elle prend en taille, elle prend aussi en...* »

XXX (8) : « *... largeur.* »

Charley (9) : « *... poids.* »

Enseignant (10) : « *voilà. Donc elle prend en masse. Vous êtes d'accord ? L'autre fois les petites plantes qu'on avait ramenées de la haie. Vous êtes d'accord que si on avait pesé la grande et la plus petite elles n'auraient pas eu le même poids ?* »

Maxime (11) : « *ben non.* »

Enseignant (287) : « *alors regardez. Alors normalement c'étaient à eux de nous en parler mais comme ils sont pas là on... Je vais vous dire ce que j'ai remarqué. On voit bien que la plante grandit et prend en masse. D'accord. Ça on le voit bien là. Vous avez vu. Quelle est la partie qui grandit ?* »

Baptiste (288) : « *le tronc.* »

Enseignant (289) : « *le tronc. La tige...* »

Dan (290) : « *... et les branches.* »

Enseignant (291) : « *oui. Si c'est un arbre on va dire le tronc et les branches.* »

Alexis (292) : « *le noyau.* »

Enseignant (293) : « *le noyau. C'est quoi le noyau ?* »

Alexis (294) : « *ben c'est leur cœur.* »

Enseignant (295) : « *le cœur ?* »

XXX (296) : « *ouh...* »

X (297) : « *c'est la Terre qui a un noyau.* »

Enseignant (298) : « *non. Il y a pas de noyau et il y a pas de cœur. Quelle est la partie qui ne grandit pas, qui ne semble pas grandir ?* »

Dan (299) : « *les racines.* »

Enseignant (300) : « *les racines. Vous en pensez quoi de ça ? Maxime ?* »

Maxime (301) : « *pourtant ça grandit avec l'arbre.* »

Enseignant (302) : « *tu penses que ça grandit avec l'arbre. Pourquoi le penses-tu ?* »

Maxime (303) : « *ben par exemple nous on a déjà vu un arbre. Il est super grand et les racines eh ben elles sont encore très grandes.* »

Enseignant' (304) : « *oui. C'est ça et xxx la semaine dernière ?* »

Enseignant (305) : « *la semaine dernière qu'est-ce que... Alexis ?* »

Alexis (306) : « *elles avaient grandi les racines.* »

Enseignant (307) : « *où ça ?* »

Alexis (308) : « *du plus grand.* »

Enseignant (309) : « *dans les trois petits arbustes que je vous avais amenés...* »

Maxime (310) : « *... il y avait une toute petite et une moyenne et une assez grande.* »

Enseignant (311) : « *donc plus l'arbre est grand, plus le système racinaire est...* »

XXX (312) : « *... grand.* »

Enseignant (313) : « *... grand. Gabriel ?* »

Gabriel (314) : « *nous on a... À la maison on avait un arbre plus gros que ça.* »

Enseignant (315) : « *oui.* »

Gabriel (316) : « *et il faisait peut-être deux mètres de hauteur voire plus.* »

Enseignant (317) : « *oh... Je pense plus que ça. Oui. Parce que deux mètres c'est un peu plus grand que moi.* »

Gabriel (318) : « *oui. Ben ça faisait peut-être... Il faisait à moitié quatre mètres. »*
 Enseignant (319) : « *d'accord. Donc il était grand. »*
 Gabriel (320) : « *papa il a coupé tout le début et il reste plus que le tronc là. Et il a des racines tellement longues que les racines elles ont réussi à ressortir chez le voisin. »*
 Maxime (321) : « *ah... C'est ce que j'ai dit. »*
 Enseignant' (322) : « *donc la plante elle grandit par le... »*
 XXX (323) : « *... haut... »*
 Enseignant' (324) : « *... et sans doute aussi par le... »*
 XXX (325) : « *... bas. »*

Enseignant (333) : « *donc on est d'accord pour dire qu'une plante elle grandit à la fois dans sa partie aérienne et à la fois dans sa partie souterraine ? D'accord. Aude ? »*
 Aude (334) : « *et maître des fois il y a des racines qui ressortent comme ça de sur l'arbre. »*
 Marceau (335) : « *oui. »*

Lisa (548) : « *sur la première question qu'on avait fait (faite) eh ben on avait dit qu'il fallait du Soleil et puis de la pluie mais on avait pas parlé du temps en fait. »*
 Enseignant' (549) : « *alors ça veut dire qu'il faut attendre aussi un peu ? »*
 Lisa (550) : « *oui. »*
 Enseignant' (551) : « *donc il y a le paramètre temps qui passe. C'est intéressant ça. »*

une plante, avec le temps, se noie lorsque la terre qui entoure ses parties souterraines est gorgée d'eau ;

Enseignant (102) : « *OK. Et on vient de dire pas beaucoup d'eau. Moins d'eau. Et si elle en avait trop ? Qu'est-ce qu'il va se passer ? Parce que là vous me dites une plante il lui faut de l'eau. Attention. Il y en a qui ont besoin qu'un tout petit peu d'eau. Par exemple les plantes du désert. Donc désert par exemple. Et puis on va mettre les plantes classiques. Et si elles ont trop d'eau ? L'inverse ? Marceau ? »*
 Marceau (103) : « *ben elles se noient. »*

Lisa (548) : « *sur la première question qu'on avait fait (faite) eh ben on avait dit qu'il fallait du Soleil et puis de la pluie mais on avait pas parlé du temps en fait. »*
 Enseignant' (549) : « *alors ça veut dire qu'il faut attendre aussi un peu ? »*
 Lisa (550) : « *oui. »*
 Enseignant' (551) : « *donc il y a le paramètre temps qui passe. C'est intéressant ça. »*

les animaux (microfaune, macrofaune & mégafaune du sol), systématiquement, et les

humains, ponctuellement, retournent la terre et, finalement, l'aèrent.

Enseignant' (156) : « *Malo pourquoi retourne-t-on la terre dans les champs d'après toi ? Est-ce que ça ne servirait pas à l'aérer à tout hasard ?* »
 Malo (157) : « *ben si.* »
 Enseignant' (158) : « *les agriculteurs est-ce qu'ils font ça dans leurs champs ?* »
 Malo (159) : « *oui.* »
 Enseignant' (160) : « *oui. Donc on peut peut-être penser que... Dan ?* »
 Dan (161) : « *mais si elle est naturelle ? Si elle a poussé toute seule et que personne ne s'en occupe ?* »
 Enseignant' (162) : « *alors si personne s'en occupe... S'il y a pas d'agriculteurs...* »
 Dan (163) : « *si elle est vraiment...* »
 Enseignant' (164) : « *... est-ce qu'il y aurait pas quelque chose d'autre dans la terre qui pourrait servir à la retourner même si c'était un petit peu moins violent ?* »
 Malo (165) : « *si. Les animaux.* »
 Enseignant' (166) : « *tu me parles des animaux. Est-ce que tu penses à un animal en particulier ? Malo ?* »
 Malo (167) : « *ben la taupe.* »
 Enseignant' (168) : « *la taupe. Aude ?* »
 Aude (169) : « *le ver de terre.* »
 Enseignant' (170) : « *le ver de terre.* »
 Tim (171) : « *ah oui.* »
 Enseignant' (172) : « *est-ce que tous ces petits animaux-là en se déplaçant sous terre ils ne servent pas d'une certaine façon à la retourner, à l'aérer ?* »
 Malo (173) : « *ben si.* »

Les contraintes sur le modèle [ou les modèles] (CM), qui contiennent les interventions comprenant des éléments théoriques contingents, sont les suivantes :

il faut qu'ait lieu la respiration ;

Enseignant (118) : « *d'accord. Qu'est-ce que vous en pensez de ce qu'il vient de dire ? Vous avez bien compris ce qu'il dit. Il dit que la plante respire comme c'est un être vivant. Elle respire par ses racines et que du coup si on met trop d'eau sur les racines elles... Les racines se noient et que du coup elle peut plus respirer et elle meurt. Vous en pensez quoi ? Gabriel ?* »

Enseignant (146) : « *donc s'il y a trop d'eau la plante étant quelque chose qui respire... Toi tu dis qu'elle respire par ses racines et s'il y a trop d'eau elle se noie. Et Maxime disait moi je suis pas trop*

sûr que ce soient les racines j'ai plutôt l'impression que si elle respire c'est par les feuilles. Alors j'en ai vu faire des têtes bizarres. J'ai vu Malo par exemple quand Marceau a parlé il a fait des ouh... Plutôt que de dire... Dis ce que tu en penses. »

lorsque les humains s'alimentent, la matière prélevée dans l'environnement connaît des transformations.

Enseignant' (871) : *« est-ce que les aliments ils se transforment au cours de la digestion ? »*

Baptiste (872) : *« ils se transforment en chyme, en... »*

Enseignant' (873) : *« alors on refait pas toute l'histoire de la digestion. Mais est-ce qu'il y a des transformations ? Est-ce que les aliments sont transformés ? »*

Malo (874) : *« oui. »*

Baptiste (875) : *« oui. »*

Les nécessités sur l'empirique (NE), qui contiennent les interventions comprenant des éléments empiriques supposés mais nécessaires, sont les suivantes :

nécessité d'une alimentation de la plante et, par voie de conséquence, d'un prélèvement de matière dans son environnement (air + terre) ;

Enseignant (12) : *« d'accord. Donc si ces plantes pour grandir, pour prendre de la masse elles ont besoin de s'alimenter c'est bien qu'elles vont aller les chercher dans leur environnement. D'accord. Elles vont aller les chercher autour d'elles ces aliments dont elles ont besoin. »*

Marceau (13) : *« xxx. »*

Enseignant (20) : *« ... pour pouvoir grandir, pour pouvoir se développer, pour pouvoir prendre de la masse on a dit qu'elle allait avoir besoin de s'alimenter, de prendre des aliments dans son environnement autour. Alors j'aimerais que tu nous dises de quel(s) besoin(s)... Tu vois on reprend la question : pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Donc... Voilà. De quel(s) besoin(s) d'après vous dans son environnement elle a besoin pour pouvoir... »*

Enseignant (510) : *« et là l'eau alors est-ce qu'elle peut servir à la plante aussi ? »*

Louna (511) : *« ben pour l'aider à grandir. »*

Enseignant (596) : « *donc votre plante... Vous... Dans la terre elle ne prendrait pas que de l'eau ? Elle prendrait en plus des minéraux ?* »

Gabriel (597) : « *oui.* »

Enseignant (598) : « *pourquoi ? À quoi ça lui sert ?* »

Gabriel (599) : « *ben se nourrir. Ben pouvoir rester... Ben pour pas qu'elle soit tout le temps... Ben je sais pas comment le définir.* »

X (600) : « *grandir.* »

Enseignant (601) : « *dans son groupe ? Dan ?* »

Dan (602) : « *ben elle a besoin... Elle se nourrit pour grandir.* »

Malo (603) : « *ben oui. Gabriel c'est marqué dans la question.* »

Enseignant (604) : « *donc les minéraux sont de la nourriture ?* »

Maxime (605) : « *ce sont des vitamines plutôt.* »

Dan (606) : « *c'est de la nutrition pour ces plantes.* »

Enseignant (607) : « *les minéraux servent de nutrition à la plante. Malo qui est du même groupe tu voulais dire ?* »

Malo (608) : « *ben en fait quand Gabriel il dit que ça lui sert à se nourrir... Mais ça lui sert aussi à grandir. À se nourrir plus pour grandir.* »

Enseignant (609) : « *Baptiste ?* »

Baptiste (610) : « *parce que ça fait comme nous. Si on mange pas eh ben on va pas grossir...* »

Enseignant (611) : « *... et on va pas...* »

Baptiste (612) : « *... grandir.* »

Enseignant (758) : « *d'accord. Alors dans ce groupe-là il y a quelque chose qui était... Il y a un élément qui était présent sur la production de Baptiste et qui a disparu de l'affiche. Alors ça j'aimerais y revenir. Au départ dans ce groupe-là vous avez parlé de l'oxygène. Baptiste dans sa production avait mis que dans les éléments nécessaires on avait l'eau, on avait les minéraux, on avait le Soleil. Je reprends tout ce que ce groupe-là a dit hein... Parce que les autres n'ont peut-être pas vu mais il y a bien l'eau, il y a bien les minéraux, il y a le Soleil et l'oxygène avait été rajouté. Qu'en pensez-vous ? Je vous rappelle que l'oxygène on le trouve dans quoi ? On a fait la respiration. L'oxygène on le trouve dans... »*

XXX (759) : « *... l'air.* »

Enseignant (760) : « *on le trouve Baptiste dans...* »

Baptiste (761) : « *... l'air.* »

Enseignant' (816) : « *et est-ce qu'un gaz ça peut être un aliment ?* »

Malo (817) : « *ben...* »

Enseignant' (818) : « *parce qu'on a dit dès le départ hein... La plante pour grandir elle a besoin...* »

Malo (819) : « *... d'aliments.* »

Enseignant' (820) : « *... d'aliments qu'elle prend dans son environnement. Alors est-ce qu'un gaz ça peut être un aliment ?* »

Malo (821) : « *ben oui.* »

Enseignant (822) : « *d'accord. Donc ici nouvelle chose après les engrais, après tous les minéraux qu'on va prendre dans la terre il y aurait peut-être des choses prises au niveau de l'air, au niveau des gaz qui sont dans l'air qui entoure la plante. Azote et oxygène.* »

Enseignant' (823) : « *ce qui est intéressant là quand même c'est de se dire que ben peut-être que la plante ne prend pas tout dans la terre. Donc vous saisissez bien là tous.* »

XXX (824) : « *oui.* »

Enseignant' (825) : « *on est pas sûrs hein... On sait pas. Mais vous voyez ça ouvre un peu quand même notre réflexion là.* »

Baptiste (827) : « *dans la terre...* »

Enseignant (828) : « *dans la terre...* »

Baptiste (829) : « *... et dans l'air.* »

Enseignant (830) : « *c'est-à-dire dans son environ-...* »

XXX (831) : « *... -nement.* »

Enseignant (832) : « *environnement. Très bien. Donc elle prend tout dans son environnement. Donc cette matière elle peut venir de la terre, elle peut venir de l'air qui est autour et elle... Donc ça veut dire que la plante elle va prendre des choses à quel(s) niveau(x) ? Elle va absorber des choses au niveau de ses...* »

Malo (833) : « *... racines.* »

Enseignant (834) : « *... racines. Certainement. D'accord. Comme l'eau. Peut-être comme les minéraux. À voir. Et peut-être qu'elle prend des choses aussi au niveau de ses...* »

XXX (835) : « *... feuilles.* »

Enseignant (836) : « *... feuilles. D'accord. Et tout ça une fois qu'elle l'a pris qu'est-ce qu'elle en fait ?* »

Malo (837) : « *ben elle s'alimente.* »

nécessité d'une respiration de la plante, aussi bien au niveau de ses parties aériennes que souterraines.

Enseignant (106) : « *alors comment ça elles se noient ? Explique-moi.* »

Marceau (107) : « *ben en fait quand elles ont trop d'eau ben ça fait comme nous quand on est dans l'eau. Ben si on peut pas respirer ben on meurt.* »

Enseignant (108) : « *ah ... Donc ça voudrait dire que la plante elle respire par quelle(s) partie(s) du coup dans ce que tu me dis ?* »

Marceau (109) : « *ben ses racines.* »

Enseignant (110) : « *elle respire par ses racines ? C'est ça ?* »

Marceau (111) : « *oui.* »

Maxime (121) : « *ben je suis peut-être d'accord sur... Quand elles respirent mais...* »

Enseignant (122) : « *tu es d'accord aussi pour dire qu'elles respirent par les racines ?* »

Maxime (123) : « *oui. Peut-être mais...* »

Enseignant (124) : « *ah... Peut-être.* »

Maxime (125) : « *... je ne sais pas si c'est ça.* »

Enseignant (126) : « *alors si c'étaient pas les racines ce serait quoi d'après toi ?* »
 Maxime (127) : « *ben les feuilles.* »

Enseignant (154) : « *la plante qui respire... Pourquoi est-ce que tu penses que ce serait plutôt des... Les parties aériennes que les parties souterraines, les racines ?* »
 Malo (155) : « *parce que sous terre il y a presque pas d'oxygène, d'azote qui circule. Alors que dans l'air il y en a.* »

Les nécessités sur le modèle [ou les modèles] (NM), qui contiennent les interventions comprenant des éléments théoriques nécessaires, sont les suivantes :

nécessité d'une absorption (via les parties aériennes ? les parties souterraines ?) de la matière prélevée ;

Malo (149) : « *parce que... Comme ben les racines c'est plutôt pour absorber, pour prendre les minéraux... Tout ce qu'il y a dans la terre. Mais je pense plutôt que les plantes vertes eh ben elles absorberaient mieux l'eau qu'une partie qui est sous terre.* »

Enseignant (187) : « *l'eau où est-ce qu'elle est absorbée ? Où est-ce qu'elle la prend l'eau ? Par quel(s) moyen(s) elle la prend ?* »
 Charley (188) : « *par là.* »
 Enseignant (189) : « *oui. Ça s'appelle comment ça ?* »
 Charley (190) : « *les racines.* »

Enseignant (193) : « *comment on peut en être sûr de ça que la plante elle prend l'eau de la terre par les racines ? Comment vous pouvez en être sûrs ? Dan ?* »
 Dan (194) : « *parce que c'est dans la terre.* »

Enseignant (231) : « *ah... Les fleurs absorberaient l'eau aussi ?* »
 Malo (232) : « *les feuilles.* »
 Enseignant (233) : « *parce que là il nous a dit les racines ?* »
 Malo (234) : « *mais j'ai dit les feuilles.* »

Enseignant' (590) : « *et Gabriel ce sont les racines qui absorbent les minéraux ? C'est ça que tu*

nous dis ? »

Gabriel (591) : « *oui.* »

Enseignant' (592) : « *est-ce que directement la racine absorbe le minéral ?* »

Gabriel (593) : « *oui. Les minéraux ils... Ben... La racine elle aspire les... Comme s'il y avait une force magnétique qui forçait les minéraux à se diriger vers les racines. Après les minéraux ils vont dans la plante, ils passent par les racines. Après ils remontent dans l'arbre pour nourrir les racines, le tronc, les feuilles.* »

Enseignant (832) : « *environnement. Très bien. Donc elle prend tout dans son environnement. Donc cette matière elle peut venir de la terre, elle peut venir de l'air qui est autour et elle... Donc ça veut dire que la plante elle va prendre des choses à quel(s) niveau(x) ? Elle va absorber des choses au niveau de ses...* »

Malo (833) : « *... racines.* »

Enseignant (834) : « *... racines. Certainement. D'accord. Comme l'eau. Peut-être comme les minéraux. À voir. Et peut-être qu'elle prend des choses aussi au niveau de ses...* »

XXX (835) : « *... feuilles.* »

Enseignant (836) : « *... feuilles. D'accord. Et tout ça une fois qu'elle l'a pris qu'est-ce qu'elle en fait ?* »

nécessité d'une distribution (via la sève (eau + substances minérales) ?) de la matière prélevée ;

Gabriel (75) : « *ben si. Puisque quand tu coupes un cactus en deux il y a du jus, il y a une sorte d'eau vitaminée qui sort.* »

Charley (192) : « *et après ça va dans la plante.* »

Charley (250) : « *elle va dans des petits trucs qu'il y a à l'intérieur de la plante.* »

Enseignant (251) : « *c'est quoi ces petits trucs à l'intérieur de la plante ?* »

Charley (252) : « *je sais pas.* »

Enseignant (253) : « *Alexis ?* »

Alexis (254) : « *des petites veines.* »

Enseignant (255) : « *des petites veines.* »

Maxime (256) : « *non. Je suis pas d'accord.* »

Alexis (257) : « *des veines pleines d'eau...* »

Enseignant (258) : « *des veines pleines d'eau...* »

Alexis (259) : « *... qui circulent dans la plante.* »

Enseignant (260) : « *Maxime ?* »

Maxime (261) : « *ben je suis pas d'accord.* »

Enseignant (262) : « *tu dirais quoi toi ?* »
 Maxime (263) : « *ben moi je dirais qu'elle remonte.* »
 Enseignant (264) : « *elle remonte comment ?* »
 Maxime (265) : « *ben je sais pas. Elle remonte dans la tige.* »
 Enseignant (266) : « *oui. Alors ça voudrait dire qu'elle...* »
 Maxime (267) : « *... remonte dans la tige. Et puis elle va un peu partout, elle va dans les feuilles pour faire des...* »
 Enseignant' (268) : « *pour faire quoi ?* » Maxime ? »
 Maxime (269) : « *pour faire des fleurs.* »
 Enseignant' (270) : « *d'accord.* »
 Enseignant (271) : « *d'accord.* »
 Enseignant' (272) : « *tu as raison. Pour faire des fleurs.* »
 Enseignant (273) : « *par exemple pour faire des fleurs. D'accord. Donc toi elle remonte dans des tuyaux ?* »
 Charley (274) : « *oui.* »
 Enseignant (275) : « *c'est ça ?* »
 Charley (276) : « *oui. Parce que...* »
 Enseignant (277) : « *toi tu disais c'est pas possible qu'elle remonte dans des tuyaux ?* »
 Maxime (278) : « *oui.* »
 Enseignant (279) : « *OK. Oui.* »
 Charley (280) : « *moi une fois avec mon père en fait en coupant une fleur il y avait plein de petits trucs.* »
 Enseignant (281) : « *tu as eu l'impression d'avoir des fils ?* »
 XXX (282) : « *xxx.* »

Baptiste (460) : « *elle monte pour aller jusqu'à la fleur.* »

Louna (474) : « *mais non. Elle grandit sauf là-haut. Elle emmène là-haut.* »

Enseignant' (539) : « *donc pour toi Alexis il y a comme un moyen de transport dans la plante ?* »
 Alexis (540) : « *oui.* »
 Charley (541) : « *oui. Comme nous.* »
 Enseignant' (542) : « *tu fais la différence Louna ?* »
 Louna (543) : « *oui.* »
 Enseignant' (544) : « *là il y en a pas ici ?* »
 Louna (545) : « *oui.* »
 Enseignant' (546) : « *là c'est comme un vase. Là il y a un moyen de transport avec des canaux et des vaisseaux dans l'idée d'Alexis. C'est différent.* »

Enseignant (558) : « *donc c'est quelque chose dont il faudra qu'on tienne compte dans nos*

expériences. Alors puisqu'on a parlé canaux pour transporter... Il me semble... Alors Gabriel on parlait canaux. Est-ce que tu veux bien commencer par là ? Et puis on va revenir là-dessus juste après. Et puis on va peut-être terminer sur les canaux. Vas-y. On t'écoute sur les canaux. »

Gabriel (559) : *« ben il y a plein de petits vaisseaux ou canaux... »*

Enseignant (560) : *« d'accord. »*

Gabriel (561) : *« ... qui sont dans la plante... »*

Enseignant (562) : *« oui. »*

Gabriel (563) : *« ... et... »*

Enseignant (564) : *« est-ce qu'il y a un endroit où... Peux-tu nous montrer exactement où ils sont dessinés sur ton dessin ? »*

X (565) : *« dans le tronc. »*

Enseignant (566) : *« tu peux en suivre avec ton doigt ? Donc un là, un là, un là. Est-ce qu'il y a un autre endroit où ils sont visibles sur ton dessin ? »*

Gabriel (567) : *« ben... »*

Enseignant (568) : *« peut-être là ? »*

Gabriel (569) : *« oui. Là c'est un peu à l'endroit où... »*

Enseignant (570) : *« est-ce que tu peux expliquer aux autres ce que c'est que ce dessin-là qui n'est pas forcément facile à comprendre quand on était pas dans le groupe ? »*

Gabriel (571) : *« ils y sont pas tous hein... Mais il y a plus de cinquante... »*

Enseignant (572) : *« non. Mais ça c'est quelle vue ? »*

Gabriel (573) : *« ça c'est la vue à l'intérieur du tronc. »*

Enseignant (574) : *« je vous explique pour que vous compreniez là. Là vous voyez les vaisseaux qui montent. Là ils ont coupé comme ça. Donc vous imaginez que je coupe. »*

X (575) : *« oh... »*

Enseignant (576) : *« d'accord. Ils ont coupé et ils regardent l'intérieur. Donc ce que l'on voit là... »*

Gabriel (577) : *« ... c'est tous les petits vaisseaux qui passent dans la plante ou les canaux. Et ils transportent tous les minéraux qu'il y a dans la terre. »*

Gabriel (593) : *« oui. Les minéraux ils... Ben... La racine elle aspire les... Comme s'il y avait une force magnétique qui forçait les minéraux à se diriger vers les racines. Après les minéraux ils vont dans la plante, ils passent par les racines. Après ils remontent dans l'arbre pour nourrir les racines, le tronc, les feuilles. »*

Enseignant' (594) : *« donc toutes les parties de la plante ? »*

Gabriel (595) : *« voilà. »*

Maxime (839) : *« elle en met un peu partout. »*

Enseignant (840) : *« elle en met un peu partout. Elle en donne à toutes ses parties. Et dans ce cas-là on va dire qu'elle le... »*

XXX (841) : *« ... distribue. »*

Enseignant (842) : *« Aude ? »*

Aude (843) : *« ... distribue. »*

Enseignant (844) : *« ... distribue. Donc ça voudrait dire qu'elle le distribue. Et par quel(s) intermédiaire(s) elle le distribue ? »*

Enseignant' (845) : *« grâce à quoi ? »*

Enseignant (846) : « grâce à quoi ? »

Malo (847) : « grâce à ses veines. Et dans ses veines il y a de la sève. C'est un peu comme notre sang mais en fait... C'est un peu le sang des arbres la sève. »

Enseignant (848) : « d'accord. »

Malo (849) : « c'est ce qui sert en fait... Si par exemple... Si xxx. On peut dire que c'est comme un camion qui transporte les minéraux. »

Enseignant' (850) : « un camion ou une route ? »

Malo (851) : « une route plutôt. »

Enseignant (852) : « une route. Baptiste tu voulais dire ? »

Baptiste (853) : « non. Rien. »

Enseignant (854) : « rien. Et est-ce que ça pourrait être cette sève dont on a parlé tout à l'heure quand on a dit que quand on coupait une plante on voyait des choses dégouliner ? Quelque chose qui sortait ? »

Gabriel (855) : « le mélange de tous les minéraux. »

Enseignant (856) : « alors est-ce que c'est... Au départ vous aviez l'hypothèse que c'était de l'eau. »

Tim (857) : « c'est de la sève. »

Enseignant (858) : « mais est-ce que c'est de l'eau ou est-ce que c'est de la sève ? »

XXX (859) : « la sève. »

Enseignant (860) : « ah ... Ça pourrait être la sève qui sert à tout transporter. »

Enseignant' (861) : « dans la classe qui a déjà entendu parler de la sève ? (pour ainsi dire, tous les bras se lèvent) Donc l'hypothèse de Malo vous paraît convaincante ? »

XXX (862) : « oui. »

Enseignant (863) : « d'accord. »

Enseignant' (864) : « ça vous surprend pas trop finalement ? »

XXX (865) : « non. »

Gabriel (866) : « la sève c'est un mélange de l'eau que l'arbre va emmagasiner avec tous les minéraux qu'il peut trouver dans la terre et qu'il absorbe. »

Enseignant' (867) : « donc si on devait donner une définition de cette sève-là ce serait eau plus... »

Gabriel (868) : « ... minéraux. »

Gabriel (897) : « ben maître moi mon papa il y a pas longtemps il a coupé un tronc comme ça à la hache et à l'intérieur il y avait que des petits traits qui... »

nécessité d'une transformation (via un organe) de la matière prélevée.

Enseignant' (876) : « et là d'après tout ce qu'on a fait, là tout de suite, là est-ce que les aliments de la plante ils se transforment ? D'après tout ce qu'on a dit pour l'instant est-ce qu'on a évoqué ça ? »

XXX (877) : « non. »

Gabriel (878) : « ben si. Avec le mélange de l'eau et des minéraux. »

Enseignant (879) : « un mélange c'est pas une transformation. »

Enseignant' (880) : « c'est pas une transformation ça. Pour l'instant est-ce qu'il y a eu des transformations dans tout ce qu'on a dit ? »

XXX (881) : « non. »

Enseignant (882) : « est-ce que quelqu'un a parlé de transformations ? Non. »

X (883) : « croissance. »

Enseignant' (884) : « Malo ? »

Malo (885) : « mais pour savoir s'il y a des transformations faudrait déjà savoir s'il y a des organes. »

Enseignant' (886) : « ben Malo les feuilles, les tiges, les racines. C'est quoi ? »

Charley (887) : « c'est connu ça. »

Malo (888) : « oui. Mais des choses... Par exemple quelque chose qui produit de la sève, quelque chose qui ressemble un peu à notre estomac ou des choses comme ça. »

Concernant les contraintes sur l'empirique (CE), nous est-il permis de remarquer, et l'enseignant le rappellera, que notre attention se porte exclusivement sur les plantes supérieures³³⁸ terrestres, qui se composent de racine(s), de tige(s) et de feuille(s), et plus particulièrement sur les plantes dont le cormus est vascularisé : en d'autres termes, ne seront ici concernés que les spermatophytes (phanérogames) et, dans une moindre mesure, les ptéridophytes (cryptogames vasculaires) (annexe 6-2). Aussi, et cela peut n'être pas évident pour de jeunes apprenants, les végétaux chlorophylliens doivent bel et bien être considérés en tant qu'êtres vivants, et pour finalement manifester les caractéristiques de l'assimilation, de la croissance, de la reproduction et de la respiration. De l'objet d'étude qui est le nôtre, à savoir la signification de la nutrition des végétaux chlorophylliens dans le cadre de la croissance et / ou du développement, nous attarderons-nous naturellement sur la seconde de ces caractéristiques, et pour aboutir donc au fait constatable qu'une plante, avec le temps, croît et se développe et, par voie de conséquence, prend de la masse et de la taille, aussi bien au niveau de ses parties aériennes que souterraines. Autre caractéristique essentielle de la vie, la respiration³³⁹ s'invita elle aussi au débat scientifique, et bien que contraire à la photosynthèse³⁴⁰, d'un point de vue bioénergétique : nous remarquerons alors successivement qu'une plante, avec le temps, se noie lorsque la terre qui entoure ses parties souterraines est gorgée d'eau, et que les animaux (microfaune, macrofaune & mégafaune du sol), systématiquement, et les humains, ponctuellement, retournent la terre et, finalement, l'aèrent. Du glissement de sens opéré, de la photosynthèse à la respiration, en assumons-nous malgré tout pleinement la réalisation : d'une part parce qu'il peut, une fois encore, n'être pas évident et pour de jeunes apprenants que les végétaux chlorophylliens respirent, d'autre part parce que notre thème d'étude, à savoir la nutrition végétale, s'intéresse en elle-même et tout aussi bien aux processus anaboliques, de synthèses, qu'aux processus cataboliques, de dégradations.

Concernant les contraintes sur le modèle [ou les modèles] (CM), nous est-il permis de remarquer qu'avant tout il faut, et puisqu'il est question d'êtres vivants –qui peuvent se noyer, qu'ait lieu la respiration. Nous recentrant cette fois sur notre objet d'étude, à savoir la signification de la nutrition des végétaux chlorophylliens dans le cadre de la croissance et / ou du développement, le groupe 5 rappela très judicieusement, et par la voix de Baptiste, que

338 À savoir les cormophytes, lesquels comprennent les bryophytes (cryptogames cellulaires), les ptéridophytes (cryptogames vasculaires) et les spermatophytes (phanérogames).

339 Qui, pour rappel, correspond à un ensemble de réactions biochimiques de dégradations moléculaires (= catabolisme).

340 Qui, pour rappel, correspond à un ensemble de réactions biochimiques de synthèses moléculaires (= anabolisme).

lorsque les humains s'alimentent, la matière prélevée dans l'environnement connaît des transformations : l'exemple pris, sur le temps du débat scientifique, porte d'ailleurs sur le chyme de la cavité ou poche stomacale. Malheureusement, et si la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation est pleinement accessible à de jeunes apprenants s'attelant au cas de la nutrition animale (circulation & digestion & respiration), l'on ne peut guère en espérer autant lorsqu'il est question du cas de la nutrition végétale (photosynthèse), et puisque nous passons là d'un processus catabolique à un processus anabolique, lequel vise en fait et au final la réduction d'un carbone inorganique en un carbone organique.

Concernant les nécessités sur l'empirique (NE), nous est-il permis de remarquer ce qui, d'une certaine façon, renvoie au problème retenu dans le cadre de ce premier recueil de données, et lorsqu'il est question d'envisager la croissance et / ou le développement des végétaux chlorophylliens comme nécessitant avant tout un apport de matière, alors que cette dernière n'est en rien prise en compte. En effet, et partant de nos contraintes sur l'empirique, c'est bel et bien parce qu'une plante est un être vivant et que, par conséquent, elle croît et se développe, que survient la nécessité d'une alimentation de ladite plante et, par voie de conséquence, d'un prélèvement de matière dans son environnement (air + terre). Il nous semble par ailleurs que les diverses ressources nutritives des végétaux chlorophylliens (eau & substances minérales prélevées par le système souterrain de la plante, CO₂ prélevé par le système aérien de la plante), qu'elles soient d'ailleurs ou non envisagées, ne puissent et au final pour de jeunes apprenants être assimilées à des éléments empiriques avérés : en effet, l'absorption de l'eau, des substances minérales et du CO₂ ne s'apprécie guère sans le recours à une quelconque expérimentation. Pareillement³⁴¹, et du glissement de sens ci-avant discuté de la photosynthèse à la respiration, concluons-nous à la nécessité d'une respiration de la plante, aussi bien au niveau de ses parties aériennes que souterraines et puisqu'une plante, avec le temps, se noie lorsque la terre qui entoure ses parties souterraines est gorgée d'eau. Une fois encore, sachons voir que la respiration d'une plante et, *a fortiori* la respiration de ses parties souterraines, peut n'être pas évident pour de jeunes apprenants.

Concernant les nécessités sur le modèle [ou les modèles] (NM), nous est-il permis de

341 Et malgré un premier contre-argument avancé, et par la voix de Maxime, à savoir que la plante saurait "recracher" l'eau lorsqu'elle est en excès, et quand il s'agit en réalité de la terre ; naturellement, l'enseignant explicitera le caractère non fondé d'une telle hypothèse.

remarquer évidemment les conséquences de l'alimentation envisagée, en termes d'absorption, de distribution et de transformation de la matière prélevée. Néanmoins, et si les nécessités sur le modèle [ou les modèles] de l'absorption³⁴² et de la distribution³⁴³ semblent réellement induites, construites, il en est de beaucoup moins évident quant à celle de la transformation³⁴⁴, pourtant fondamentale : tout au plus nous semble-t-elle, et comme expliqué ci-avant, établie de par l'analogie avec le cas de la nutrition animale (circulation & digestion & respiration), et l'on ne peut guère en attendre plus ici-même.

Telle est donc, à l'issue du débat scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale, la schématisation possible de l'“espace contraintes et nécessités” de la classe de CM1 / CM2 (figure 6-3).

342 Qui, à l'issue du débat scientifique, s'oriente sur une absorption souterraine de (l'eau et des ?) substances minérales, et sur une absorption aérienne de gaz.

343 Qui, à l'issue du débat scientifique, s'oriente sur une distribution de l'eau et des substances minérales absorbées par le biais de la sève.

344 Qui, à l'issue du débat scientifique, ne trouve pas d'organe(s) associé(s).

Figure 6-3. Macrostructure du débat scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale : schématisation possible de l'«espace contraintes et nécessités» de la classe de CM1 / CM2



4. Analyse des investigations empiriques en termes de problématisation scientifique

Présentons d'emblée, pour mieux situer la progression de nos diverses intentions didactiques, le questionnement dont ont fait l'objet ces quelques investigations empiriques, avec :

la séance du mardi vingt-cinq mars deux-mille-quatorze, ayant pour objectif l'investigation sur le besoin en eau ;

la séance du mardi premier avril deux-mille-quatorze, ayant pour objectif l'investigation sur le besoin en eau ;

la séance du lundi sept avril deux-mille-quatorze, ayant pour objectif la structuration sur le besoin en eau (annexe 6-7) ;

la séance du mardi huit avril deux-mille-quatorze, ayant pour objectif l'investigation sur le besoin en sels minéraux (annexe 6-8) ;

la séance du lundi quatorze avril deux-mille-quatorze, ayant pour objectif la structuration sur le besoin en sels minéraux (annexe 6-9) ;

la séance du mardi quinze avril deux-mille-quatorze, ayant pour objectif l'investigation sur le besoin en CO₂ + lumière (annexe 6-10) ;

la séance du mardi vingt-deux avril deux-mille-quatorze, ayant pour objectif la structuration sur le besoin en CO₂ + lumière (annexe 6-11).

Ajoutons également qu'en lien avec notre projet d'activité, en cela une logique de produits, la finalisation, une délégation³⁴⁵ de la classe de CM1 / CM2 a été amenée à présenter à la classe de CE1 / CE2 l'ensemble des travaux d'investigation menés, et ce en la journée du vendredi vingt-cinq avril deux-mille-quatorze.

Aussi retiendra-t-on ces quelques éléments de connaissances au sujet de ces différents besoins, à savoir :

que s'agissant du besoin en eau, les enfants savent tous qu'une plante en pot, non arrosée,

345 Composée de Charly, Dan, Énora, Lisa, Margaux et Maxime.

se fane, se dessèche et meurt. Mais s'ils ont conscience que les plantes ont besoin d'eau pour vivre, ils ignorent ce que devient l'eau d'arrosage, comment elle pénètre dans la plante et ce qu'elle devient ;

que s'agissant du besoin en sels minéraux, les enfants connaissent tous l'existence des engrais. Si quelques-uns seulement savent qu'on en répand sur le sol des champs cultivés, la plupart signalent qu'on en donne aux plantes d'appartement, qu'on en met sur le gazon, dans le jardin... Mais ils se trompent le plus souvent sur leur rôle. En effet, ils les considèrent plutôt comme un “fortifiant” ou un “médicament” que comme un aliment. Ainsi s'entendra-t-on dire que ça aide à pousser ou que ça fortifie les plantes. En fait, toutes les plantes, les arbres de la forêt comme les légumes du jardin, puisent dans le sol, par leurs racines, non seulement de l'eau mais aussi des substances chimiques dissoutes, analogues aux engrais du fleuriste ou de l'agriculteur ;

que s'agissant du besoin en CO₂, les enfants ne peuvent découvrir seuls la nécessité du CO₂ comme aliment indispensable aux plantes. On ne peut aborder cette question à l'école élémentaire qu'en en donnant l'information. Les enfants connaissent maintenant les différents aliments qui permettent aux plantes vertes de construire leur propre substance, l'eau et les sels minéraux absorbés par les racines d'une part, le CO₂ capté par les feuilles d'autre part ;

que s'agissant du besoin de lumière, les enfants savent, en général pour l'avoir observé fortuitement, que l'herbe, maintenue longtemps à l'abri de la lumière, se décolore. Ils ont constaté aussi qu'une plante d'appartement peu éclairée prend une position inclinée et s'oriente vers la fenêtre. Des expériences peuvent être faites en classe pour vérifier et compléter ces observations. Mais il est hors de question de vouloir expliquer le rôle de la chlorophylle et de la lumière. Il suffit de préciser que la lumière est la source d'énergie qu'utilise la plante verte pour fabriquer de la matière végétale, donc pour vivre et se développer.

4.1. Séance du mardi vingt-cinq mars deux-mille-quatorze : investigation sur le besoin en eau (Margaux absente)

Fidèle à la démarche d'investigation, la séance du jour qui, rappelons-le, faisait suite à la confrontation des explications des apprenants, n'avait donc d'autre objectif que l'élaboration des hypothèses par les apprenants eux-mêmes ; nous sommes là, au regard de la “situation de pratique scolaire”, dans cette mise à distance de l'action, et qui permet la construction du

problème en jeu (tableau 2-2 ; d'après Lhoste, 2007). Plus justement, et des diverses hypothèses de travail dont avait pu accoucher notre débat scientifique, chaque groupe de travail de la classe se voyait ici attribuer l'une d'elles, avec la lourde tâche de la conception de l'investigation à réaliser pour la valider et, le cas échéant, l'invalider. Nous nous proposons ainsi de rendre compte, et de façon compendieuse, du passage de l'enseignant au sein de chaque groupe de travail de la classe.

Groupe 1 : Charly, Clémentine, Margaux

Hypothèse de travail à tester : la plante a besoin d'eau (nous partons là du principe implicite que l'hypothèse de travail du groupe 2 est confirmée / validée par l'expérience, et qu'*a contrario* l'hypothèse de travail du groupe 3 est infirmée / invalidée par l'expérience).

Par la voix de Clémentine, le groupe 1 explique sans peine aucune le protocole envisagé : une première plante à qui l'on apporte de l'eau, une seconde plante à qui l'on n'en apporte pas ; et de leurs conséquences envisagées, à savoir que si la plante a besoin d'eau, alors la seconde plante ne s'en portera que moins bien, avec le temps, et vice-versa.

Groupe 2 : Alexis, Aude, Charley, Énora

Hypothèse de travail à tester : la plante absorbe l'eau au niveau de ses racines.

Si, dans un premier temps, le groupe 2 envisageait un protocole où la plante, empotée au demeurant, était recouverte d'un couvercle, l'enseignant ne s'interdit alors pas de leur signifier que l'on n'empêchât pas, et dans ce cas, le phénomène de l'évaporation, et puisque de l'eau était préalablement apportée à la terre. Proposant d'abord de diminuer la quantité de terre (Aude : « *on peut peut-être mettre un petit peu moins de terre.* »), le groupe 2 songea ensuite, et à tort, de substituer l'eau à la terre (Alexis : « *il faut pas du tout de terre.* ») : ce faisant, et si la plante absorbe l'eau au niveau de ses racines, nous constaterons inéluctablement une baisse du niveau de l'eau (Charley : « *elle baisse.* »), cependant que cette même baisse du niveau de l'eau peut toujours, en partie tout du moins, s'expliquer de par le phénomène de l'évaporation (Alexis : « *il faut mettre un couvercle dessus.* » ; Énora : « *l'eau aurait pu s'évaporer.* »). C'est alors que le groupe 2, et par la voix de Charley, finit par trouver la solution, à savoir l'ajout d'un matériau, telle une pâte à modeler³⁴⁶, et qui sépare l'eau de l'air.

346 Non proposée par le groupe 2, mais plus efficace que le couvercle envisagé.

Groupe 3 : Marceau, Maxime, Tim

Hypothèse de travail à tester : la plante absorbe l'eau au niveau de ses feuilles / tiges.

Nous retrouvons là, et pour le groupe 3, exactement le même raisonnement que mené par le groupe 2 : une plante recouverte d'un couvercle, et à laquelle nous apportons de l'eau, non plus au niveau de ses racines, mais au niveau de ses feuilles / tiges ; l'enseignant ne s'interdit alors pas de leur signifier que l'on n'empêchât pas, et dans ce cas, le phénomène de l'évaporation. Il prit alors la liberté de renverser le problème qui leur était posé : voulant d'abord tester l'absorption souterraine de la plante vis-à-vis de l'eau, nous plaçons les racines dans l'eau, et observons la possible baisse du niveau de l'eau (Tim : « *si elle en absorbe l'eau va diminuer.* ») ; voulant ensuite tester l'absorption aérienne de la plante vis-à-vis de l'eau, nous plaçons les feuilles / tiges dans l'eau (Maxime : « *ben en fait on l'inverse.* » ; Tim : « *au lieu de mettre les feuilles dans l'eau ben en fait tu inverses la plante, tu mets les feuilles dans l'eau.* »), et observons la possible baisse du niveau de l'eau (Maxime : « *ben elle sera diminuée si elle absorbe par les feuilles.* » ; Tim : « *ben elle sera inchangée si elle absorbe pas par les feuilles.* »). Bien entendu, reste à nouveau important de considérer l'ajout d'un matériau, telle une pâte à modeler³⁴⁷, et qui sépare l'eau de l'air (Tim : « *il faut boucher là.* »).

Groupe 4 : Lisa, Louna, Nora, Romane

Hypothèse de travail à tester : la plante possède des canaux, tuyaux, vaisseaux, veines... (nous partons là du principe implicite que l'hypothèse de travail du groupe 2 est confirmée / validée par l'expérience, et qu'*a contrario* l'hypothèse de travail du groupe 3 est infirmée / invalidée par l'expérience).

Tout d'abord, l'enseignant doit-il ici rappeler qu'il ne s'agit pas là de prédire un quelconque résultat, mais de seulement conceptualiser l'investigation à réaliser pour valider et, le cas échéant, invalider son hypothèse de travail (Lisa : « *non. Mais moi je pense juste qu'en fait il y a pas de vaisseaux.* »). À l'issue de quoi rappela-t-il, et de judicieuse façon³⁴⁸, que nous sommes à même d'observer au travers de notre peau quelques uns de nos vaisseaux sanguins, telle une contrainte sur l'empirique, et preuve s'il en est que notre corps ne peut être assimilé à un vaste récipient rempli de sang. Ne bénéficiant évidemment pas du même contraste de

347 Non proposée par le groupe 3, mais plus efficace que le couvercle envisagé.

348 Puisque le groupe de travail peine quelque peu...

couleurs dans le cas de notre plante (Lisa : « *ils sont de couleur bleu.* »), le groupe 4 proposa successivement de colorer les possibles canaux, tuyaux, vaisseaux, veines... (Romane : « *il faudrait que les vaisseaux soient peints.* »), de colorer la plante elle-même (Louna : « *ben non. Mais si on peint de l'extérieur... Comme ça on pourrait voir les vaisseaux.* »), de colorer le contenu des possibles canaux, tuyaux, vaisseaux, veines... en cela l'eau apportée à la plante (Lisa : « *il faudrait que l'eau soit colorée.* »). Bien entendu, marquons-nous encore une attention toute particulière aux conséquences envisagées, à savoir que si la plante possède des canaux, tuyaux, vaisseaux, veines... alors sera-t-elle, mais seulement par endroits, colorée de la couleur de l'eau apportée à la plante.

Groupe 5 : Baptiste, Dan, Gabriel, Lorenzo, Malo

Hypothèse de travail à tester : la plante présente des rejets dans l'environnement (nous partons là du principe implicite que l'hypothèse de travail du groupe 2 est confirmée / validée par l'expérience, et qu'*a contrario* l'hypothèse de travail du groupe 3 est infirmée / invalidée par l'expérience).

À l'instar des groupes 2 et 3, le groupe 5, et par la voix de Gabriel, envisageait un protocole mal assuré, et qui répondait finalement plus à l'hypothèse de travail du groupe 3, lorsqu'il s'agit de savoir si la plante absorbe ou non l'eau au niveau de ses feuilles / tiges. C'est pourquoi l'enseignant dut rappeler, notamment à l'égard de Malo, que nous partons là du principe que l'hypothèse de travail du groupe 2 est confirmée / validée par l'expérience, et qu'*a contrario* l'hypothèse de travail du groupe 3 est infirmée / invalidée par l'expérience. Néanmoins, et du protocole envisagé, trouvions-nous déjà l'un des deux éléments attendus, et essentiels, à savoir un sac (sec !) en matière plastique transparente qui, englobant le système aérien de la plante, permettrait de mettre en évidence le phénomène de l'évapotranspiration (Baptiste : « *si l'eau que rejette la plante arrive sur le sac plastique eh ben ça va faire de l'évaporation, ça va faire de l'eau, ça va faire de la buée.* »). Enfin, et pour diminuer l'impact du phénomène de l'évaporation de l'eau qui, d'une façon ou d'une autre, entoure le système souterrain de la plante, choix est finalement fait par le groupe 5, à tort ou à raison, de travailler ici à partir d'une plante empotée (Baptiste : « *dans un verre parce qu'il y aura plus d'eau.* » ; Gabriel : « *ah... Mais non. Mais sinon c'est l'eau qu'il va y avoir dans le verre qui va s'évaporer et pas celle qu'il y a dans la plante.* »).

Nota bene : systématiquement, et de rigoureuse façon, l'enseignant aida chaque groupe de travail de la classe à envisager le résultat que l'on obtiendrait, selon que l'hypothèse de travail doive être validée, ou invalidée ; c'est ici et selon nous un point important, pour qui veut s'essayer pleinement à une démarche d'investigation réfléchie.

4.2. Séance du mardi premier avril deux-mille-quatorze : investigation sur le besoin en eau

À la séance précédente la conceptualisation de l'investigation à réaliser pour valider et, le cas échéant, invalider son hypothèse de travail, à la séance du jour la mise en œuvre de ladite investigation ; néanmoins, et bien qu'elle eût pu nous apporter quelques éléments de réflexion, nous ne pourrions rendre compte du déroulement de la présente séance, et puisqu'elle eût été support à l'inspection de l'enseignant en question.

4.3. Séance du lundi sept avril deux-mille-quatorze : structuration sur le besoin en eau (Aude absente)

4.3.1. Premier temps de la séance

Il s'agissait là de revenir, de façon claire et précise, sur les questions traitées lors de nos investigations empiriques passées, lesquelles portaient bien évidemment toutes sur le besoin en eau. Nous remarquons alors, et rien d'anormal à cela, la confusion récurrente du résultat et de son interprétation, laquelle nous permet au sein de la fameuse et coûteuse démarche OHERIC de conclure. C'est pourquoi l'enseignant déroulera systématiquement, lors de la présentation du travail de chaque groupe, la démarche questionnée, avec :

l'hypothèse de travail à tester ;

l'expérimentation conceptualisée d'abord, mise en œuvre ensuite ;

le résultat de l'expérimentation, dont l'interprétation aboutit à la conclusion.

Remobilisant toujours le travail précédemment engagé sur le temps du débat scientifique, l'enseignant rappela les hypothèses de travail qui en découlaient, et qui ont pu être testées lors de la séance précédente, et que sont :

la plante a besoin d'eau ;

la plante absorbe l'eau au niveau de ses racines ;

la plante absorbe l'eau au niveau de ses feuilles / tiges ;

la plante possède des canaux, tuyaux, vaisseaux, veines... ;

la plante présente des rejets dans l'environnement.

Groupe 1 : Charly, Clémentine, Margaux

Résultat de l'expérimentation : la première plante à qui l'on apporte de l'eau se porte bien, la seconde plante à qui l'on n'en apporte pas se porte mal (Margaux : « *celle qu'on a arrosé ben elle meurt pas et celle qu'on a pas arrosé ben elle meurt.* »).

L'on en déduit alors que la plante a besoin d'eau (Margaux : « *elle a besoin d'eau.* ») ; ainsi fait, l'hypothèse de travail du groupe 1 se voit confirmée / validée par l'expérience.

Groupe 2 : Alexis, Aude (absente), Charley, Énora

Résultat de l'expérimentation : le niveau de l'eau a baissé (Charley : « *ben on a fait un trait et donc ça se voit qu'elle a baissé.* » ; Gabriel : « *et maître encore ce matin j'ai regardé et ben il y avait encore plus d'eau.* »).

L'on en déduit alors que la plante absorbe l'eau au niveau de ses racines (Charley : « *elle absorbe l'eau par les racines.* ») et puisque l'eau qui entoure le système souterrain de la plante ne peut s'évaporer ; ainsi fait, l'hypothèse de travail du groupe 2 se voit confirmée / validée par l'expérience.

Groupe 3 : Marceau, Maxime, Tim

Résultat de l'expérimentation : le niveau de l'eau n'a pas baissé (Lorenzo : « *il est resté pareil.* »).

L'on en déduit alors que la plante n'absorbe pas l'eau au niveau de ses feuilles / tiges (Maxime : « *l'expérience montre qu'elle n'absorbe pas par les feuilles.* ») et puisque l'eau qui entoure le système souterrain de la plante ne peut s'évaporer ; ainsi fait, l'hypothèse de travail

du groupe 3 se voit infirmée / invalidée par l'expérience. L'enseignant en profite alors, notamment à l'égard de Malo, pour réaffirmer que lorsque nous remarquons que l'eau (située à la surface) d'une feuille disparaît, ce n'est dû qu'au phénomène de l'évaporation, et pas à autre chose.

Groupe 4 : Lisa, Louna, Nora, Romane

Résultat de l'expérimentation³⁴⁹ : la plante est, seulement par endroits, colorée de la couleur de l'eau apportée à la plante (Lisa : « *on trouve des petits fils bleus au bout de la feuille.* » ; Gabriel : « *et maître les pétales aussi elles (ils) ont coloré.* »).

L'on en déduit alors que la plante possède des canaux, tuyaux, vaisseaux, veines... (Tim : « *ça veut dire qu'il y a des petits vaisseaux au bout de la feuille.* ») ; Lisa : « *peut-être que si on coupait la plante dedans il y aurait des petits fils bleus.* ») ; ainsi fait, l'hypothèse de travail du groupe 4 se voit confirmée / validée par l'expérience.

Groupe 5 : Baptiste, Dan, Gabriel, Lorenzo, Malo

Résultat de l'expérimentation : le sac en matière plastique transparente se remplit de gouttelettes d'eau (Gabriel : « *on a bien vu là qu'il y a plein de petites gouttelettes.* »).

L'on en déduit alors que la plante présente des rejets dans l'environnement, à savoir des rejets d'eau (Gabriel : « *c'est l'eau qui s'est évaporée par les feuilles.* » ; Baptiste : « *la plante rejette de l'eau par la partie aérienne.* ») ; ainsi fait, l'hypothèse de travail du groupe 5 se voit confirmée / validée par l'expérience.

Nota bene : trop souvent dans les propos mêmes de l'enseignant, malheureusement, mais plus encore dans ceux des apprenants, naturellement, retrouvons-nous une expérience qui fonctionne ou ne fonctionne pas, qui marche ou ne marche pas, et quand elle doit bien entendu être confirmée ou infirmée, validée ou invalidée.

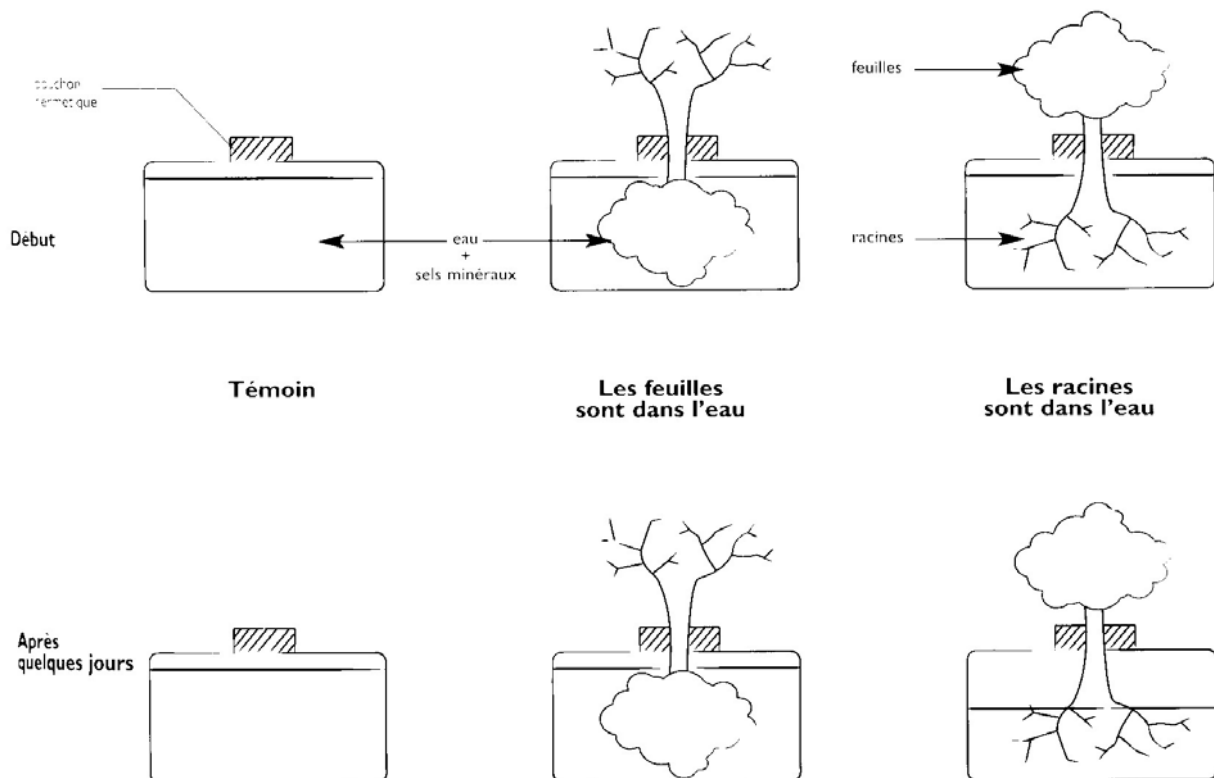
³⁴⁹ Ou, plus justement, de l'expérimentation seconde (d'Alexis) : en effet, pour des raisons qui ne nous sont pas connues, l'expérimentation première n'a pas permis au groupe 4 de valider son hypothèse de travail. Sans doute n'était-il pas nécessaire, et comme l'enseignant a pu le faire, d'en demander la cause à l'ensemble des groupes de travail de la classe, ce qui n'a pu qu'engendrer moult idées explicatives, intéressantes ou non, mais non vérifiables en l'état actuel de la situation. Nous n'en ferons donc pas état. Cependant, et lors de la séance du mardi vingt-deux avril deux-mille-quatorze, cette même expérimentation sera rejouée (à partir de céleri et d'aillet), par le biais de l'ordinateur et du vidéoprojecteur (*via* un film), en guise de synthèse.

4.3.2. Second temps de la séance

4.3.2.1. Première phase

Au regard de l'interprétation du résultat de l'expérimentation de chaque groupe de travail de la classe, l'enseignant proposa l'interprétation d'une nouvelle expérience ; nous la représentons ici-même : deux jeunes plantes en pleine croissance sont baignées dans une solution nutritive. En 0, se trouve le témoin de l'expérience : il ne comporte pas de plante. En 1, les feuilles de la plante baignent dans la solution nutritive : après quelques jours, la masse de la plante n'a pas augmenté. En 2, les racines de la plante baignent dans la solution nutritive : après quelques jours, la masse de la plante a augmenté (figure 6-4).

Figure 6-4. Document de travail : illustration de la nouvelle expérience au service de la structuration sur le besoin en eau



C'est alors que, avant la mise au travail (individuel) de l'ensemble de la classe, seront explicités quelques points pouvant porter à ambiguïté, à savoir :

- la définition de l'interprétation ;
- la définition de la solution nutritive ;
- la définition du témoin de l'expérience ;
- la localisation de l'échelle de temps sur la schématisation de l'expérience ;
- la définition³⁵⁰ de la masse.

Une fois encore, et initiant la mise en commun du travail de l'ensemble de la classe, l'enseignant prit soin de rappeler l'importance du témoin de l'expérience que, dorénavant, nous prendrons pour habitude d'intégrer à notre propre démarche d'investigation. C'est alors que, de l'observation de l'expérience 2³⁵¹, nous concluons d'abord à la contingence de la terre, et à la nécessité de l'eau (Charley : « *qu'il y avait de l'eau, il y avait pas de terre.* »), puisque lorsque les racines de la plante baignent dans la solution nutritive, la masse de la plante augmente après quelques jours (Malo : « *parce que la plante là ils disent qu'elle a pris en poids alors qu'il y avait pas de terre, il y avait que de l'eau.* ») : il nous faudra cependant rappeler, notamment à l'égard de Malo, que la solution nutritive ne correspond ni plus ni moins qu'à de l'eau (minérale), et qu'il n'y a pas ici lieu d'y chercher une quelconque différence (Baptiste : « *ça veut dire pareil.* »). De la comparaison des expériences 1 et 2 qui, finalement, testaient les hypothèses de travail des groupes 2 et 3 (Tim : « *deux et trois.* » ; Margaux : « *la deux et la trois.* »), nous concluons ensuite à ce que la plante absorbe l'eau au niveau de ses racines (Marceau : « *qu'avec les racines eh ben en fait l'eau a baissé alors qu'avec les feuilles eh ben l'eau a pas baissé. Donc ce sont les racines qui nourrissent la plante.* » ; Charley : « *donc ce sont les racines qui absorbent l'eau.* »), puisque lorsque les feuilles de la plante baignent dans l'eau (Gabriel : « *ben la plante elle a les feuilles dans l'eau.* »), le niveau de l'eau ne baisse pas (Baptiste : « *alors dans la un le niveau de l'eau n'a pas baissé.* »), et lorsque les racines de la plante baignent dans l'eau (Charley : « *les racines sont dans l'eau.* »), le niveau de l'eau baisse (Louna : « *expérience deux. Le niveau de l'eau a baissé.* »).

Afin de nous inscrire pleinement dans le modèle d'« investigation-structuration », arriva à proprement parler et pour la première fois (de notre projet d'enseignement-apprentissage) le moment structurant de la séance du jour : passés le temps du tâtonnement et de la recherche,

350 À la demande de Malo.

351 Qui, finalement, testait l'hypothèse de travail du groupe 1.

nous sommes bel et bien là dans le temps de la synthèse. Par le biais de l'ordinateur et du vidéoprojecteur, l'enseignant assura donc la saisie d'un énoncé "structurant" dont, mis à part les tout premiers mots³⁵², la rédaction revenait à la charge des apprenants. C'est alors pour nous l'occasion de rappeler que la plante a besoin d'eau (Clémentine : « pour vivre, pour grandir, les plantes ont besoin d'eau. »), preuve en est l'expérimentation menée par le groupe 1 (Dan : « *alors on a fait une expérience avec celle de Clémentine. Elle a fait une expérience où elle a mis de l'eau et une autre expérience. Celle-là (Celle) qui a eu de l'eau elle vit encore et celle-là (celle) qui a pas eu d'eau elle est morte.* »). D'un cas d'étude où l'eau ferait défaut, la plante meurt donc et, avant cela, cesse de croître et se développer (Lisa : « *elle arrête sa croissance.* »), voire de respirer (Maxime : « *elle va arrêter de respirer.* »). Suivant le fil de nos diverses hypothèses de travail testées, nous précisons de suite que la plante absorbe l'eau au niveau de ses racines, et non au niveau de ses feuilles / tiges (Baptiste : « *que la plante elle absorbe l'eau par les racines et non par les parties aériennes.* ») ; néanmoins, et manquant de précision, l'enseignant amena malgré lui l'ensemble de la classe à s'interroger sur la provenance de l'eau et quand, en effet, elle provient des nuages (Charley : « *avant d'arriver dans la terre l'eau vient des nuages.* »). S'il est possible, à ce stade de notre projet d'enseignement-apprentissage, de ne pas envisager la terre tel un besoin nutritif (Charley : « *elle a pas besoin de terre.* »), quelques uns ne retrouveront pas, lors de nos investigations empiriques passées, les expérimentations concernées et le démontrant (Lisa : « *mais on a pas eu d'expérience(s) pour ça ?* ») : nous rappellerons alors, qu'entre autres³⁵³, le premier temps de la présente séance abordait ce point... Le groupe 5, et par la voix de Dan, précisera quant à lui le devenir de l'eau absorbée quand, une partie tout du moins, est rejetée dans l'environnement par le système aérien de la plante : ainsi résumé, aux racines l'entrée de l'eau (Maxime : « *des racines.* »), aux feuilles / tiges la sortie de l'eau (Lisa : « *par la partie aérienne.* »), sous forme gazeuse³⁵⁴ (Charley : « *gazeuse.* ») et par le biais du phénomène de l'évaporation (Baptiste : « *par évaporation.* »). On comprend là toute l'importance de la compréhension du cycle de l'eau, antérieurement travaillé de tous, pour comprendre la condensation de gouttelettes d'eau à l'intérieur du sac en matière plastique transparente, lors de l'expérimentation menée par le groupe 5. Enfin, et par la voix de Lisa, le groupe 4 ajoutera que, très vraisemblablement, la plante possède des canaux, tuyaux, vaisseaux, veines... afin de transporter l'eau des racines jusqu'aux feuilles / tiges voire, à la belle saison, aux fleurs.

352 Et que sont : pour vivre, pour grandir, les plantes ont besoin...

353 Car la comparaison des expérimentations menées par les groupes 1 (qui a utilisé de la terre) et 2 (qui a utilisé de l'eau) s'y prêtait également (Gabriel : « *mais Lisa tu sais l'expérience qu'ils ont fait (faite) là-bas il y a pas du tout eu de terre. Est-ce qu'elle est en train de mourir la plante ?* »).

354 Et, plus particulièrement, de vapeur d'eau (Lisa : « *la vapeur d'eau.* »).

ÉNONCÉ “STRUCTURANT” N° 1

Pour vivre, pour grandir, les plantes ont besoin d'eau. Si la plante manque d'eau, elle arrête de se développer puis meurt.

La plante absorbe l'eau par ses racines et non par ses feuilles. Elle absorbe l'eau (qui vient des nuages) dans le sol où sont plantées ses racines.

La plante n'a pas besoin de terre pour vivre.

Une partie de l'eau absorbée par les racines est rejetée par la partie aérienne : les feuilles, sous forme de vapeur d'eau.

Vraisemblablement, la plante a des vaisseaux pour transporter l'eau des racines jusqu'aux feuilles.

4.3.2.2. *Seconde phase*

Clôturant la séance du jour nous souhaitons, et toujours concernant les parties souterraines de la plante, remobiliser l'une des nécessités sur l'empirique qui avait été travaillée sur le temps du débat scientifique, à savoir la nécessité d'une respiration de la plante, aussi bien au niveau de ses parties aériennes que souterraines. Pour ce faire, l'enseignant proposa à chaque groupe de travail de la classe la manipulation suivante : muni d'un verre rempli d'eau, chacun y ajoutera un peu de terre, et pour finalement y observer l'apparition, éphémère certes, de bulles d'air³⁵⁵ (Tim : « *ça fait des bulles d'air.* » ; Maxime : « *c'est de l'air.* »), remarquée de tous. Nous interrogeant quant à l'origine de ces bulles d'air, le groupe 3 avança, et par la voix de Marceau, l'hypothèse de la terre, également défendue par le groupe 2, et par la voix de Charley. L'on en déduit alors que la terre contient de l'air (Baptiste : « *il y a de l'air dans la terre.* »), telle une nouvelle contrainte sur l'empirique, et asseyant un peu plus la nécessité sur l'empirique discutée ci-avant. Et de ne pas conclure trop rapidement à un quelconque besoin de terre (Lisa : « *une plante ça a besoin de terre alors ?* » ; Gabriel : « *la plante elle a besoin de l'air qui est dans la terre.* »). Mobilisant cela, le groupe 5 expliqua même, et par la voix de Baptiste, la survie de son expérimentation qui, faut-il le rappeler, était au niveau de ses parties

³⁵⁵ Et non d'oxygène, comme le suggéra le groupe 5, et par la voix de Dan.

aériennes entourée d'un sac en matière plastique transparente.

Nota bene : si, d'intéressante façon, une telle manipulation nous permet, vis-à-vis du pilotage, de basculer de l'utilisation de notre espace-problème (figure 6-2) à l'utilisation de notre "espace contraintes et nécessités" (figure 6-3), nous sommes cependant plus sceptiques quant à l'intérêt didactique, pédagogique d'une telle intervention, et puisque la présente séance visait avant tout la structuration sur le besoin en eau.

4.4. Séance du mardi huit avril deux-mille-quatorze : investigation sur le besoin en sels minéraux (Charly absent, Nora absente)

4.4.1. Premier temps de la séance

Après avoir rappelé que le premier temps des investigations empiriques portait sur le besoin en eau (Margaux : « *si la plante avait besoin d'eau.* »), nous cherchâmes, mais de façon quelque peu laborieuse³⁵⁶, l'objet possible du deuxième temps des investigations empiriques qui, pour indices, aide la croissance et le développement de la plante, et se trouve dans la terre : l'air qui est contenu dans la terre fut ainsi proposé (Baptiste : « *l'air qui est contenu dans la terre.* »), ce qui confirma notre scepticisme quant à l'intérêt didactique, pédagogique de l'intervention finale de la séance du lundi sept avril deux-mille-quatorze. Le groupe 5, et par la voix de Malo, proposa finalement les engrais, auxquels les parties souterraines de la plante seront utiles (Lisa : « *les racines.* »). À l'initiative de l'enseignant, et par la voix de Charley, le groupe 2 rappela que l'on opère, et comme cela a pu être discuté lors du débat scientifique, une distinction entre les engrais "chimiques" (c'est-à-dire inorganiques) et les engrais "non chimiques"³⁵⁷ (c'est-à-dire organiques), les premiers nous intéressant plus particulièrement dans le cas de la présente séance. Questionnant les pratiques familiales de jardinage, l'enseignant retrouve évidemment ce constat de la dichotomie des engrais : si

356 Car, nous sommes-nous successivement vu proposer : le besoin de terre (Marceau : « *la terre.* »), le besoin d'air (Lisa : « *l'air.* »), la non nécessité de la terre (Malo : « *que la plante n'avait pas besoin de terre pour grandir.* »), le besoin de soleil (Maxime : « *le Soleil.* »).

357 Que l'on peut alors qualifier de naturels (Malo : « *maître c'est mieux de mettre "naturels" plutôt.* ») : pêle-mêle, y trouve-t-on le fumier (Gabriel : « *le fumier.* »), le lisier (Malo : « *le lisier.* »), le purin (Baptiste : « *le purin.* »), que l'enseignant associe d'ailleurs et de façon plus ou moins heureuse au purin d'orties. En effet, par extension, l'on parle en agriculture biologique de purin pour désigner les produits issus de la macération, de l'infusion ou de la décoction de certains végétaux. Ces purins peuvent alors servir, selon leur stade de maturation et le végétal utilisé, d'insecticides, de fongicides, d'engrais, voire d'activateurs de compost.

certains pratiquent les engrais “non chimiques” (Clémentine : « *maman quand elle était avec papa eh ben papa il lui donnait du fumier.* » ; Baptiste : « *le terreau.* »), d'autres pratiquent encore³⁵⁸ les engrais “chimiques” qui, de possible façon, sont d'aspect solides (Alexis : « *ma mère elle met des petites boules oranges. C'est de l'engrais.* ») mais, comme l'enseignant le présente à l'ensemble des groupes de travail de la classe, peuvent être d'aspect liquides, voire en poudre. Nous pouvons alors revenir à l'une des questions organisatrices de notre débat scientifique (figure 6-2), à savoir la question À quoi servent les engrais ? Si la réponse apportée ne change pas³⁵⁹, fort heureusement, le groupe 3 s'interrogea quant à la nature même des engrais “chimiques”, et par la voix de Maxime, de façon plus que pertinente. S'agissant de “produits chimiques”, l'enseignant prit soin de préciser à l'ensemble des groupes de travail de la classe qu'il serait le seul à les manipuler, si besoin était : ce faisant, nous pouvions présenter le travail proposé, et à venir, lorsqu'à partir d'une première notice, il était question de déterminer la composition même des engrais “chimiques”, alors composés d'éléments divers, essentiellement au nombre de trois, mais toujours représentés en capitales d'imprimerie.

Si les groupes 3 et 4 trouvent finalement sans peine les éléments ou, plus justement, les capitales d'imprimerie dont il est question, les groupes 1, 2 et 5 font preuve de plus de difficultés, notamment dues à la présence de chiffres et de sigles dans le texte proposé, voire dans le titre du texte : nous nous accordons cependant, et lors de la mise en commun du travail de groupes, sur les capitales d'imprimerie N (Clémentine : « *N.* »), P (Charley : « *P.* ») et K (Romane : « *K.* »), dont il reste cependant à connaître la signification. Passées les quelques propositions plus ou moins heureuses de nos apprenants, et lorsqu'ils se réfèrent au contenu même du texte proposé, leur est à présent suggéré d'effectuer une recherche Internet³⁶⁰, à raison d'un ordinateur par groupe de travail, avec pour mot-clef “élément chimique” (Lisa : « *élément chimique. N. P. K.* ») : c'est alors que le tableau périodique des éléments chimiques (annexe 6-12), présent à cette même page, leur apportera les correspondances recherchées (azote (N) (Maxime : « *azote.* »), phosphore (P) (Marceau : « *phosphore.* ») et potassium (K) (Tim : « *potassium.* »)) qui, par ailleurs, les surprendront. En effet, et bien que le symbole chimique du phosphore soit la lettre p, le symbole chimique de l'azote n'est pas la lettre a, tout comme le symbole chimique du potassium n'est pas la lettre k ; issus du néolatin de l'époque

358 Mais en moins grand nombre que ne l'envisageait l'enseignant.

359 Lorsque, et par la voix de Malo, le groupe 5 rappelle une fois encore que les engrais aident à la croissance et au développement de la plante, tel un “produit dopant” (Gabriel : « *c'est comme un dopage pour plantes.* »).

360 Mobilisant plus précisément le site Wikipédia, voire Vikidia (Aude : « *Vikidia.* »).

moderne, nos symboles chimiques renvoient en effet aux associations suivantes : *kalium* (K), *nitrogenum* (N) et *phosphorus* (P).

Usant inconsciemment du principe fondamental de l'induction, nous proposons à la suite le travail d'une seconde notice, et pour vérifier la constance de la composition même des engrais "chimiques" ; en somme, testions-nous l'hypothèse de travail qui suit : un engrais "chimique", quel qu'il soit, se compose toujours d'azote, de phosphore et de potassium. Bien évidemment, et à l'issue d'une lecture collective (de Clémentine) d'un texte, l'hypothèse sera confirmée / validée par l'expérience.

4.4.2. Second temps de la séance

Souhaitant maintenant véritablement tester l'hypothèse de travail qui énonce que les engrais aident à la croissance et au développement de la plante, l'enseignant suggéra la conception, collective toujours, de l'investigation à réaliser pour la valider et, le cas échéant, l'invalider. Le groupe 3, et par la voix de Maxime, proposa donc le protocole suivant : une première plante à qui l'on apporte de l'engrais "chimique", une seconde plante à qui l'on n'en apporte pas ; de l'inintéressant également, et comme cela a pu être proposé (Baptiste : « *tu en mets une avec un engrais et l'autre avec l'autre engrais et tu en mets une sans engrais.* »), de mesurer la variable de l'utilisation de l'un ou l'autre engrais "chimique" –dont nous disposons, et puisque nous venons de conclure quant à la constance de la composition même des engrais "chimiques". Il nous faut alors déterminer ce qui sera apporté à la seconde plante, à savoir de l'eau (minérale) (Charley : « *de l'eau naturelle.* »), et ce au regard de la séance du lundi sept avril deux-mille-quatorze ; en outre, s'agira-t-il du témoin de l'expérience envisagée et comme à l'initiative de l'enseignant, le souligne le groupe 5, par la voix de Dan, et quand d'autres en avaient déjà oublié le nom. Insistant un peu plus sur l'hypothèse de travail testée, l'enseignant souhaita affiner encore le protocole envisagé, quand les apprenants en comprirent l'explicitation : sera-t-il proposé de mesurer la taille des plantes (Lisa : « *tu la mesures.* »), de comparer la taille des plantes (Charley : « *tu regardes les deux et tu les mets à côté si elles sont de la même taille.* »), d'apprécier la couleur des plantes (Malo : « *sinon en fait si tu prends des engrais ils ont dit que ça allait changer la couleur.* ») : mais non, et comme l'attendait l'enseignant, une mise en jeu de la quantité de l'engrais "chimique" à apporter à la plante. Les interrogeant justement sur la quantité de l'engrais "chimique" que l'on devait

apporter à la plante, le groupe 3 proposa finalement, et par la voix de Maxime, l'équivalent d'un bouchon avant que le groupe 5, et par la voix de Baptiste, ne songea à une troisième plante qui se verrait apporter l'équivalent de deux bouchons. Ainsi fait, notre hypothèse de travail se voit affinée, en cela que les engrais aideraient, proportionnellement à la quantité de leur apport, à la croissance et au développement de la plante (Maxime : « *celle de deux bouchons ça devrait être la plus grande par rapport à la première.* »). De cela, découle donc notre protocole définitif : une première plante à qui l'on apporte une dose faible d'engrais "chimiques", une deuxième plante à qui l'on apporte une dose moyenne d'engrais "chimiques", une troisième plante à qui l'on apporte une dose forte d'engrais "chimiques" et, bien entendu, le témoin de l'expérience. Aussi, et comme sur le temps du débat scientifique, les avis sont plus que partagés au sujet de la possible toxicité des engrais : pour les uns³⁶¹, et puisqu'il s'agit de "produits chimiques", les engrais "chimiques" sont nécessairement toxiques lorsqu'ils sont apportés en très grandes quantités (Énora : « *mais si tu en mets trop, si ça se trouve elle va mourir à un moment parce que c'est chimique.* »), pour les autres³⁶², et puisqu'il s'agit de produits conçus pour le bien-être de la plante, les engrais "chimiques" restent profitables en toutes circonstances (Clémentine³⁶³ : « *par exemple le Coca c'est chimique. On en boit plein. On est pas mort.* » ; Gabriel³⁶⁴ : « *moi je dis que c'est impossible parce que les engrais sont faits spécialement pour pas que la plante elle meurt.* » ; Maxime : « *c'est fait pour la plante.* »). Si l'expérimentation menée nous apportera bien évidemment la solution, reste à revenir sur l'appréciation même de la croissance et du développement de la plante : un film continu de l'évolution des plantes groupées (Gabriel : « *tu la filmes.* »), une mesure directe (et journalière ?) de la taille de la plante (Maxime : « *la mesurer ou alors mettre quelque chose au-dessus.* »), une photographie journalière de la plante (Lisa : « *prendre des photos tous les jours.* »), une mesure indirecte³⁶⁵ (et journalière ?) de la taille de la plante (Maxime : « *ou alors tu mets quelque chose comme une règle un peu plus haute et tu regardes.* » ; Charley : « *ben tu prends une bouteille, tu la mesures et tu fais une petite croix sur la bouteille.* »)... nous trancherons et arrêterons donc la modalité de la photographie journalière des plantes groupées, ce qui nous évitera ainsi toutes mesures, quelles qu'elles soient.

361 Peu nombreux.

362 Très nombreux.

363 Dont le point de vue finit par s'infléchir...

364 Dont le point de vue finit par s'infléchir...

365 Par le biais de la comparaison, avec un objet quelconque.

Nota bene : nous précisons également qu'en plus du critère de la taille, le critère de la masse, au demeurant plus pertinent, aurait pu être mobilisé (Charley : « *le poids.* » ; Dan : « *la masse.* » ; Maxime : « *la masse.* »).

4.5. Séance du lundi quatorze avril deux-mille-quatorze : structuration sur le besoin en sels minéraux (Aucun absent)

4.5.1. Premier temps de la séance

À la demande de l'enseignant, le groupe 2 rappela utilement, et par la voix d'Énora, les trois éléments ou, plus justement, les capitales d'imprimerie dont il était question lors de la séance précédente : azote (N) (Baptiste : « *le N il veut dire azote.* »), phosphore (P) (Lorenzo : « *phosphore.* ») et potassium (K) (Tim : « *potassium.* »), et que l'on retrouve –au côté d'éléments mineurs (Baptiste : « *il y avait d'autres choses.* »)– pour tout engrais “chimique”, quel qu'en soit d'ailleurs son état. Le groupe 1, et par la voix de Clémentine, revint alors sur l'hypothèse de travail testée, et lorsque les engrais aident à la croissance et au développement de la plante, comme envisagé déjà sur le temps du débat scientifique ; mais plus encore, notre protocole définitif avait-il intégré la variable de la quantité de l'engrais “chimique” que l'on devait apporter à la plante (Maxime : « *ben on avait fait quatre petites plantes. Une où tu mets de l'eau normale. Une autre où tu mets un peu d'engrais. Une autre où tu en mets un peu plus. Et la troisième c'est pareil tu en mets encore plus.* »). Aux résultats de l'expérimentation menée, comme de leurs interprétations, peut-on s'arrêter sur une meilleure croissance³⁶⁶ (Gabriel : « *par rapport à son feuillage il y en a plus.* ») et un meilleur développement³⁶⁷ (Baptiste : « *il y en a une ses bourgeons ils fleurissent beaucoup plus vite.* ») de la première plante, sur une moindre croissance (Clémentine : « *ben là déjà sa feuille elle est moisie à moitié.* ») et un meilleur développement (Baptiste : « *il y a des bourgeons en plus.* ») de la deuxième plante, et sur une moindre croissance et un moindre développement de la troisième plante. Si les engrais aident donc bien à la croissance et au développement de la plante, c'est alors l'occasion pour le groupe 1, et par la voix de Clémentine, de clore définitivement la controverse précédemment engagée : les engrais “chimiques”, et lorsqu'ils sont apportés en très grandes quantités, sont bel et bien toxiques pour la plante³⁶⁸ ; cependant que décision est

366 En cela que la plante présente plus de feuilles.

367 En cela que la plante présente plus de fleurs.

368 Qui, finalement, ne supporte qu'une dose faible d'engrais “chimiques” (Clémentine : « *en fait la A c'est la dose qu'il faut mettre.* »). Malheureusement, et pour la première plante, l'enseignant parle d'une dose normale d'engrais “chimiques”, et ce dès le début de la présente séance.

prise de poursuivre l'expérimentation menée, et pour accentuer, au niveau de la croissance (Maxime : « *ben les feuilles on va voir à leur niveau.* ») et du développement de la plante, les différences observées³⁶⁹ (Clémentine : « *il faut les observer.* »), avec le temps (Lisa : « *il va falloir leur laisser du temps.* »).

Nota bene : faut-il tout de même, notamment à l'égard de Clémentine, rappeler d'une part que les engrais “chimiques” restent profitables lorsqu'ils sont apportés en quantités raisonnables, et d'autre part que la poursuite de l'expérimentation menée suppose que l'on ne cesse en rien le traitement initié aux deuxième et troisième plantes qui, nous le constatons déjà, se portent mal, voire très mal.

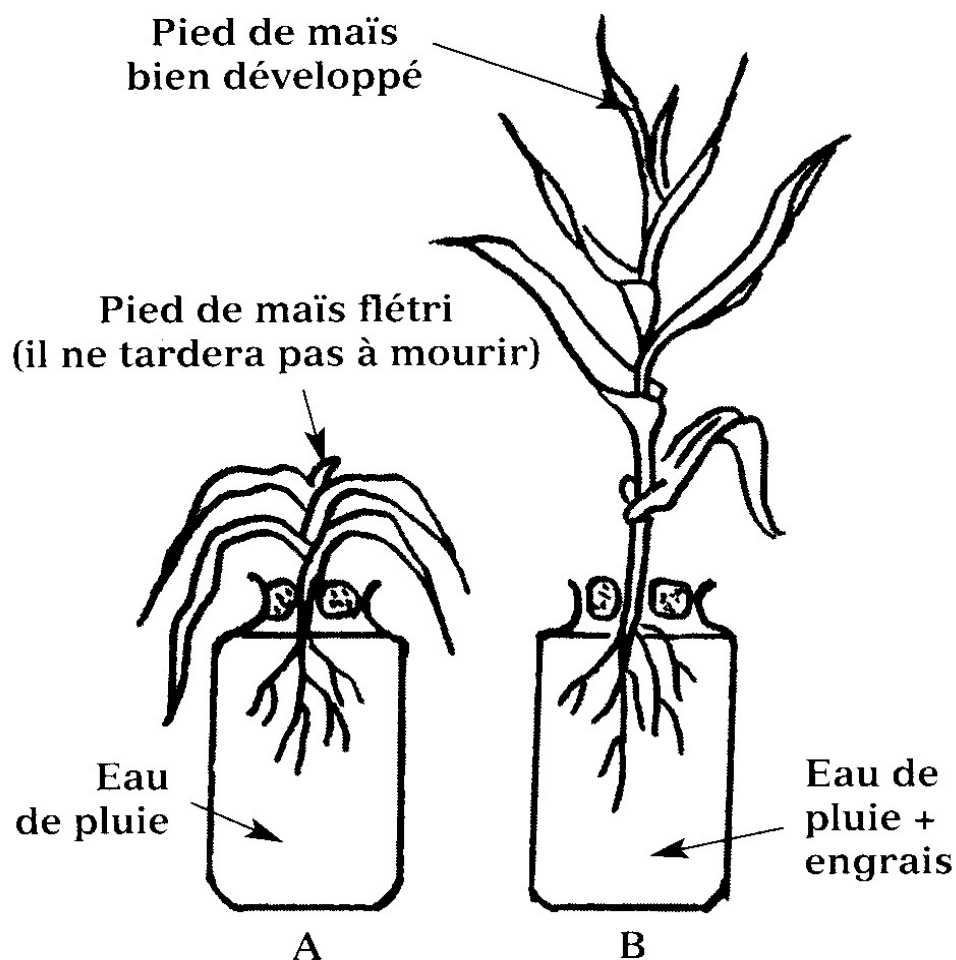
4.5.2. Second temps de la séance

4.5.2.1. Première phase

Au regard de la séance précédente, l'enseignant proposa l'interprétation d'une nouvelle expérience ; nous la représentons ici-même : deux jeunes plants de maïs identiques ont été placés dans des pots contenant de l'eau de pluie pour le pot A, de l'eau de pluie et des engrais pour le pot B. On rappellera que l'eau de pluie ne contient pas de minéraux, contrairement à l'engrais. Les deux pots ont été placés dans les mêmes conditions (figure 6-5).

³⁶⁹ Par le biais de la modalité de la photographie journalière des plantes groupées (Baptiste : « *il va falloir les prendre en photo tous les jours.* »).

Figure 6-5. Document de travail : illustration de la nouvelle expérience au service de la structuration sur le besoin en sels minéraux



C'est alors que, avant la mise au travail (individuel) de l'ensemble de la classe, seront explicités quelques points pouvant porter à ambiguïté, à savoir :

la définition de l'interprétation ;

la compréhension du premier tableau³⁷⁰ et, par conséquent, l'absence de minéraux dans l'eau de pluie (Tim : « *parce qu'il n'y en a pas.* »), la présence de minéraux dans l'eau minérale et l'eau du robinet ;

³⁷⁰ Lequel nous renseigne sur la composition en minéraux de différentes eaux, à savoir l'eau du robinet (Dan : « *eau du robinet.* »), l'eau minérale (Aude : « *eau minérale.* ») et l'eau de pluie (Louna : « *eau de pluie.* »). Dès à présent, l'enseignant tente-t-il de leur faire dégager les trois éléments chimiques dont il était question lors de la séance précédente ; cependant, force est de constater que le phosphore n'y figure pas, d'une part, et que si l'azote est présent dans le(s) nitrate(s) (dont le symbole chimique est initié par la lettre n) (Lisa : « *ben après il reste les nitrates.* » ; Malo : « *du nitrate.* »), il ne l'est pas dans le sodium (dont le symbole chimique est initié par la lettre n) (Énora : « *sodium. Na.* » ; Lisa : « *ben ça veut dire qu'on en trouve aussi dans le sodium.* »), d'autre part : nous comprendrons donc fort bien l'hésitation de nos jeunes apprenants.

la compréhension du second tableau³⁷¹ et, par conséquent, la présence de minéraux dans le sol de jardin ;

la définition³⁷² de l'unité de mesure ;

la définition³⁷³ du pied de maïs ;

la définition de la conclusion.

Du résultat de l'expérimentation en jeu, observe-t-on une première plante³⁷⁴ qui se porte mal (Clémentine : « *le pied de maïs a fané.* »), et une seconde plante³⁷⁵ qui se porte bien, aussi bien au niveau de ses parties aériennes que souterraines (Maxime : « *ben il continue à vivre, il a poussé, il est en bonne santé et il s'est bien développé. Quand tu regardes aux racines tu le vois bien.* »). Précédant la phase d'interprétation, et donc de conclusion, l'enseignant demanda le rappel de ce qui peut opposer l'eau de pluie d'une part, à l'eau minérale ou l'eau du robinet d'autre part, voire le sol de jardin : pour l'une l'absence de minéraux, pour les autres la présence de minéraux (Gabriel : « *l'eau de pluie elle a aucun minéraux (minéral) alors que l'eau du robinet, l'eau minérale et le sol ils ont des minéraux.* »). De cela, s'ensuit une première conclusion ne faisant que répéter le résultat de l'expérimentation en jeu et l'expérimentation elle-même (Charley : « *ben en fait dans l'eau de pluie il y a rien, il y a pas de minéraux. Et elle meurt. Et quand elle a de l'engrais ben ça l'aide à se développer.* »), et une seconde conclusion ne faisant que répéter notre ancienne hypothèse de travail qui énonçait que les engrais aident à la croissance et au développement de la plante (Lisa : « *ben l'engrais ça a été fabriqué pour que la plante elle se développe plus rapidement.* »). On ne le voit que trop bien ici : le passage du résultat de l'expérimentation à l'interprétation de ce même résultat qui, bien évidemment, nous permet de conclure, constitue une forme de raisonnement sans doute naissante, et en tout cas assez peu partagée de l'ensemble de la classe. C'est alors qu'il nous faut rappeler la composition même des engrais “chimiques”, lesquels se composent toujours d'azote, de phosphore et de potassium, et donc de minéraux, comme expliqué dans la description de notre nouvelle expérience (Charley : « *du*

371 Lequel nous renseigne sur la composition minérale d'un sol de jardin. Dès à présent, l'enseignant tente-t-il à nouveau de leur faire dégager les trois éléments chimiques dont il était question lors de la séance précédente ; l'azote (Romane : « *dans nitrate(s) il y a le N c'est-à-dire l'azote.* »), le phosphore (Margaux : « *le P c'est le phosphore.* ») et le potassium (Charley : « *le potassium.* ») sont ainsi de la partie.

372 À la demande de Charley.

373 À la demande de Charley.

374 À qui l'on apporte de l'eau de pluie (Maxime : « *eau de pluie.* »).

375 À qui l'on apporte de l'eau de pluie et des engrais (Maxime : « *ben de l'eau de pluie et puis un engrais.* »).

chimique. » ; Baptiste : « *des minéraux.* » ; Malo : « *parce que c'est le N, le P et le K. Et là tu regardes dans le tableau des minéraux et il y a l'azote, le phosphore et le potassium.* »). L'on en déduit alors que la première plante se porte mal en raison de l'absence de minéraux (Malo : « *elle meurt.* »), et que la seconde plante se porte bien en raison de la présence de minéraux (Clémentine : « *des minéraux.* ») ; et, pour exemple, d'une plante de jardin qui ne se voit apporter que de l'eau de pluie, n'y a-t-il pas de problème quant à l'apport de minéraux, et³⁷⁶ puisque le sol de jardin en est pourvu (Dan : « *parce qu'il y a des minéraux dans la terre.* »), comme expliqué dans la description de notre nouvelle expérience (Tim : « *parce que c'est marqué là.* »). De même, et de nos diverses et précédentes expérimentations menées, où l'on utilise de l'eau minérale, ou de nos pratiques familiales de jardinage, où l'on utilise de l'eau du robinet, n'y a-t-il pas de problème quant à l'apport de minéraux, et puisque l'eau minérale et l'eau du robinet en sont pourvues ; malheureusement, et de notre point de vue, l'enseignant insiste là trop sur la dangerosité des engrais “chimiques” pour les humains, et vis-à-vis de l'eau minérale ou de l'eau du robinet, quand nous ne cherchions qu'à les regrouper ensemble, puisque possédant tous des minéraux. Quoi qu'il en soit, et si le premier temps des investigations empiriques aboutit à la nécessité de l'eau, ce deuxième temps des investigations empiriques aboutit bel et bien à la nécessité des sels minéraux : là encore, et s'il est tentant de rappeler que les engrais “chimiques”, lorsqu'ils sont apportés en très grandes quantités, sont toxiques pour la plante (Margaux : « *aussi l'engrais il faut pas en donner trop.* »), force est de reconnaître qu'il ne s'agit en rien de l'interprétation du résultat de l'expérimentation en jeu. À l'issue de quoi vint enfin l'interrogation tant attendue (Dan : « *alors pourquoi on a besoin de mettre de l'engrais ? Ben dans l'engrais il y a des minéraux mais dans la terre aussi. Alors pourquoi on a besoin de mettre de l'engrais ?* ») : si présence de minéraux dans le sol il y a, à quoi bon y rajouter des engrais “chimiques”, eux-mêmes pourvus de minéraux ? Sans apporter ici-même de réponse, et plus que d'aider à la croissance et au développement de la plante (Maxime : « *pour que ça pousse encore plus.* »), voit-on poindre l'idée explicative d'un retour à la terre de ce qui y aurait été prélevé (Charley : « *pour que ça remette des minéraux.* »).

Afin de nous inscrire pleinement dans le modèle d'“investigation-structuration”, arriva à proprement parler et pour la deuxième fois (de notre projet d'enseignement-apprentissage) le moment structurant de la séance du jour : passés le temps du tâtonnement et de la recherche,

376 Non parce que les plantes sont ainsi faites (Clémentine : « *parce qu'elles sont faites (faites) pour ça.* »).

nous sommes bel et bien là dans le temps de la synthèse. Par le biais de l'ordinateur et du vidéoprojecteur, l'enseignant reprit donc pour base de travail le précédent énoncé “structurant” qu'il s'agira d'affiner, et donc de modifier. Le groupe 5, et par la voix de Baptiste, proposa alors d'ajouter à la nécessité de l'eau la nécessité des engrais “chimiques” d'abord, et la nécessité de la terre ensuite, et plus que la nécessité des sels minéraux (Dan : « *de minéraux.* ») ; d'une telle proposition, devons-nous par ailleurs conclure à ce que l'objectif même de la présente séance n'est encore pas atteint et puisqu'à la nécessité des engrais “chimiques”, était plus précisément envisagée la nécessité de l'eau minérale ou de l'eau du robinet. Si, continuant le fil de notre énoncé “structurant”, la nécessité de l'eau et la nécessité des sels minéraux finissent par s'installer (Lisa : « *si la plante manque d'eau et de sels minéraux.* » ; Baptiste : « *si la plante manque d'eau et de sels minéraux.* »), il faut à l'enseignant insister pour ne pas oublier que la plante absorbe les sels minéraux au niveau de ses racines, et comme nous l'a enseigné la présente séance (Maxime : « *la B nous montre qu'elle absorbe des minéraux par ses racines.* »). Une fois encore, et pour qu'il ne soit pas question de l'eau de pluie, se voit-on proposer la suppression d'une quelconque référence à l'eau qui vient des nuages (Baptiste : « *qui vient des nuages il faudrait l'enlever.* » ; Malo : « *parce que c'est de l'eau de pluie si ça vient des nuages.* »), au profit de l'eau minérale (Charley : « *l'eau minérale.* ») ou de l'eau du robinet (Margaux : « *l'eau du robinet.* »), et que l'enseignant accepte pour ainsi dire : c'est bien évidemment sans tenir compte du fait constatable de la présence de minéraux dans le sol de jardin (Charley : « *mais si c'est sur la terre il y a déjà des minéraux.* » ; Lisa : « *mais il y a déjà de la terre et dans le sol il y a des minéraux.* »). Revenant à la question de la terre, le discours s'infléchit nécessairement et quelque peu vis-à-vis du premier temps des investigations empiriques : en effet, le groupe 5, et par la voix de Malo, maintient que la plante n'a pas besoin de la terre, mais à la condition de recevoir de l'eau minérale³⁷⁷ ; inversement, et si l'on y substitue de l'eau de pluie, alors la terre devient-elle nécessaire. En atteste la seconde plante, à qui l'on apporte de l'eau de pluie et des engrais, qui se porte bien (Nora : « *dans la B elle avait de l'eau plus de l'engrais et l'engrais c'est des minéraux.* »). L'énoncé “structurant” s'affine donc (Lisa : « *la terre elle en a pas forcément besoin...* » ; Gabriel : « *... si elle a de l'eau minérale ou de l'eau de pluie avec de l'engrais où il y a des minéraux.* ») et, par la voix de Gabriel, le groupe 5 nous résume ainsi les choses : à l'eau de pluie que l'on ajoute, la nécessité d'un apport de sels minéraux, à l'eau minérale ou l'eau du robinet que l'on ajoute, la non nécessité d'un apport de sels minéraux. Enfin, et si l'on peut effectivement préciser la nature des éléments chimiques dont il est

377 Ou, aurait-on pu ajouter, de l'eau du robinet.

question lorsque l'on parle de sels minéraux (Lisa : « *il faut qu'on parle des minéraux N, P et K.* »), l'on peut également envisager que si la plante possède des canaux, tuyaux, vaisseaux, veines... c'est aussi pour y transporter les sels minéraux (Baptiste : « *vraisemblablement la plante a des vaisseaux pour transporter l'eau et les sels minéraux. Parce que l'eau c'est pas de l'eau de pluie.* »), des racines jusqu'aux feuilles / tiges voire, à la belle saison, aux fleurs. Progressivement, et nous ne pouvons que l'apprécier, le tout s'assemble et se structure ; il est alors maintenant temps pour nous de revenir à l'interrogation précédente : si présence de minéraux dans le sol il y a, à quoi bon y rajouter des engrais “chimiques”, eux-mêmes pourvus de minéraux ? Tel un “inducteur de problématisation” (Fabre & Musquer, 2009), l'enseignant engage la réflexion de l'ensemble des groupes de travail de la classe sur un sol d'une nature assez particulière, à savoir le sol de forêt³⁷⁸ ; c'est alors que nous sont avancés quelques éléments de réponses : il serait dorénavant question d'excréments d'animaux et de débris végétaux (Gabriel : « *déjà d'une parcelle que les feuilles elles tombent et elles font un compost. Et deux parce que les animaux ils font leurs excréments sur les plantes un peu partout dans la forêt.* »).

ÉNONCÉ “STRUCTURANT” N° 2

Pour vivre, pour grandir, les plantes ont besoin d'eau et de sels minéraux³⁷⁹. Si la plante manque d'eau et / ou de sels minéraux, elle arrête de se développer puis meurt.

La plante absorbe l'eau et les sels minéraux par ses racines et non par ses feuilles. Elle absorbe l'eau et les sels minéraux dans le sol où sont plantées ses racines.

La plante n'a pas forcément besoin de terre pour vivre si on lui donne de l'eau et des sels minéraux.

Une partie de l'eau absorbée par les racines est rejetée par la partie aérienne : les feuilles, sous forme de vapeur d'eau.

Vraisemblablement, la plante a des vaisseaux pour transporter l'eau et les sels minéraux des racines jusqu'aux feuilles.

³⁷⁸ Qui, comme cela peut être souligné, ne fait jamais l'objet d'apports extérieurs, et que peuvent représenter les engrais “chimiques”.

³⁷⁹ N (azote), P (phosphore) et K (potassium).

4.5.2.2. Seconde phase

Suite aux lectures collectives (de, respectivement, Clémentine et Lisa) d'un premier et d'un second textes, l'enseignant ajoute à l'interrogation précédente une nouvelle interrogation qui, de fait, complète ladite interrogation précédente ; la voici donc : comment, à la différence d'un sol de culture, expliquer qu'un sol de forêt n'ait en rien besoin d'engrais "chimiques" ? Le groupe 4, et par la voix de Lisa, comprend l'importance des décomposeurs³⁸⁰ du sol, et bien que l'explication apportée soit hésitante : d'abord serait-il question que lesdits décomposeurs du sol transportent la terre (à la plante ?), ensuite³⁸¹ serait-il question que lesdits décomposeurs du sol se nourrissent de cadavres et d'excréments d'animaux, tout comme de débris végétaux, et pour les transformer en sels minéraux. Une fois compris de tous qu'il s'agit bien là d'une transformation, à la différence d'un transport (Clémentine : « *ben transporter c'est l'emmener à plusieurs endroits et transformer c'est par exemple quelque chose qui devient autre chose.* »), l'enseignant s'assura encore du partage de la contrainte sur l'empirique qui veut qu'un sol de forêt n'ait en rien besoin d'engrais "chimiques", et pour chercher à savoir ce qui peut donc et dans ce cas se substituer auxdits engrais "chimiques". De par les formulations employées, remarquons seulement la réponse apportée par l'enseignant, implicitement, à l'interrogation précédente : la "culture" de plantes prélèverait des sels minéraux à la terre, et qu'il s'agirait de lui retourner, par le biais d'engrais "chimiques". Quoiqu'il en soit, et concernant cet apport de sels minéraux, nous est à nouveau rappelé l'implication des décomposeurs du sol (Charley : « *les animaux.* » ; Baptiste : « *les petites bêtes.* » ; Gabriel : « *les décomposeurs.* ») qui, comme leur nom l'indique, décomposent³⁸² (Tim : « *ils décomposent.* ») sur un temps relativement long, les cadavres d'animaux (Gabriel : « *les cadavres.* »), les excréments d'animaux (Clémentine : « *ils décomposent des excréments en minéraux.* »), mais également les débris végétaux (Malo : « *les déchets de la nature. C'est-à-dire les feuilles, les branches d'arbre qui sont tombées.* ») en sels minéraux (Margaux : « *ils en font des minéraux.* »). Malgré cela, il n'est pas évident pour tous, tout du moins dans un

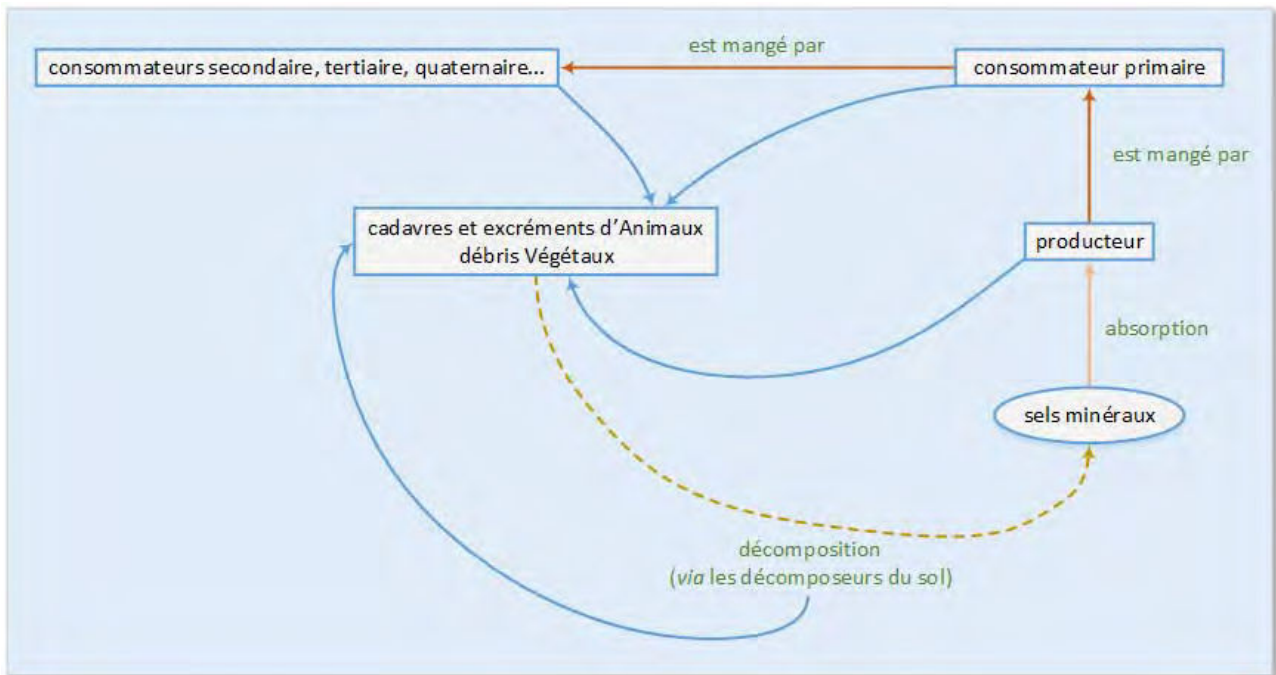
380 Qui, pour rappel, sont tous hétérotrophes pour le carbone ; plus précisément se nourrissent-ils de producteurs et de consommateurs –et y compris de leurs excréments, mais seulement lorsqu'ils sont morts. De la minéralisation ici en jeu et assurée par de tels organismes, distingue-t-on un premier temps (Marceau : « *c'est pour ça des fois quand on voit sur la route il y a des cadavres morts, on voit plein de bestioles à l'intérieur.* »), en cela une minéralisation incomplète –et qui aboutit à l'humus– assurée par les détritivores (pour lesquels la digestion se réalise à l'intérieur de l'organisme), et un second temps, en cela une minéralisation complète assurée par les transformateurs (pour lesquels la digestion se réalise à l'extérieur de l'organisme), à savoir les bactéries et les champignons.

381 Et après retour au premier texte.

382 D'une façon que, volontairement, nous n'expliquerons pas, et comme cela a pourtant pu être demandé (Énora : « *mais comment ils font pour les décomposer en minéraux ?* »).

premier temps, que le sol de forêt se suffit à lui-même pour son approvisionnement en sels minéraux ; il faut donc insister encore, et rappeler la présence de cadavres et d'excréments d'animaux, tout comme de débris végétaux sur ce même sol de forêt. Reste aux sels minéraux à être absorbés par la plante (Charley : « *la plante elle va les avaler, les absorber.* »), et pour en permettre la croissance et le développement (Gabriel : « *la plante elle va se développer, elle va avoir des branches, elle va grandir en hauteur comme en largeur et elle va avoir des feuilles.* »), plante qui, d'une façon ou d'une autre, finira par mourir pour donner de nouveaux débris végétaux (Clémentine : « *ben les feuilles elles vont tomber. Et au bout de plusieurs années il va mourir l'arbre.* ») : le tout prend la forme d'un cycle (Maxime : « *mais maître en fait quand on regarde bien ça tourne.* ») que l'on peut à nouveau parcourir avec l'ensemble des groupes de travail de la classe, et pour qu'il s'installe durablement. Dans un souci de rigueur, l'enseignant y ajoutera-t-il un animal quelconque, consommateur primaire de notre plante, et à l'origine des cadavres d'animaux, tout comme des excréments d'animaux (Lisa : « *mais aussi il va faire des excréments.* ») ; ainsi fait, et parcourant encore notre cycle qui correspond désormais au cycle (simplifié) du carbone au niveau d'un sol de forêt (figure 6-6), nous prenons progressivement la mesure de l'importance des décomposeurs du sol (Clémentine : « *mais maître ça veut dire que s'il y avait pas d'animaux, de décomposeurs dans la forêt il y aurait presque pas de minéraux.* ») dans toute chaîne alimentaire (Maxime : « *mais maître ça veut dire que si on retire les décomposeurs ça ferait quelque chose pour la chaîne alimentaire.* »), ou chaîne trophique qui, finalement, doit être appréciée à la façon d'un cycle (Lisa : « *ça fait un peu un cycle.* »).

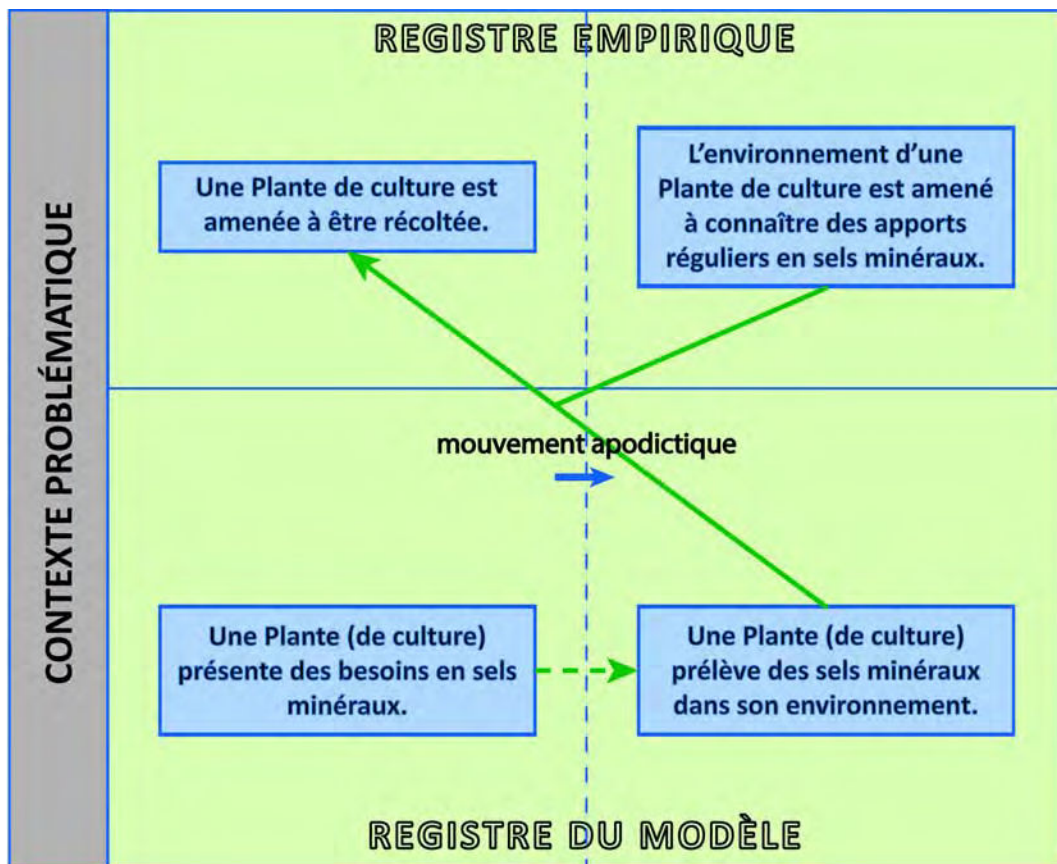
Figure 6-6. Cycle (simplifié) du carbone au niveau d'un sol de forêt



C'est alors que nous pouvons revenir à l'interrogation précédente, à peine modifiée : si présence de minéraux dans le sol de culture il y a, à quoi bon y rajouter des engrais “chimiques”, eux-mêmes pourvus de minéraux ? S'appuyant sur un raisonnement purement problématique, l'enseignant entreprit donc la conceptualisation scientifique de la contrainte sur l'empirique : une plante de culture est amenée à être récoltée (figure 6-7), à l'aide du groupe 5, et par la voix de Malo³⁸³.

³⁸³ Qui, dans un premier temps, nous rappelle cependant que les engrais aident à la croissance et au développement de la plante, ce qui n'était ici pas attendu.

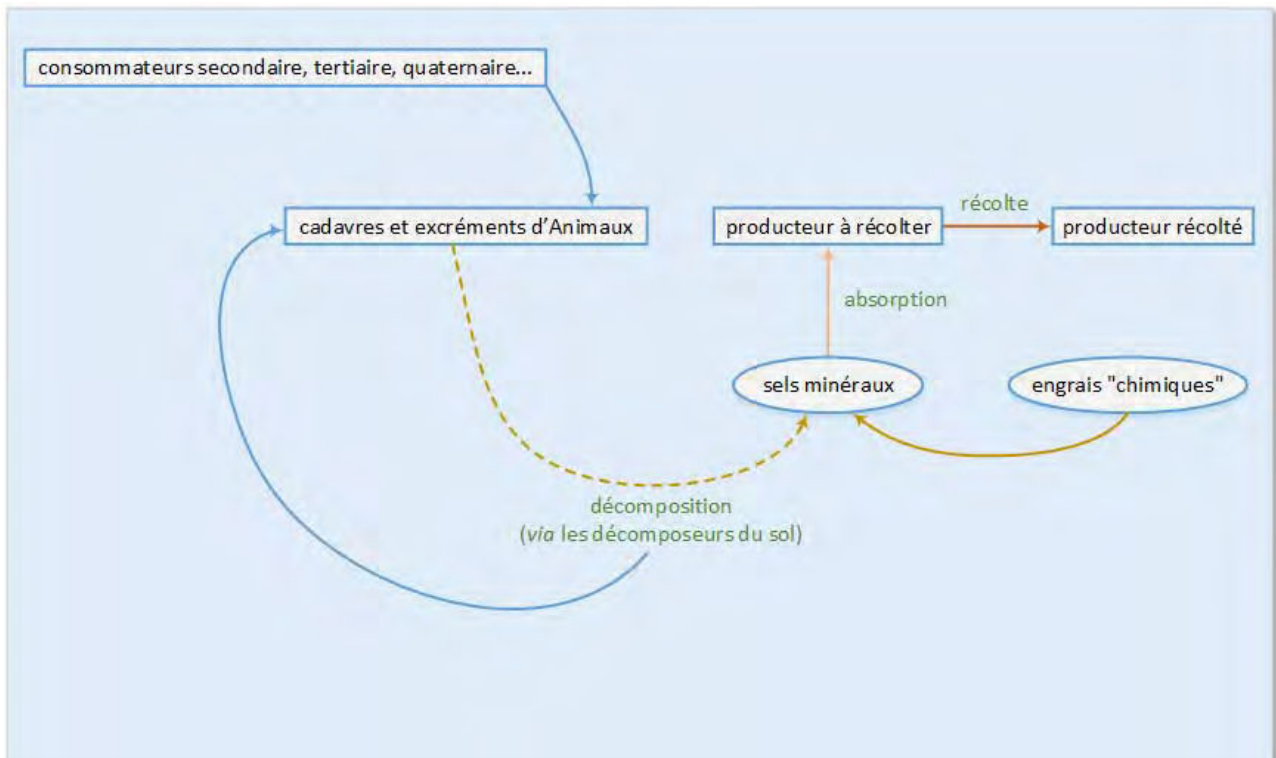
Figure 6-7. Étapes de la conceptualisation scientifique de la contrainte sur l'empirique : une plante de culture est amenée à être récoltée



C'est aussi pour nous l'occasion, et partant de là³⁸⁴, de construire le cycle (simplifié) du carbone au niveau d'un sol de culture (figure 6-8) : le groupe 2 échouant, et par l'action de Charley, le groupe 4 réussissant, et par l'action de Lisa.

³⁸⁴ C'est-à-dire la nécessité sur l'empirique : l'environnement d'une plante de culture est amené à connaître des apports réguliers en sels minéraux (Margaux : « il va devoir redonner de l'engrais. »).

Figure 6-8. Cycle (simplifié) du carbone au niveau d'un sol de culture



Suite à la lecture collective (de l'enseignant) d'un troisième texte, l'enseignant peut revenir à la distinction que l'on opère, et comme cela a pu être discuté lors du débat scientifique, entre les engrais "chimiques" (c'est-à-dire inorganiques) et les engrais "non chimiques"³⁸⁵ (c'est-à-dire organiques) : il s'agit alors de faire prendre conscience à l'ensemble des groupes de travail de la classe du lien qui unit les engrais naturels, à savoir le fumier, le lisier, le purin... aux (cadavres et) excréments d'animaux, tout comme aux débris végétaux (Aude : « *si l'agriculteur il emploie des engrais naturels, il rajoute par exemple des excréments.* »). Ainsi fait, et dans le cadre d'un apport d'engrais "non chimiques", mobilisera-t-on l'action des décomposeurs du sol, à la différence d'un apport d'engrais "chimiques" où, finalement, nous amenons directement les sels minéraux nécessaires (Malo : « *s'il rajoute des engrais chimiques, il rajoute des minéraux dans son champ.* ») à la croissance et au développement de la plante. Finalement, et précisant bien que les engrais "chimiques" ne sont réellement dommageables à l'environnement³⁸⁶ que lorsqu'ils sont apportés en trop grandes quantités (Lisa : « *ça c'est dangereux s'il en met trop.* »), pouvons-nous ainsi résumer les choses, avec :

385 Que l'on peut alors qualifier de naturels.

386 Comme à l'humain, à la plante (Baptiste : « *mais maître alors l'engrais chimique –si par exemple la plante elle est comme la C– ça peut nous tuer ?* »), voire aux décomposeurs du sol (?) (Lisa : « *mais aussi ça peut être dangereux parce que s'ils en mettent de trop les décomposeurs ils peuvent mourir ?* »).

une agriculture biologique qui, en apportant des engrais “non chimiques” (c'est-à-dire avec un apport indirect de sels minéraux), se base sur le fonctionnement d'un sol de forêt (figure 6-6), tel un circuit long, car nécessitant le travail des décomposeurs du sol et, par conséquent, une phase de minéralisation ;

une agriculture non biologique qui, en apportant des engrais “chimiques” (c'est-à-dire avec un apport direct de sels minéraux), se base sur le fonctionnement d'un sol de culture (figure 6-8), tel un circuit court, car ne nécessitant pas le travail des décomposeurs du sol et, par conséquent, une phase de minéralisation.

Aude : « *mes parents ils mettent du compost et mon voisin il met de l'engrais.* »

Enseignant : « *d'accord. Donc tes parents tu vois ils font travailler les décomposeurs et lui il donne directement ce qu'il faut.* »

Nota bene : ce passage d'un cycle à l'autre n'est d'ailleurs pas sans nous rappeler l'élaboration des modèles conceptuels de Leclerc, Besançon et Nizet (1992) où, et d'un tout autre exemple portant sur la culture d'une plante, l'on passe d'abord du diagramme du photosystème³⁸⁷ du maïs, au même diagramme ensuite maïs, en présence d'un ravageur spécifique, à savoir la pyrale du maïs ; et de tout cela vise-t-on toujours l'élaboration d'un modèle mental qui, on l'espère, soit au plus fonctionnel.

4.6. Séance du mardi quinze avril deux-mille-quatorze : investigation sur le besoin en CO₂ + lumière (Louna absente)

4.6.1. Premier temps de la séance

Après avoir rappelé que le premier temps des investigations empiriques portait sur le besoin en eau, que le deuxième temps des investigations empiriques portait sur le besoin en sels minéraux, l'enseignant revint à l'une des questions organisatrices de notre débat scientifique (figure 6-2), à savoir la question À quoi sert l'air ? (Énora : « *on avait parlé qu'il pouvait y avoir un besoin d'air...* ») Des deux solutions qui avaient pu être proposées lors du débat scientifique, selon que l'air serve à fournir de l'oxygène (idée explicative de Baptiste) ou de l'azote (idée explicative de Malo) (Dan : « *... par rapport à de l'air, par rapport à du gaz.*

³⁸⁷ Comprendre par là un système transformationnel (Leclerc, Besançon & Nizet, 1992).

C'est-à-dire l'azote. »), l'enseignant se focalisa directement, et bien que sans la nommer, sur la question de l'oxygène. Remarquons seulement que le groupe 5, et par la voix de Gabriel, s'interrogea sur la présence conjointe de l'azote au niveau de l'air et des engrais “chimiques” et, de façon possible, mena le raisonnement suivant : sachant que l'air est majoritairement composé d'azote, pourquoi la plante le prélève-t-elle au niveau de ses parties souterraines, et non aériennes ? L'enseignant ne releva cependant pas cette interrogation (Gabriel : « *ben maître il y en a dans les minéraux N, P et K de l'azote.* »), et précisa à l'ensemble des groupes de travail de la classe que l'investigation ici menée prendrait la forme d'une documentation, et non d'une expérimentation / observation, et où l'on annoncera d'emblée que les feuilles des plantes vertes sont des usines. Plus précisément, proposerons-nous deux dessins et / ou schémas aux titres évocateurs, avec :

d'abord, un aliment invisible est puisé dans l'air (figure 6-9) ;

ensuite, le fonctionnement de l'usine “feuille verte” (figure 6-10).

Figure 6-9. Document de travail : un aliment invisible est puisé dans l'air

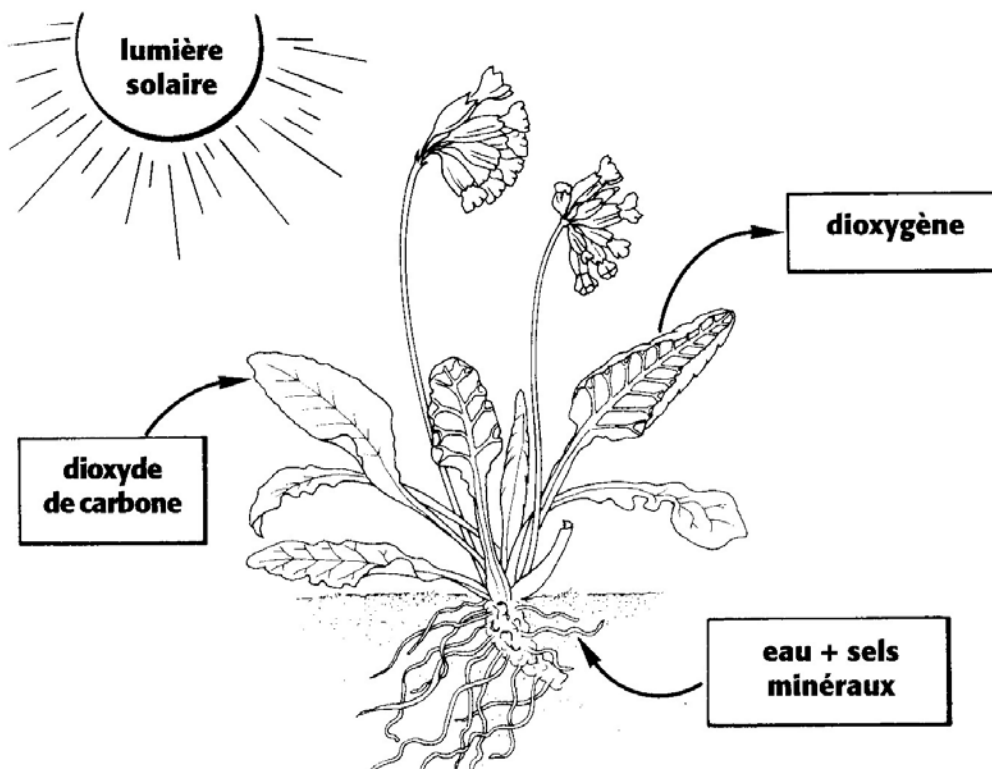
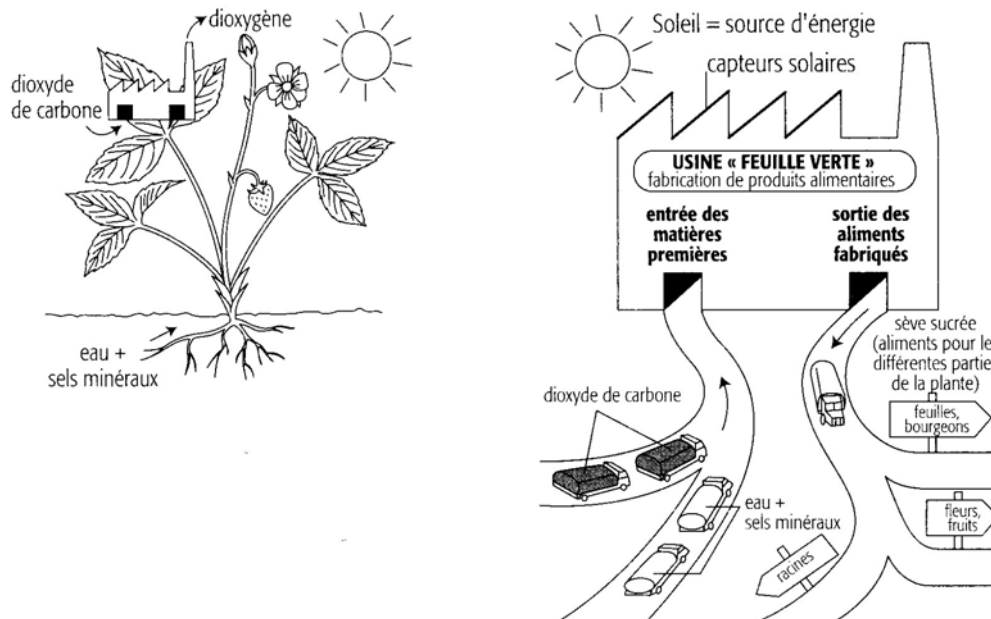


Figure 6-10. Document de travail : le fonctionnement de l'usine "feuille verte"



C'est alors que, avant la mise au travail de l'ensemble des groupes de travail de la classe, seront explicités quelques points pouvant porter à ambiguïté, à savoir :

la définition du dioxygène³⁸⁸ qui, en dehors de la nomenclature de l'UICPA, est plus communément appelé oxygène (moléculaire) (Baptiste : « *le dioxygène nous on va appeler ça l'oxygène.* ») ;

la définition du dioxyde de carbone³⁸⁹ qui, en dehors de la nomenclature de l'UICPA, est plus communément appelé gaz carbonique³⁹⁰ ;

la compréhension du sens des flèches ;

la définition³⁹¹ du verbe "puiser" ;

la définition du dessin, vis-à-vis de la définition du schéma, avec l'usine "feuille verte".

Nota bene : en vue d'apporter des réponses réfléchies aux questions posées, l'enseignant s'attache ici à souligner l'importance de la prise en compte des deux dessins et / ou schémas

388 Qui, dans les conditions normales de température et de pression, est un gaz incolore, inodore, et insipide.

389 Qui, dans les conditions normales de température et de pression, est un gaz incolore, inodore, et à la saveur piquante.

390 Voire anhydride carbonique.

391 À la demande de Maxime.

proposés (Charley : « *tout est écrit.* »).

C'est ainsi que nous pouvons présenter le schéma explicatif de chaque groupe de travail au sujet des feuilles des plantes vertes qui, et nous ne le savions pas encore, sont des usines (tableau 6-7).

Tableau 6-7. Les feuilles des plantes vertes sont des usines : schéma explicatif de chaque groupe de travail

| |
|---|
| <p>Schéma explicatif du groupe 1</p> <p>Prélèvement d'eau et de sels minéraux dans le sol, par les racines, et de CO₂ et d'O₂ dans l'air, par les feuilles.</p> <p>De l'O₂ est produit par l'usine "feuille verte". Les aliments sont prélevés dans le sol (eau + sels minéraux). Besoin de Soleil : source d'énergie et capteurs solaires.</p> |
| <p>Schéma explicatif du groupe 2</p> <p>Prélèvement de sels minéraux dans le sol, par les racines, et d'O₂ dans l'air, par les feuilles.</p> <p>L'eau, les sels minéraux et le CO₂ sont apportés à l'usine "feuille verte". Les aliments sont prélevés dans le sol (sels minéraux). Besoin de capteurs solaires.</p> |
| <p>Schéma explicatif du groupe 3</p> <p>Prélèvement d'eau et de sels minéraux dans le sol, par les racines, et de CO₂ et d'O₂ dans l'air, par les feuilles.</p> <p>L'eau, les sels minéraux et le CO₂ se mélangent dans l'usine "feuille verte". Les aliments sont prélevés dans le sol et dans l'air. Besoin de Soleil.</p> |
| <p>Schéma explicatif du groupe 4</p> <p>Prélèvement d'eau et de sels minéraux dans le sol, par les racines, et de CO₂ et d'O₂ dans l'air, par les feuilles.</p> <p>L'eau, les sels minéraux et le CO₂ se transforment (en sève sucrée) dans l'usine "feuille verte". Les aliments sont prélevés dans le sol (eau + sels minéraux) et dans l'air (CO₂ + O₂). Besoin de Soleil : source d'énergie et capteurs solaires.</p> |
| <p>Schéma explicatif du groupe 5</p> <p>Prélèvement d'eau et de sels minéraux dans le sol, par les racines, et de CO₂ et d'O₂ dans l'air, par les feuilles.</p> <p>L'eau et les sels minéraux deviennent de la sève sucrée dans l'usine "feuille verte". Les aliments sont prélevés dans le sol ; grâce à la sève sucrée. Besoin de Soleil : source d'énergie.</p> |

Globalement, et des réponses apportées aux questions posées, pouvons-nous mettre en exergue un certain nombre de difficultés, avec :

pour tous les groupes, une difficulté à lire les échanges gazeux, lorsqu'il est affirmé que, pour se nourrir, les plantes chlorophylliennes puisent de l'O₂ dans l'air, par leurs feuilles ;

pour les groupes 1, 2 et 5, une difficulté à mettre en relation les différents documents de travail (figure 6-9 ; figure 6-10), lorsque ne sont pas apportées les mêmes réponses concernant la question des aliments. Ainsi et pour exemple, si le groupe 1 affirme dans un premier temps que, pour se nourrir, les plantes chlorophylliennes puisent de l'eau et des sels minéraux dans le sol, par leurs racines, et du CO₂ et de l'O₂ dans l'air, par leurs feuilles, il affirmera dans un second temps que le fraisier puise ses aliments³⁹² dans le sol, par ses racines. Sans doute retrouvons-nous ici le mythe de la terre nourricière, décrit ci-avant ;

pour les groupes 1 et 4, une difficulté à distinguer la source d'énergie des capteurs solaires.

En revanche, et portant sur la comparaison de la feuille d'une plante verte à une usine, retrouvons-nous diverses idées explicatives d'intérêt croissant, avec :

une centration sur la question des échanges gazeux (groupe 1) ;

une centration sur les matières premières (groupes 2 et 3) ;

une mise en relation entre les matières premières et les aliments fabriqués (groupes 4 et 5).

4.6.2. Second temps de la séance

À l'image de la démarche d'investigation qui, à l'issue de l'investigation conduite par les apprenants, pense et laisse place à l'acquisition et la structuration des connaissances (tableau 2-2 ; d'après Lhoste, 2007), nous souhaitons et sur le temps d'une même séance voir apparaître de tels moments structurants, et pour ainsi nous inscrire pleinement dans le modèle d'"investigation-structuration" : passés le temps du tâtonnement et de la recherche, nous sommes bel et bien là dans le temps de la synthèse ou, plus justement, d'une nécessaire articulation de différents concepts scientifiques. Ne délaissant en rien notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation, la gestion même de ce moment structurant s'opéra par le biais d'une centration portant sur une partie de la schématisation possible de l'"espace

³⁹² En cela l'eau et les sels minéraux.

contraintes et nécessités” de la classe de CM1 / CM2 (figure 6-11), centration notamment organisée autour de la nécessité d'une absorption (*via* les parties aériennes ? les parties souterraines ?) de la matière prélevée, comme de la nécessité d'une transformation (*via* un organe) de la matière prélevée.

Figure 6-11. Macrostructure du débat scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale : centration portant sur une partie de la schématisation possible de l'“espace contraintes et nécessités” de la classe de CM1 / CM2



- | | |
|---|--|
| contrainte sur l'empirique | nécessité sur l'empirique |
| contrainte sur le modèle [ou les modèles] | nécessité sur le modèle [ou les modèles] |

Suite au premier temps de la séance, l'ensemble des groupes de travail de la classe a accouché d'une explication que l'on espère scientifique et qui résumerait le savoir nouvellement acquis, voire la recherche de l'explication en jeu ; c'est donc à l'appui de celle-ci que l'enseignant, dans une logique argumentative, entame auprès de chaque groupe le travail de la nécessité d'une absorption (*via* les parties aériennes ? les parties souterraines ?) de la matière prélevée, comme le travail de la nécessité d'une transformation (*via* un organe) de la matière prélevée et, en définitive, le travail de la justification de l'explication en jeu (tableau 4-5). C'est alors que, pour chaque groupe de travail, nous présentons ci-après la formalisation des activités langagières en jeu (figure 6-12 ; figure 6-13 ; figure 6-14 ; figure 6-15 ; figure 6-16).

Figure 6-12. Formalisation des activités langagières en jeu pour le groupe 1

Groupe 1 : Charly, Clémentine, Margaux

Enseignant : pour grandir, que prélève la Plante dans son environnement ?
Des sels minéraux.

Enseignant : oui ; par quoi ?
Par ses racines.

Enseignant : oui ; à quel niveau ?
Au niveau souterrain.

Enseignant : oui ; que prélève-t-elle d'autre comme matière ?
De l'eau.

Enseignant : oui ; par quoi ?
Par ses racines.

Enseignant : oui ; à quel niveau ?
Au niveau souterrain.

Enseignant : oui ; que prélève-t-elle d'autre comme matière ?
De l'O₂.

Enseignant : le prélève-t-elle ?
Non ; elle le rejette.

Enseignant : bien ; comment le voit-on ?
Grâce au sens de la flèche qui va vers l'extérieur.

Enseignant : oui ; que prélève-t-elle d'autre comme matière ?
Du CO₂.

Enseignant : oui ; par quoi ?
Par ses feuilles.

Enseignant : oui ; à quel niveau ?
Au niveau aérien.

Enseignant : oui ; sous quelle forme est le CO₂ ?
Sous forme gazeuse.

Enseignant : oui.

Pour grandir, la Plante prélève donc trois matières dans son environnement : du CO₂ au niveau aérien, par ses feuilles, de l'eau et des sels minéraux au niveau souterrain, par ses racines ; et elle rejette de l'O₂ au niveau aérien, par ses feuilles.

Enseignant : pourquoi peut-on dire que la feuille de la Plante est une usine ?
Parce qu'elle travaille comme une usine.

Enseignant : oui ; mais que travaille-t-elle comme une usine ?
Elle rejette des choses.

Enseignant : oui ; que rejette-t-elle ?
De l'O₂.

Enseignant : oui ; à quel niveau ?
Au niveau de la cheminée.

Enseignant : oui ; que fait-elle d'autre comme une usine ?
Elle fabrique des choses.

Enseignant : oui ; que fabrique-t-elle ?
Des fraises.

Enseignant : non ; que fabrique-t-elle ?
Des aliments fabriqués.

Enseignant : oui ; quels sont ces aliments fabriqués ?
Des (feuilles /) bourgeons.
Des sels minéraux.

Enseignant : non ; les fabrique-t-elle ?
Non ; elle les prélève.

Enseignant : bien ; le CO₂, prélevé au niveau aérien, l'eau et les sels minéraux, prélevés au niveau souterrain, les fabrique-t-elle alors ?
Non ; elle les prélève.

1/2

Groupe 1 : Charly, Clémentine, Margaux

Enseignant : bien ; lors de la préparation de la soupe, fabrique-t-on les légumes ?

Non ; on les prélève.

Enseignant : bien ; que fabrique-t-elle alors ?

Des fraises.

Enseignant : non ; c'est écrit.

Des feuilles (/ bourgeons).

Enseignant : non ; c'est écrit.

Du CO₂.

Enseignant : non ; montrez-moi l'entrée des matières premières et la sortie des aliments fabriqués : que lit-on à la sortie des aliments fabriqués ?

Sève sucrée.

Enseignant : oui ; la feuille de la Plante est donc une usine parce qu'elle fabrique de la sève sucrée, c'est-à-dire des sucres. Où la sève sucrée va-t-elle ?

Vers les différentes parties de la Plante.

Enseignant : oui ; et finalement ?

Vers les racines.

Enseignant : oui ; mais encore ?

Vers les fleurs / fruits.

Enseignant : oui ; mais encore ?

Vers les feuilles / bourgeons.

Enseignant : oui ; de quoi la feuille de la Plante a-t-elle besoin pour fonctionner ?

De lumière (solaire).

Enseignant : oui ; et finalement ?

De Soleil.

Enseignant : oui ; à quoi correspond-il ?

À la source d'énergie.

Enseignant : oui ; est-il une simple aide ou est-il indispensable ?

Il est indispensable (Clémentine & Margaux).

Il est une simple aide (Charly).

Enseignant : non ; en absence de Soleil, comment réagirait une Plante à qui l'on donnerait du CO₂, de l'eau et des sels minéraux ?

Elle mourrait.

Enseignant : oui ; comme une Plante meurt en absence de Soleil (et en présence de CO₂, d'eau et de sels minéraux), est-il alors une simple aide ou est-il indispensable ?

Il est une simple aide (Charly).

Il est indispensable (Clémentine & Margaux).



Enseignant : oui ; et la nuit ?

La feuille de la Plante ne fonctionne pas.

Enseignant : oui ; et le jour ?

La feuille de la Plante fonctionne.

Enseignant : oui.

C'est pour cette raison que la Plante grandit le jour, et non la nuit ?

Enseignant : oui ; bien que...

Figure 6-13. Formalisation des activités langagières en jeu pour le groupe 2

Groupe 2 : Alexis, Aude, Charley, Énora

Enseignant : pour grandir, que prélève la Plante dans son environnement ?

Des sels minéraux.

Enseignant : oui ; à quel niveau ?

Au niveau souterrain.

Enseignant : oui ; par quoi ?

Par ses racines.

Enseignant : oui ; que prélève-t-elle d'autre comme matière ?

De l'eau.

Enseignant : oui ; à quel niveau ?

Au niveau souterrain.

Enseignant : oui ; par quoi ?

Par ses racines.

Enseignant : oui ; que prélève-t-elle d'autre comme matière ?

De l'O₂.

Enseignant : le prélève-t-elle ?

Non ; elle le rejette.

Enseignant : bien ; comment le voit-on ?

Grâce au sens de la flèche qui va vers l'extérieur.

Enseignant : oui ; que prélève-t-elle d'autre comme matière ?

Du CO₂.

Enseignant : oui ; sous quelle forme est-il ?

Sous forme d'air.

Enseignant : oui ; et finalement ?

Sous forme gazeuse.

Enseignant : oui ; au niveau souterrain ?

Non ; au niveau aérien.

Enseignant : bien ; par ses racines ?

Non ; par ses feuilles.

Enseignant : bien.

Pour grandir, la Plante prélève donc trois matières dans son environnement : du CO₂ au niveau aérien, par ses feuilles, de l'eau et des sels minéraux au niveau souterrain, par ses racines ; et elle rejette de l'O₂ au niveau aérien, par ses feuilles.

Enseignant : pourquoi peut-on dire que la feuille de la Plante est une usine ?

Parce qu'elle fait comme une usine.

Enseignant : oui ; mais que fait-elle comme une usine ?

Elle prend des choses et elle donne des choses.

Enseignant : oui ; que prend-elle ?

De l'O₂.

Enseignant : non ; l'O₂ est rejeté.

Du CO₂, de l'eau et des sels minéraux.

Enseignant : oui ; qu'en fait-elle ?

Elle les prélève.

Enseignant : oui ; mais qu'en fait-elle ?

De la sève sucrée.

Enseignant : oui ; que fabrique-t-elle alors ?

De la sève sucrée.

Enseignant : oui ; la feuille de la Plante est donc une usine parce qu'elle fabrique de la sève sucrée. Elle prend des choses et elle donne des choses...

... comme une usine de chocolats.

Enseignant : oui ; que prend-elle ?

Du cacao et du sucre.

Groupe 2 : Alexis, Aude, Charley, Énora

Enseignant : oui ; que donne-t-elle ?

Du chocolat.

Enseignant : oui ; la feuille de la Plante est donc une usine parce qu'elle fabrique de la sève sucrée (et non du chocolat), c'est-à-dire des sucres, à partir du CO₂, de l'eau et des sels minéraux (et non du cacao et du sucre). Où la sève sucrée va-t-elle ?

Dans l'air.

Enseignant : non ; où la sève sucrée va-t-elle ?

Vers les fruits.

Enseignant : oui ; mais encore ?

Vers les fleurs.

Enseignant : oui ; mais encore ?

Vers les feuilles.

Enseignant : oui ; mais encore ?

Vers les bourgeons.

Enseignant : oui ; mais encore ?

Vers les racines.

Enseignant : oui ; et finalement ?

Vers les différentes parties de la Plante.

Enseignant : oui ; la feuille de la Plante est donc une usine parce qu'elle fabrique de la sève sucrée, c'est-à-dire des sucres. À partir de quoi ?

Du CO₂, de l'eau et des sels minéraux.

Enseignant : oui ; où l'O₂ est-il rejeté ?

Dans l'air.

Enseignant : oui ; mais au niveau des feuilles / bourgeons ?

Non.

Enseignant : bien ; au niveau des fleurs / fruits ?

Non.

Enseignant : bien ; au niveau des racines ?

Non.

Enseignant : bien ; où l'O₂ est-il rejeté ?

Dans l'air.

Enseignant : oui ; mais à quel niveau ?

Au niveau de la cheminée.

Enseignant : oui ; de quoi la feuille de la Plante a-t-elle besoin pour fonctionner ?

De capteurs solaires.

Enseignant : oui ; et finalement ?

De Soleil.

Enseignant : oui ; à quoi correspond-il ?

À la source d'énergie.

Enseignant : oui ; est-il une simple aide ou est-il indispensable ?

Il est indispensable.

Il est une simple aide.

Enseignant : non ; en absence de Soleil, la feuille de la Plante peut-elle fonctionner ?

Non.

Enseignant : bien ; pourquoi ?

Parce qu'il n'y a plus de lumière (solaire).

Enseignant : oui ; mais encore ?

Parce qu'il n'y a plus de source d'énergie.

Groupe 2 : Alexis, Aude, Charley, Énora

Enseignant : oui ; comme la feuille de la Plante ne peut pas fonctionner en absence de Soleil (et en présence de CO₂, d'eau et de sels minéraux), est-il alors une simple aide ou est-il indispensable ?

Il est indispensable.

Enseignant : oui ; et la nuit ?

La feuille de la Plante ne fonctionne pas.

Enseignant : oui ; et le jour ?

La feuille de la Plante fonctionne.

Enseignant : oui.

Et quand il pleut pendant une semaine ?

Enseignant : oui ; réfléchissez : peut-on dire que le Soleil est présent quand il est caché par les nuages ?

Oui.

Enseignant : bien ; la feuille de la Plante peut-elle alors fonctionner ?

Moins que quand le Soleil n'est pas caché par les nuages.

Enseignant : oui ; mais la feuille de la Plante peut-elle alors fonctionner ?

Oui.

Enseignant : bien ; le Soleil, est-ce de l'énergie ou est-ce de la matière que l'on rajoute dans la sève sucrée ?

C'est de l'énergie.

C'est de la matière que l'on rajoute dans la sève sucrée.

Enseignant : non ; quelle est la source d'énergie lors de la préparation de la soupe ?

Le gaz.

Enseignant : oui ; le rajoute-t-on dans la soupe ?

Non.

Enseignant : bien ; le Soleil, le rajoute-t-on alors dans la sève sucrée ?

Non ; parce que c'est la source d'énergie, comme pour nous.

Enseignant : bien ; bien que...

Figure 6-14. Formalisation des activités langagières en jeu pour le groupe 3

Groupe 3 : Marceau, Maxime, Tim

Enseignant : pour grandir, que prélève la Plante dans son environnement ?
De l'eau.

Enseignant : oui ; à quel niveau ?
Par ses racines, au niveau souterrain.

Enseignant : oui ; que prélève-t-elle d'autre comme matière ?
Des sels minéraux.

Enseignant : oui ; à quel niveau ?
Par ses racines, au niveau souterrain.

Enseignant : oui ; que prélève-t-elle d'autre comme matière ?
Du CO₂.

Enseignant : oui ; au niveau souterrain ?
Non ; au niveau aérien.

Enseignant : bien ; par ses racines ?
Non ; par ses feuilles.

Enseignant : bien ; le CO₂ correspond-il bien à de la matière ?
Oui.

Enseignant : bien ; sous quelle forme est-il ?
Sous forme gazeuse.

Enseignant : oui ; la Plante prélève-t-elle autre chose dans son environnement ?
Oui ; de l'O₂.

Enseignant : le prélève-t-elle ?
Non ; elle le rejette.

Enseignant : bien ; comment le voit-on ?
Grâce au sens de la flèche qui va vers l'extérieur.

Enseignant : oui.

Pour grandir, la Plante prélève donc trois matières dans son environnement : du CO₂ au niveau aérien, par ses feuilles, de l'eau et des sels minéraux au niveau souterrain, par ses racines.

Enseignant : pourquoi peut-on dire que la feuille de la Plante est une usine ?
Parce qu'elle mélange le CO₂, l'eau et les sels minéraux pour donner de la sève sucrée.

Enseignant : oui ; mais s'agit-il seulement d'un mélange ?
Oui ; parce que la fraise est sucrée.

Enseignant : bien ; mais s'agit-il seulement d'un mélange ?
Non ; peut-être d'un passage.
Non ; plutôt d'une fabrication.

Enseignant : bien ; que fabrique la feuille de la Plante ?
De la sève sucrée.

Enseignant : oui ; la feuille de la Plante est donc une usine parce qu'elle fabrique de la sève sucrée, c'est-à-dire des sucres. À partir de quoi ?
Du CO₂, de l'eau et des sels minéraux.

Enseignant : oui ; la feuille de la Plante est donc une usine parce qu'elle transforme du CO₂, de l'eau et des sels minéraux pour donner de la sève sucrée. Que rejette-t-elle lors de la fabrication de la sève sucrée ?
De l'O₂.

Enseignant : oui ; à quel niveau ?
Au niveau de la sortie des aliments fabriqués.
Au niveau de la cheminée.

Enseignant : oui ; pourquoi ?
Parce que la sortie des aliments fabriqués mène aux feuilles / bourgeons, aux fleurs / fruits, et aux racines.

Enseignant : oui ; où l'O₂ est-il rejeté ?
Dans l'air.

1/2

Groupe 3 : Marceau, Maxime, Tim

Enseignant : oui ; mais à quel niveau ?

Au niveau de la cheminée.

Enseignant : oui ; de quoi la feuille de la Plante a-t-elle besoin pour fonctionner ?

De lumière (solaire).

Enseignant : oui ; et finalement ?

De Soleil.

Enseignant : oui ; à quoi sert-il ? Le rajoute-t-on dans la sève sucrée ?

Non ; à chauffer.

Enseignant : bien ; mais encore ?

À transformer.

À fabriquer.

Enseignant : oui ; est-il une simple aide ou est-il indispensable ?

Il est une simple aide.

Enseignant : non ; à quoi correspond-il ?

Aux capteurs solaires.

À la source d'énergie.

Enseignant : oui ; en plus de légumes, de quoi a-t-on besoin (d'un point de vue énergétique) lors de la préparation de la soupe ?

Du mixeur.

Enseignant : non ; c'est pour la chauffer, la transformer, la fabriquer.

De la chaleur.

Enseignant : oui ; grâce à quoi ?

Au gaz, à l'électricité.

Enseignant : oui ; le Soleil, est-il alors une simple aide ou est-il indispensable ?

Il est une simple aide.

Il est indispensable.

Enseignant : oui ; pourquoi ?

Parce que la feuille de la Plante ne fonctionne pas la nuit.

Enseignant : oui ; et le jour ?

La feuille de la Plante fonctionne, et fabrique de la sève sucrée.

Enseignant : oui ; comme la feuille de la Plante a besoin de Soleil pour fonctionner, est-il alors une simple aide ou est-il indispensable ?

Il est indispensable.

Enseignant : oui ; en absence de Soleil, comment réagirait alors une Plante à qui l'on donnerait du CO₂, de l'eau et des sels minéraux ?

Elle mourrait.

Enseignant : oui ; comme une Plante meurt en absence de Soleil (et en présence de CO₂, d'eau et de sels minéraux), est-il alors une simple aide ou est-il indispensable ?

Il est indispensable.

Enseignant : oui.

Figure 6-15. Formalisation des activités langagières en jeu pour le groupe 4

Groupe 4 : Lisa, Louna (absente), Nora, Romane

Enseignant : pour grandir, que prélève la Plante dans son environnement ?

*De l'eau et des sels minéraux.
Du CO₂ et de l'O₂.*

Enseignant : oui et non ; prélève-t-elle du CO₂ ?

Oui.

Enseignant : bien ; comment le voit-on ?

Grâce au sens de la flèche qui va vers l'intérieur.

Enseignant : oui ; à quel niveau ?

Par ses feuilles, au niveau aérien.

Enseignant : oui ; prélève-t-elle de l'O₂ ?

Non.

Enseignant : bien ; comment le voit-on ?

Grâce au sens de la flèche qui va vers l'extérieur.

Enseignant : oui ; sous quelle forme est le CO₂ ?

Sous forme gazeuse.

Enseignant : oui ; que prélève-t-elle d'autre comme matières ?

De l'eau et des sels minéraux.

Enseignant : oui ; à quel niveau ?

Par ses racines, au niveau souterrain.

Enseignant : oui.

Pour grandir, la Plante prélève donc trois matières dans son environnement : du CO₂ au niveau aérien, par ses feuilles, de l'eau et des sels minéraux au niveau souterrain, par ses racines.

Enseignant : pourquoi peut-on dire que la feuille de la Plante est une usine ?

Parce qu'elle transforme le CO₂, l'eau et les sels minéraux pour donner de la sève sucrée.

Enseignant : oui ; la feuille de la Plante est donc une usine parce qu'elle fabrique de la sève sucrée, c'est-à-dire des sucres. Plus précisément, la feuille de la Plante est donc une usine parce qu'elle transforme du CO₂, de l'eau et des sels minéraux pour donner de la sève sucrée. Où l'O₂ est-il rejeté ?

Dans l'air.

Enseignant : oui ; mais à quel niveau ?

Au niveau de la cheminée.

Enseignant : oui ; où la sève sucrée va-t-elle ?

Vers les racines.

Enseignant : oui ; mais encore ?

Vers les fleurs / fruits.

Enseignant : oui ; mais encore ?

Vers les feuilles / bourgeons.

Enseignant : oui ; et finalement ?

Vers les différentes parties de la Plante.

Enseignant : oui ; le Soleil, est-il une simple aide (comme cela a pu être dit sur le temps du débat scientifique) ou est-il indispensable ?

Le Soleil est une source d'énergie, de capteurs solaires.

Enseignant : oui ; mais est-il une simple aide (comme cela a pu être dit sur le temps du débat scientifique) ou est-il indispensable ?

Il arrive qu'il soit caché par les nuages, et pourtant, l'herbe pousse dans les champs.

Enseignant : oui ; mais peut-on dire qu'il est absent quand il est caché par les nuages ?

Non.

Enseignant : bien ; sommes-nous dans le noir complet, l'obscurité totale quand il est caché par les nuages ?

Non.

Enseignant : bien ; peut-on dire alors qu'il est présent quand il est caché par les nuages ?

Oui.

Groupe 4 : Lisa, Louna (absente), Nora, Romane

Enseignant : bien ; peut-on dire alors qu'il puisse servir de source d'énergie quand il est caché par les nuages ?

Moins que quand il n'est pas caché par les nuages.

Enseignant : oui ; mais peut-on dire alors qu'il puisse servir de source d'énergie quand il est caché par les nuages ?

Oui.

Enseignant : bien ; en plus de légumes, de quoi a-t-on besoin lors de la préparation de la soupe ?

Du gaz.

Enseignant : oui ; à quoi sert-il ?

À chauffer.

Enseignant : oui ; à quoi correspond-il ?

À la source d'énergie.

Enseignant : oui ; la source d'énergie, ou autrement dit le gaz est-il indispensable lors de la préparation de la soupe ?

Oui.

Enseignant : bien ; la source d'énergie est-elle alors indispensable lors de la fabrication de la sève sucrée ?

Oui.

Enseignant : bien ; le Soleil est-il alors indispensable lors de la fabrication de la sève sucrée ?

Oui.

Enseignant : bien.

Figure 6-16. Formalisation des activités langagières en jeu pour le groupe 5

Groupe 5 : Baptiste, Dan, Gabriel, Lorenzo, Malo

Enseignant : pour grandir, que prélève la Plante dans son environnement ?
Des sels minéraux.
Du Soleil.

Enseignant : oui et non ; prélève-t-elle du Soleil ?
Non.

Enseignant : bien ; à quoi sert-il ?
À faire grandir la Plante.

Enseignant : oui ; à quoi correspond-il ?
À la source d'énergie, pour le prélèvement de l'eau et des sels minéraux par les racines.

Enseignant : non ; à quoi correspond-il ?
À la source d'énergie, pour la transformation de l'eau et des sels minéraux en sève sucrée.

Enseignant : oui et non ; regardez l'entrée des matières premières : uniquement de l'eau et des sels minéraux ?
Non ; du CO₂, de l'eau et des sels minéraux.

Enseignant : bien ; le Soleil, le rajoute-t-on dans la sève sucrée ?
Non.

Enseignant : bien ; de quoi a-t-on besoin lors de la préparation de la soupe ?
De légumes.

Enseignant : oui ; a-t-on besoin d'une source d'énergie lors de la préparation de la soupe ?
Non.
Oui ; du gaz.

Enseignant : bien ; à quoi sert-il ?
À chauffer.

Enseignant : oui ; le rajoute-t-on dans la soupe ?
Non.

Enseignant : bien ; la feuille de la Plante est donc une usine parce qu'elle transforme, grâce au Soleil qui correspond à une source d'énergie, du CO₂, de l'eau et des sels minéraux pour donner de la sève sucrée. Le Soleil, est-ce alors de la matière que la Plante prélève ?
Non.

Enseignant : bien ; le Soleil, est-il alors une simple aide ou est-il indispensable ?
Il est une simple aide (Dan).
Il est indispensable parce qu'une Plante meurt en absence de Soleil (et en présence de CO₂, d'eau et de sels minéraux) (Baptiste, Gabriel, Lorenzo & Malo).

Enseignant : oui ; pourquoi ?
Parce que le Soleil correspond à une source d'énergie qui permet la transformation du CO₂, de l'eau et des sels minéraux en sève sucrée.

Enseignant : oui ; pour grandir, que prélève la Plante dans son environnement ?
Des sels minéraux.

Enseignant : oui ; par quoi ?
Par ses racines.

Enseignant : oui ; à quel niveau ?
Au niveau souterrain.

Enseignant : oui ; que prélève-t-elle d'autre comme matière ?
Du CO₂, par ses feuilles, au niveau aérien.

Enseignant : oui ; que prélève-t-elle d'autre comme matière ?
De l'O₂, par ses feuilles, au niveau aérien.

Enseignant : le prélève-t-elle par ses feuilles ?
Non ; par ses racines.

Enseignant : le prélève-t-elle ?
Non ; elle le rejette.

1/3

Groupe 5 : Baptiste, Dan, Gabriel, Lorenzo, Malo

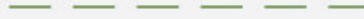
Enseignant : bien ; comment le voit-on ?

Grâce au sens de la flèche qui va vers l'extérieur.

Enseignant : oui ; que prélève-t-elle d'autre comme matière ?

De l'eau (Baptiste, Dan, Gabriel & Lorenzo).

De l'azote (Malo).



Enseignant : non ; ce n'est pas écrit.

De l'eau.

Enseignant : oui ; par quoi ?

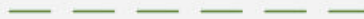
Par ses racines.

Enseignant : oui ; à quel niveau ?

Au niveau souterrain.

Enseignant : oui.

Pour grandir, la Plante prélève donc trois matières dans son environnement : du CO₂ au niveau aérien, par ses feuilles, de l'eau et des sels minéraux au niveau souterrain, par ses racines ; et elle rejette de l'O₂ au niveau aérien, par ses feuilles.



Enseignant : pourquoi peut-on dire que la feuille de la Plante est une usine ?

Parce qu'elle fonctionne comme une usine.

Parce qu'elle transforme le CO₂, l'eau et les sels minéraux pour donner de la sève sucrée.

Enseignant : oui ; la feuille de la Plante est donc une usine parce qu'elle transforme du CO₂, de l'eau et des sels minéraux pour donner de la sève sucrée. Plus simplement, la feuille de la Plante est donc une usine parce qu'elle fabrique de la sève sucrée, c'est-à-dire des sucres.

C'est pour cette raison que l'abricot est sucré ?

Enseignant : oui ; regardez la sortie des aliments fabriqués : où la sève sucrée va-t-elle ?

Vers les fruits.

Enseignant : oui ; mais encore ?

Vers les racines.

Enseignant : oui ; mais encore ?

Vers les fleurs.

Enseignant : oui ; mais encore ?

Vers les feuilles.

Enseignant : oui ; mais encore ?

Vers les bourgeons.

Enseignant : oui ; et finalement ?

Vers les différentes parties de la Plante.

Enseignant : oui ; où l'O₂ est-il rejeté ?

Au niveau de la sortie des aliments fabriqués.

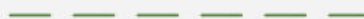
Enseignant : non ; parce que la sortie des aliments fabriqués mène aux feuilles / bourgeons, aux fleurs / fruits, et aux racines.

Dans l'air.

Enseignant : oui ; mais à quel niveau ?

Au niveau de la cheminée.

Enseignant : oui.



Groupe 5 : Baptiste, Dan, Gabriel, Lorenzo, Malo

Explication du contenu des épisodes non transcrits

Épisode 1 : intervention de Dan

Une première confusion d'abord, au sujet de l'obscurité, quand elle peut être totale, ou seulement partielle. Une seconde confusion ensuite, quand l'absence de Soleil peut être envisagée comme continue, ou seulement discontinue. Si, malgré notre démonstration, le Soleil peut rester ici entrevu comme une simple aide à la Plante, c'est en raison de sa présence, discontinue on le sait, tout au long de la journée : ainsi, et de par un raisonnement purement anthropomorphique, la Plante dort-elle sur le temps de la nuit...

Épisode 2 : intervention de tous les apprenants

La forte présence de l'azote au niveau de l'air (voir pour cela l'intervention de Gabriel), empêche de voir la faible présence de l'azote au niveau du sol, et que l'on retrouve d'ailleurs dans les engrais "chimiques" (voir pour cela l'intervention de Baptiste) ; l'absorption de l'azote, comme le rappelle l'enseignant, se retrouve bel et bien dans l'absorption des sels minéraux.

Remarquons encore que Baptiste et Gabriel parlent respectivement du gaz carbonique de l'air et du sol pour, en fait, parler de l'azote...

Épisode 3 : intervention de Baptiste

Le rejet de l'oxygène (qui est présenté comme un gaz par l'enseignant) n'est pas, comme le rappelle l'enseignant, à mettre au même plan que le rejet de la vapeur d'eau (qui n'est malheureusement pas présentée comme un gaz par l'enseignant) : ainsi, l'oxygène n'est-il pas situé au sein même de la vapeur d'eau.

Épisode 4 : intervention de Malo

Le rejet de l'azote lors de la respiration (animale) n'est pas, comme le rappelle l'enseignant, à mettre au même plan que le rejet de l'oxygène lors de la photosynthèse (végétale) : en effet, l'oxygène est un produit de la photosynthèse, il est fabriqué, et ce à la différence de l'azote pour la respiration. Tel un déchet (voir pour cela l'intervention de Baptiste), pour les végétaux mais pas pour les animaux (voir pour cela l'intervention de Gabriel), l'oxygène est cependant rejeté.

Paradoxalement, le groupe 5 connut tout autant de difficultés que le groupe 1 à travailler les différentes nécessités sur le modèle [ou les modèles] décrites ci-avant, de notre point de vue par excès de connaissances (savoirs) à rectifier, et quand le groupe 1 manquait cruellement de quelques capacités (savoir-faire) à raisonner.

Plus que de réellement travailler le caractère apodictique de ces nécessités sur le modèle [ou les modèles], s'agit-il ici plus justement de les préciser l'une et l'autre. Sont-ce les parties aériennes et / ou les parties souterraines qui sont impliquées dans l'absorption de la matière prélevée ? Quel est l'organe impliqué dans la transformation de la matière prélevée ? Pour le reste, et nous avons déjà pu le discuter, si la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de l'absorption est bel et bien ici construite³⁹³, car à la portée de nos jeunes apprenants, il en est de tout autre façon quant à celle de la transformation, pourtant fondamentale, et lorsque la matière inorganique, car minérale, se voit transformée en matière organique, car vivante : tout au plus pouvait-elle, sur le temps du débat scientifique, être établie de par l'analogie avec le cas de la nutrition animale (circulation & digestion & respiration), et l'on discutera plus amplement ci-après de, malgré tout, la mise au travail effective d'une telle nécessité sur le modèle [ou les modèles]. Enfin, et clôturant ce moment structurant, demandions-nous à chaque groupe de travail de la classe la conception de l'investigation à réaliser pour valider et, le cas échéant, invalider l'hypothèse de travail suivante : l'absence de lumière (solaire) impacte la croissance et le développement de la plante.

Nota bene : systématiquement, et de rigoureuse façon, l'enseignant aida chaque groupe de travail de la classe à assimiler aux sucres la sève sucrée dont il était ici question.

³⁹³ Car induite de la façon qui suit : une première contrainte sur l'empirique (une plante (racine(s), tige(s), feuille(s) et, à la belle saison, fleur(s)) est un être vivant) amène à une seconde contrainte sur l'empirique (une plante, avec le temps, croît et se développe et, par voie de conséquence, prend de la masse et de la taille, aussi bien au niveau de ses parties aériennes que souterraines), l'une et l'autre contrainte sur l'empirique amenant à une nécessité sur l'empirique (nécessité d'une alimentation de la plante et, par voie de conséquence, d'un prélèvement de matière dans son environnement (air + terre)) ; de la mise en relation de cette dernière et de la seconde contrainte sur l'empirique, nous arrivons donc à la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de l'absorption.

4.7. Séance du mardi vingt-deux avril deux-mille-quatorze : structuration sur le besoin en CO₂ + lumière (Charly absent)

4.7.1. Premier temps de la séance

Cherchant à remobiliser l'objet du troisième temps des investigations empiriques, nous sommes-nous successivement vu proposer : le besoin d'engrais (Clémentine : « *l'engrais.* »), le besoin de sels minéraux (Clémentine : « *les minéraux.* » ; Baptiste : « *les sels minéraux.* »), le besoin de terre (Lisa : « *la terre.* »), le besoin d'azote (Gabriel : « *l'azote.* ») et, enfin, le besoin de gaz (Énora : « *le gaz.* »), et plus particulièrement de CO₂ (Aude : « *le gaz carbonique.* »). Une fois encore, et nous le voyons bien ici, l'ensemble de la classe peine lourdement à lier à la séance précédente la séance du jour ; la structure même de notre projet d'enseignement-apprentissage, concernant notamment le temps des investigations empiriques, ne peut donc faire l'économie de rappels réguliers. C'est alors l'occasion pour l'enseignant de faire l'état de nos investigations empiriques passées : la plante absorbe de l'eau et des sels minéraux au niveau de ses racines (Baptiste : « *l'eau et les sels minéraux.* ») (premier et deuxième temps des investigations empiriques), ainsi que du CO₂³⁹⁴ au niveau de ses feuilles / tiges (Dan : « *le gaz carbonique.* ») (troisième temps des investigations empiriques), le tout en vue de fabriquer de la sève sucrée (Baptiste : « *à partir de ces trois matières la plante va fabriquer de la sève sucrée...* »). Seulement, et telles des usines (Baptiste : « *... donc on pourrait dire que la feuille c'est comme une usine.* »), les feuilles des plantes vertes qui, soit dit en passant, représentent le siège de la fabrication de la sève sucrée, éprouvent un besoin évident d'énergie³⁹⁵, et dont la source n'est autre que la lumière (solaire) (Margaux : « *cette usine a besoin d'énergie solaire pour fabriquer de la sève sucrée à partir de l'eau, des sels minéraux et du gaz carbonique.* »). Revenant maintenant à l'hypothèse de travail qui énonce que l'absence de lumière (solaire) impacte la croissance et le développement de la plante, l'enseignant décida de passer en revue, et pour chaque groupe de travail de la classe, les différents protocoles envisagés, avec :

pour le groupe 5, une première plante à qui l'on apporte de l'eau (et, vraisemblablement, des sels minéraux et du CO₂) mais en absence de lumière (solaire), une seconde plante à qui l'on apporte de l'eau (et, vraisemblablement, des sels minéraux et du CO₂) mais en présence de lumière (solaire). Et de leurs conséquences envisagées, à savoir que si la plante a besoin de

394 Et non seulement du gaz, comme cela a pu nous être proposé (Malo : « *ben les gaz...* »).

395 Qui, soit dit en passant, a déjà été évoquée lors du rappel des différents besoins en termes de matières (Malo : « *... mais aussi le Soleil pour l'énergie.* ») ; nous le voyons bien ici, il n'est pas toujours évident de distinguer le concept d'énergie du concept de matière.

lumière (solaire), alors la première plante ne s'en portera que moins bien³⁹⁶, avec le temps, et *vice versa* (Baptiste : « *ben la plante qui va être dans le noir elle va mourir et celle qui va être au Soleil elle va pas mourir.* ») ;

pour le groupe 4, une plante cultivée en absence de lumière (solaire). À cela devons-nous objecter que d'une part, la lumière (solaire) ne fait ici pas seulement défaut, mais également l'eau, les sels minéraux et le CO₂ (Baptiste : « *la plante elle pourrait mourir parce qu'on l'a pas arrosée.* » ; Clémentine : « *ils leur donnent pas d'eau.* »), et (surtout) que d'autre part, le témoin de l'expérience brille ici par son absence (Baptiste : « *il manque le témoin.* » ; Gabriel : « *il manque le témoin surtout.* »). C'est alors l'occasion et pour l'enseignant de rappeler avec insistance le sens même du témoin de l'expérience, à savoir un critère, un paramètre changeant, mais en toutes circonstances unique ;

pour le groupe 3, une plante à qui l'on apporte de l'eau (et, vraisemblablement, des sels minéraux et du CO₂) mais en absence de lumière (solaire). Et de sa conséquence envisagée, à savoir que si la plante a besoin de lumière (solaire), alors la plante ne s'en portera que moins bien³⁹⁷, avec le temps (Marceau : « *ben elle va faner au bout d'un certain temps.* »). À cela devons-nous encore objecter que le témoin de l'expérience brille ici par son absence (Marceau : « *le témoin.* » ; Dan : « *ben ils ont pas mis le témoin.* ») ;

pour le groupe 2, une plante cultivée en absence de lumière (solaire), comme pour le groupe 4 ;

pour le groupe 1, une plante à qui l'on apporte de l'eau et des sels minéraux (et, vraisemblablement, du CO₂) mais pour laquelle il n'est rien indiqué concernant l'absence ou la présence de lumière (solaire), si ce n'est que les feuilles se pencheraient spontanément vers le sol lors d'une faible luminosité, la nuit donc, voire le jour lorsqu'il pleut... De façon évidente, avons-nous ici-même une référence au phénomène de l'héliotropisme³⁹⁸, et où la face supérieure des feuilles du jeune plant de tournesol suivent le Soleil tout au long de la journée, de l'est vers l'ouest. Feignant, tout du moins dans un premier temps, de reconnaître qu'il s'agit du cas particulier du tournesol (Clémentine : « *les tournesols tu sais le jour ils sont ouverts et le soir ils se penchent légèrement vers le sol.* »), et assimilant à une plante qui se porte mal le

396 Et puisque ne pouvant plus assurer la fabrication de la sève sucrée, essentielle à la croissance et au développement de la plante, et comme le rappelle l'enseignant.

397 Et puisque ne pouvant plus assurer la fabrication de la sève sucrée, essentielle à la croissance et au développement de la plante.

398 Rappelons simplement que l'intérêt fonctionnel du phénomène de l'héliotropisme, ou phototropisme, est de permettre aux plantes d'accéder au meilleur ensoleillement possible, et ce pour assurer la plus grande efficacité de la photosynthèse.

fait constatable que les feuilles se penchent vers le sol, l'enseignant chercha à poser le constat de végétaux chlorophylliens qui, à l'issue de la nuit, se portent généralement pourtant bien. À l'initiative de l'enseignant, et par la voix de Malo, le groupe 5 expliqua alors que lors d'une journée, le jour fait suite à la nuit, contrairement au protocole envisagé et par ce même groupe, où l'absence de lumière (solaire) s'étale bel et bien sur une durée prolongée, et de plusieurs journées ; plus encore, et dans un raisonnement purement anthropomorphe³⁹⁹, nous parle-t-il d'une plante qui dort la nuit (et l'usine "feuille verte" ne fonctionne alors pas) et se réveille au petit jour (et l'usine "feuille verte" fonctionne alors).

À l'issue de quoi l'enseignant prit soin de présenter⁴⁰⁰ à l'ensemble des groupes de travail de la classe l'évolution⁴⁰¹ d'une plante quelconque, avec le temps, en présence et en absence de lumière (solaire), et à qui l'on apporte bien évidemment de l'eau, des sels minéraux et du CO₂ ; du résultat de l'expérimentation en jeu, constate-t-on alors une plante qui est verte dans le premier cas (Baptiste : « *le témoin il est à la lumière et il ne jaunit pas. Donc les feuilles sont en bonne santé et vertes...* »), et une plante qui est jaune⁴⁰² dans le second cas (Margaux : « *... et celle qui est dans le noir elles sont jaunes.* ») mais, comme le souligne l'enseignant, toujours en vie. Revenant au tout début de notre projet d'enseignement-apprentissage, le groupe 4, et par la voix de Louna, associa judicieusement, et comme attendu de la part de l'enseignant, la couleur verte de la plante à la présence de la chlorophylle : ainsi parle-t-on indistinctement de plantes vertes ou de végétaux chlorophylliens (Lisa : « *les plantes vertes on les a appelées les plantes chlorophylliennes.* »). C'est alors que, de l'interprétation du résultat de l'expérimentation en jeu, le groupe 2, et par la voix d'Aude, formula la conclusion espérée : c'est bel et bien à une disparition ou, plus justement, à une dégradation moléculaire de la chlorophylle que l'on doit le passage du vert au jaune de notre plante, en absence de lumière (solaire). Tout cela nous amène ainsi naturellement à notre nouveau questionnement, au travers de la question À quoi sert la chlorophylle ? De celle-ci, nous sont d'ailleurs proposées moult idées explicatives, et que sont :

une chlorophylle qui permet la vie de la plante (Énora : « *ben pour laisser vivre la*

399 En cela l'attribution de caractéristiques du comportement ou de la morphologie humaine à d'autres entités comme des dieux, des animaux, des objets, des phénomènes, voire des idées. Dans leur grille psychologique, Alemanni et al. (1980) englobent l'anthropomorphisme, au côté de l'animisme, de l'artificialisme, du finalisme... dans l'adualisme.

400 Par le biais de l'ordinateur et du vidéoprojecteur.

401 Par le biais de (deux) photographies successives.

402 Voire blanche (Maxime : « *et la tige a même blanchi.* »).

plante. »);

une chlorophylle qui permet le maintien de l'humidité de la plante (Baptiste : « *pour que la plante ne s'assèche pas.* »);

une chlorophylle qui permet le maintien de la couleur de la plante (Maxime : « *pour garder la couleur.* »);

une chlorophylle qui permet la fabrication de la sève sucrée (Alexis : « *parce que la sève sucrée s'en va. Dans le noir tout s'en va à moitié.* »);

une chlorophylle qui permet le maintien de la forme de la plante (Marceau : « *à lui donner la forme.* »);

une chlorophylle qui correspond aux capteurs solaires de l'usine "feuille verte" (Malo : « *elle sert comme panneaux solaires pour la plante pour essayer de capter la lumière, l'énergie.* »).

Nota bene : si la chlorophylle correspond effectivement aux capteurs solaires de l'usine "feuille verte", ce que l'enseignant valide, elle permet également le maintien de la couleur de la plante, directement, et la fabrication de la sève sucrée, et donc la vie de la plante, indirectement, ce que l'enseignant ne valide pas, et de façon malheureuse. Aussi parlera-t-il d'une production d'énergie, et lorsqu'il est plus justement question d'une captation (Maxime : « *la chlorophylle elle capte l'énergie du Soleil.* »), voire d'une transformation d'énergie.

À l'issue de quoi l'enseignant prit soin de présenter⁴⁰³ à l'ensemble des groupes de travail de la classe l'évolution⁴⁰⁴ d'une plante quelconque, avec le temps, en présence de lumière (solaire) après avoir été placée en présence puis en absence de lumière (solaire), et à qui l'on apporte bien évidemment de l'eau, des sels minéraux et du CO₂; du résultat de l'expérimentation en jeu, constate-t-on alors une plante qui est verte : c'est bel et bien à une régénération (Lisa : « *ben elle a été capable de refleurir, de faire en sorte qu'il y ait encore de la chlorophylle...* »; Charley : « *... donc elle a été capable de se régénérer.* ») ou, plus justement, à une synthèse moléculaire de la chlorophylle que l'on doit le passage du jaune au vert de notre plante, en présence de lumière (solaire). Ainsi fait, et plus généralement, a-t-il

403 Par le biais de l'ordinateur et du vidéoprojecteur.

404 Par le biais d'une photographie.

été donc mis au travail l'une des questions organisatrices de notre débat scientifique (figure 6-2), à savoir la question À quoi sert le Soleil ? (qui n'est pas un aliment, mais de l'énergie) De cela, et à l'appui du fonctionnement même des panneaux photovoltaïques, l'enseignant en profitera pour trancher enfin, notamment vis-à-vis de la séance précédente, que d'une part, la faible luminosité du jour⁴⁰⁵ n'équivaut pas à l'absence de lumière (solaire) (Malo : « *parce que le Soleil eh ben ça fait des rayons tellement fins qu'il peuvent passer entre les nuages. Il y a quand même de la lumière même s'il y a des nuages.* »), et que d'autre part, la lumière artificielle équivaut à la lumière naturelle (Clémentine : « *donc ça veut dire que si on met une lampe torche par-dessus la plante eh ben elle va quand même avoir de l'énergie.* »).

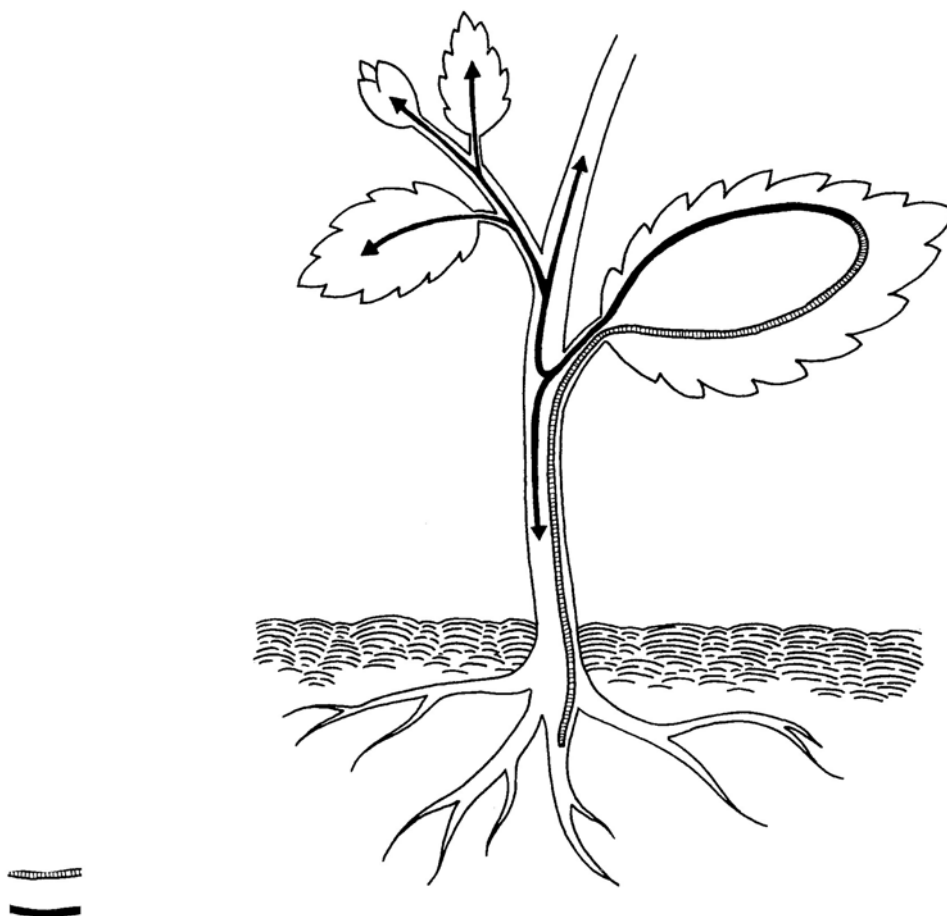
Nota bene : à la question de savoir si, lors d'une nuit de pleine Lune, les végétaux chlorophylliens recevaient de la lumière (solaire), l'enseignant rappela, toujours à l'appui du fonctionnement même des panneaux photovoltaïques, qu'en de telles circonstances, ladite lumière (solaire) éclairait la Lune (Charley : « *la Lune brille la nuit parce que c'est le Soleil qui l'éclaire.* »), et non la Terre.

4.7.2. Second temps de la séance

Au regard de tout le travail entrepris depuis le début de notre projet d'enseignement-apprentissage, l'enseignant proposa le travail d'un dessin-bilan (figure 6-17), et ce à l'appui du schéma-bilan travaillé lors de la séance précédente, portant sur le fonctionnement de l'usine “feuille verte” (figure 6-10).

405 En raison, par exemple, de la présence de nuages.

Figure 6-17. Document de travail : synthèse –de la fonction chlorophyllienne



Passée l'explicitation de quelques points pouvant porter à ambiguïté, à savoir les définitions de sève brute⁴⁰⁶ et de sève élaborée⁴⁰⁷, l'enseignant présenta donc la légende du dessin-bilan (figure 6-17), à savoir :

(A) la sève brute se dirige vers les feuilles de la plante verte (l'ascension se fait par aspiration⁴⁰⁸) ;

(B) la sève élaborée se dirige vers toutes les parties de la plante verte (racines, tige, feuilles) ;

(C) les feuilles de la plante verte absorbent le CO_2 qui se trouve dans l'air ;

(D) les racines de la plante verte absorbent l'eau et les sels minéraux qui se trouvent dans la terre ;

406 Ou sève xylémique et qui, globalement, se compose d'eau et de sels minéraux (Malo : « *l'eau et les sels minéraux.* »), et non seulement d'azote, comme cela a pu nous être proposé (Gabriel : « *l'azote.* »).

407 Ou sève phloémique et qui, lors de la séance précédente, était appelée sève sucrée.

408 Lorsque les feuilles de la plante verte transpirent.

sève brute (montante) ;

sève élaborée (montante & descendante) ;

(E) sous l'action de la lumière, la sève brute se transforme en sève élaborée (elle va nourrir la plante verte, c'est la fonction chlorophyllienne).

D'abord, et initiant la mise en commun du travail de l'ensemble de la classe, l'enseignant prit soin de faire rappeler, à l'appui du schéma-bilan travaillé lors de la séance précédente, portant sur le fonctionnement de l'usine "feuille verte" (figure 6-10), les associations qui suivent, à savoir :

le Soleil, qui correspond à la source d'énergie (Margaux : « *source d'énergie.* ») ;

la sève sucrée, qui correspond aux aliments fabriqués (Baptiste : « *aliments fabriqués.* ») ;

le CO₂ /⁴⁰⁹ eau + sels minéraux, qui correspondent aux matières premières (Clémentine : « *matières premières.* ») ;

la chlorophylle, qui correspond aux capteurs solaires (Aude : « *capteurs solaires.* »), et qui vise à capter la lumière (solaire) (Tim : « *son rôle c'est de capter la lumière solaire.* ») ou, plus justement, l'énergie de la lumière (solaire), et donc du Soleil.

Ensuite, et poursuivant la mise en commun du travail de l'ensemble de la classe, l'enseignant prit soin de leur faire distinguer, au sein même de la légende du dessin-bilan (figure 6-17), la sève brute⁴¹⁰ de la sève élaborée⁴¹¹ (Nora : « *celle qui est en pointillé. C'est-à-dire celle qui part des racines jusqu'aux feuilles c'est la sève brute.* »). Après quoi avons-nous réellement pu procéder au récapitulatif des différents éléments de la fonction chlorophyllienne, avec :

la direction et le sens de déplacement de la sève brute, du système souterrain vers le système aérien de la plante (voir pour cela l'action de Charley) ;

409 Remarquons, et comme le fait l'enseignant, la présence ici-même d'une barre oblique et non du signe plus, quand l'eau et les sels minéraux sont ensemble (Lisa : « *ils sont ensemble.* »), voire mélangés ensemble (Maxime : « *ils peuvent être mélangés ensemble.* »), et donc absorbés ensemble (Malo : « *ils sont pompés au même niveau.* »), au niveau du système souterrain de la plante, et non du système aérien de la plante, et comme cela peut être le cas pour le CO₂.

410 Qui est montante (Dan : « *montante.* »). Aussi, et pour expliquer cette ascension de la sève brute, l'enseignant revint sur le résultat de l'expérimentation du groupe 5, lequel permettait en effet de mettre en évidence le phénomène de la transpiration de la plante (Dan : « *elle transpire.* ») ou, plus justement, le phénomène de l'évapotranspiration.

411 Qui est montante & descendante (Dan : « *les deux. Monter et descendre.* »).

la direction et le sens de déplacement de la sève élaborée⁴¹², du système aérien vers les systèmes aérien et souterrain de la plante (voir pour cela l'action de Baptiste) ;

le lieu de l'absorption du CO₂⁴¹³, au niveau du système aérien de la plante (voir pour cela l'action de Gabriel) ;

le lieu de l'absorption de l'eau et des sels minéraux, au niveau du système souterrain de la plante (voir pour cela l'action de Lisa) ;

le lieu de la transformation de la sève brute⁴¹⁴ en sève élaborée (voir pour cela l'action d'Aude et, au préalable, l'intervention de Baptiste : « *ben en fait ici elle est transformée parce que tu as les petits pointillés et puis tout d'un coup tu as le trait noir.* »).

Nota bene : souhaitant également mettre l'accent sur la nécessité d'une alimentation de la plante et, par voie de conséquence, d'un prélèvement de matière dans son environnement (air + terre) (Baptiste : « ... *et elles viennent de leur environnement ces matières.* »), l'enseignant signala systématiquement et par le biais de flèches les différents lieux d'absorption (Clémentine : « *C et D ont des flèches parce qu'elles absorbent des matières par les feuilles et par les racines...* »).

Afin de nous inscrire pleinement dans le modèle d'« investigation-structuration », arriva à proprement parler et pour la troisième fois (de notre projet d'enseignement-apprentissage) le moment structurant de la séance du jour : passés le temps du tâtonnement et de la recherche, nous sommes bel et bien là dans le temps de la synthèse. Par le biais de l'ordinateur et du vidéoprojecteur, l'enseignant reprit donc pour base de travail le précédent énoncé « structurant » qu'il s'agira d'affiner, et donc de modifier. Le groupe 5, et par la voix de Baptiste, proposa

412 Laquelle, et comme le rappelle l'enseignant, est essentielle à la croissance et au développement de la plante, pour notamment produire de nouvelles ou de plus grandes et plus grosses racines, tiges, feuilles... Pour sans doute mieux asseoir la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation, l'enseignant fait également remarquer que nous n'absorbons pas (exclusivement) de matières minérales pour fabriquer notre propre matière vivante, à l'instar des végétaux chlorophylliens. Ainsi fait, la transformation de la matière minérale en matière vivante prend un caractère apodictique, mais à la seule condition que le minéral soit bel et bien associé au non-vivant, ce qui n'est sans doute pas partagé de tous, et puisque le calcium fut par exemple ici associé au vivant (Baptiste : « *avec le calcium.* »).

413 Dont l'état gazeux est un temps remis en cause (Énora : « *est-ce que le dioxyde de carbone peut être en poudre ?* » ; Gabriel : « *oui.* »).

414 Et, en réalité et surtout, du CO₂ ; nous frôlons ici la limite de la « transposition didactique », du point de vue de la crédibilité scientifique, et puisque passant outre l'obstacle épistémologique (Bachelard, 1938/1986) dont il est ici question. Preuve en est que l'enseignant dira plus tard que la plante absorbe de l'eau et des sels minéraux, au niveau de ses racines, afin de fabriquer de la sève sucrée...

alors d'ajouter à la nécessité de l'eau et des sels minéraux la nécessité du CO₂ ; par ailleurs, et si l'eau et les sels minéraux sont prélevés au niveau du système souterrain de la plante, ajoutera-t-il que le CO₂ l'est au niveau du système aérien de la plante. Revenant à la question de l'eau et des sels minéraux, le groupe 4, et par la voix de Lisa, proposa la sève élaborée⁴¹⁵ d'abord, et le groupe 3, et par la voix d'Alexis, proposa la sève brute⁴¹⁶ ensuite, quant à ce qui peut rendre possible le transport de ce qui est, bien évidemment, prélevé au niveau du système souterrain de la plante ; d'une telle proposition, et nous le voyons bien ici, les mots employés n'ont vraisemblablement que peu de sens vis-à-vis de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation ici en jeu : est brut ce qui n'est pas encore transformé, est élaboré ce qui vient de l'être. Aussi, et puisqu'il s'agit là du moteur même⁴¹⁷ de la sève brute, le groupe 5, et par la voix de Baptiste, proposa d'expliquer le phénomène de l'évaporation par le phénomène de la transpiration de la plante. À l'initiative de l'enseignant, et par la voix de Malo, le groupe 5 précisa le lieu de la transformation de la sève brute en sève élaborée, à savoir la feuille⁴¹⁸, et ce grâce à la lumière (solaire) (Tim : « *grâce à la lumière.* ») ou, plus justement, l'énergie de la lumière (solaire), alors captée par la chlorophylle⁴¹⁹ (Maxime : « *chlorophylle.* » ; Dan : « *chlorophylle.* ») : c'est la fonction chlorophyllienne, ou photosynthèse⁴²⁰, qui permet donc la fabrication de la sève élaborée, tels des aliments⁴²¹ fabriqués et qui se dirigent vers toutes les parties de la plante (racines, tiges, feuilles...), afin de satisfaire sa croissance et son développement. Ainsi fait, et de la mise en concordance, en relation, en tension d'une contrainte⁴²² et d'une nécessité⁴²³ sur l'empirique, l'enseignant peut-il

415 Ou sève phloémique et qui, lors de la séance précédente (et ici-même), était (est) appelée sève sucrée (Lisa : « *sève élaborée qu'on appelle aussi la sève sucrée.* ») ; cette sève est montante & descendante (Charley : « *... tandis que l'autre elle monte et descend.* »).

416 Ou sève xylémique et qui, globalement, se compose d'eau et de sels minéraux (Charley : « *de minéraux.* ») ; cette sève est montante (Charley : « *celle-là elle monte...* »).

417 Ou presque : en effet, si l'"aspiration" foliaire, qui tire par le haut et provoque la transpiration, est pour l'essentiel responsable de la montée de la sève brute, on ne peut passer entre nous sous silence, et puisqu'il existe néanmoins, le rôle de la pression racinaire, qui pousse par le bas et provoque la guttation. Rappelons alors que si la transpiration correspond à un rejet dans l'atmosphère de l'eau à l'état gazeux, la guttation correspond à un rejet dans l'atmosphère de l'eau à l'état liquide.

418 Voir la tige.

419 Dont l'arôme est maintenant retrouvé dans certains bonbons (Clémentine : « *pourquoi dans les chewing-gums il y a de la chlorophylle ?* » ; Charley : « *et les Tic Tac ?* »).

420 Par synthèse, faut-il entrevoir dans le lexique de la chimie, voire de la biochimie, la préparation de corps composés à partir d'éléments de base ; du préfixe grec "sun-" (avec) et du nom grec "thesis" (action de poser), la synthèse équivaut donc à une certaine mise en commun. Ne reste plus qu'à y ajouter le nom grec "phôtos" (lumière), et l'étymologie de la photosynthèse est enfin mise à jour. Remarquons que, sans ce détour étymologique, la signification de la photosynthèse en tant que synthèse parle tout à fait à nos jeunes apprenants (Baptiste : « *synthèse ça veut dire synthétiser.* »), à la différence de la signification du préfixe français "photo-", ce qui est bien naturel.

421 Pour, d'une certaine façon, nourrir la plante (Baptiste : « *pour nourrir la plante elle va là-bas la sève élaborée.* »).

422 Nous pensons à la contrainte sur l'empirique qui suit : une plante, avec le temps, croît et se développe et, par voie de conséquence, prend de la masse et de la taille, aussi bien au niveau de ses parties aériennes que souterraines.

423 Nous pensons à la nécessité sur l'empirique qui suit : nécessité d'une alimentation de la plante et, par voie de conséquence, d'un prélèvement de matière dans son environnement (air + terre).

ainsi conclure : c'est en prélevant de la matière dans son environnement (air + terre), c'est-à-dire du CO₂, de l'eau et des sels minéraux, qu'une plante, avec le temps, croît et se développe et, par voie de conséquence, prend de la masse⁴²⁴ et de la taille⁴²⁵, aussi bien au niveau de ses parties aériennes que souterraines. Enfin rappellerons-nous, et comme l'enseignant a déjà pu le faire au cours de la séance du jour, que si nous nous nourrissons d'animaux (Louna : « *on mange des animaux quand on mange de la viande.* »), de végétaux (Gabriel : « *on mange des végétaux quand on mange de la salade.* »)... c'est-à-dire de matière vivante, les végétaux chlorophylliens⁴²⁶ ont, fait remarquable, cette capacité à fabriquer leur propre matière vivante, et ce à partir de matières exclusivement minérales.

ÉNONCÉ "STRUCTURANT" N° 3

Pour vivre, pour grandir, les plantes ont besoin d'eau, de sels minéraux⁴²⁷ et de gaz carbonique. Si la plante manque d'eau et / ou de sels minéraux et / ou de gaz carbonique, elle arrête de se développer puis meurt.

La plante absorbe l'eau et les sels minéraux par ses racines et non par ses feuilles. Elle absorbe l'eau et les sels minéraux dans le sol où sont plantées ses racines.

La plante n'a pas forcément besoin de terre pour vivre si on lui donne de l'eau et des sels minéraux.

Une partie de l'eau absorbée par les racines est rejetée par la partie aérienne : les feuilles, sous forme de vapeur d'eau, grâce à la transpiration de la plante.

Vraisemblablement, la plante a des vaisseaux pour transporter l'eau et les sels minéraux des racines jusqu'aux feuilles.

La plante absorbe le gaz carbonique par ses feuilles.

Grâce à la sève brute, l'eau et les sels minéraux se dirigent vers les feuilles. Dans les feuilles, la sève brute est transformée en sève élaborée ou sève sucrée, grâce à l'énergie

424 En cela qu'elle grossit au niveau de ses racines, tiges, feuilles... indéfiniment, et ce qui n'est pas encore acquis de tous.

425 En cela qu'elle grandit au niveau de ses racines, tiges, feuilles... indéfiniment, et ce qui n'est pas encore acquis de tous.

426 Dont font partie les plantes carnivores pour lesquelles, et bien qu'ayant été questionné à ce propos (Charley : « *et ça mange quoi les plantes carnivores ?* »), l'enseignant n'a pas souhaité répondre.

427 N (azote), P (phosphore) et K (potassium).

solaire captée par la chlorophylle : c'est ce qu'on appelle la photosynthèse. La sève élaborée se dirige ensuite vers les feuilles, les racines, les tiges, les bourgeons, les fleurs, les fruits... afin de les nourrir et leur permettre de grandir et de grossir.

Une plante grandit et grossit à la fois par le haut et par le bas en prélevant de la matière (première) dans son environnement.

Nota bene : l'enseignant prit soin d'illustrer à l'ensemble des groupes de travail de la classe la nécessité d'une alimentation de la plante et, par voie de conséquence, d'un prélèvement de matière dans son environnement (air + terre), par le biais de l'ordinateur et du vidéoprojecteur (*via* un film), en guise de synthèse.

5. Discussion générale autour du premier recueil de données

D'emblée, il paraît important de rappeler que l'exploration d'un tel thème d'étude, à savoir celui de la nutrition végétale, se prête volontiers, et même plus que de raison au tâtonnement expérimental, par ailleurs extrêmement présent dans toute l'œuvre de Freinet. À partir de matériels simples et relativement peu onéreux, tels que des balances, bocaux, sacs (en plastique), tubes... et autres plantes, les apprenants s'exercent rapidement à l'acquisition de techniques nouvelles, à l'analyse rigoureuse des conditions de possibilité de telle ou telle expérience ; en somme, à l'articulation de la critique et de l'imagination. C'est pourquoi, et lorsque l'on souhaite mobiliser ou, plus justement, former à un raisonnement purement expérimental⁴²⁸, le thème d'étude de la nutrition végétale, particulièrement riche, se révèle être un sujet des mieux adaptés.

5.1. Articulation de l'investigation à la problématisation sur le temps des investigations empiriques

Les investigations empiriques de ce premier recueil de données, et comme nous avons déjà pu le constater, s'articulaient autour de l'étude du besoin en eau d'abord, du besoin en sels minéraux ensuite, et du besoin en CO₂ + lumière enfin. Bien qu'il eût été sans doute malvenu d'associer l'investigation à un premier temps, et la structuration à un second temps (Giordan, 1983/1987), nous avons malgré tout décidé de dédoubler ainsi chaque séance de chaque besoin de la plante : à la première l'investigation, à la seconde la structuration, cependant que ce même dédoublement ne pouvait avoir de sens que pour l'enseignant, et non pour les apprenants. D'ailleurs, et de notre point de vue, le réel moment structurant de ce projet d'enseignement-apprentissage en sciences est intervenu lors du troisième temps des investigations empiriques (séance du mardi quinze avril deux-mille-quatorze) lorsque, dans une salle annexe et attenante à la salle de classe, l'enseignant s'entretenait avec chaque groupe de travail de la classe autour de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] d'une transformation (*via* un organe) de la matière prélevée. Ainsi fait, pas moins de six⁴²⁹ séances officiaient ici sur le temps des investigations empiriques, ce qui traduit alors la densité d'un tel projet d'enseignement-apprentissage en sciences. Dans le cadre même de la démarche

428 Qui, force est de constater, n'a rien d'évident pour les apprenants : c'est pourquoi, et pour exemple, l'enseignant rappellera régulièrement l'importance du témoin de l'expérience.

429 Ou, plus justement, sept.

d'investigation, la conception par les apprenants de l'investigation à conduire pour valider et / ou invalider les hypothèses était régulièrement travaillée lors de séances diverses, et que sont :

la séance du mardi vingt-cinq mars deux-mille-quatorze (investigation sur le besoin en eau) (hypothèses travaillées : la plante a besoin d'eau ; la plante absorbe l'eau au niveau de ses racines ; la plante absorbe l'eau au niveau de ses feuilles / tiges ; la plante possède des canaux, tuyaux, vaisseaux, veines... ; la plante présente des rejets dans l'environnement) ;

la séance du mardi huit avril deux-mille-quatorze (investigation sur le besoin en sels minéraux) (hypothèse travaillée : les engrais aident, proportionnellement à la quantité de leur apport, à la croissance et au développement de la plante) ;

la séance du mardi quinze avril deux-mille-quatorze (investigation sur le besoin en CO₂ + lumière) (hypothèse travaillée : l'absence de lumière (solaire) impacte la croissance et le développement de la plante).

Ainsi, et de la bascule que nous opérons du temps du débat scientifique sur le temps des investigations empiriques, nous pouvons remarquer que nombre d'hypothèses de travail dont avait pu accoucher notre débat scientifique sont d'ores et déjà à l'essai lors de la séance du mardi vingt-cinq mars deux-mille-quatorze, initiant le temps de l'investigation. Plus encore, et si l'on regarde maintenant l'ensemble des hypothèses travaillées lors de ces trois séances, lesquelles ont pour objectifs respectifs l'investigation sur le besoin en eau, en sels minéraux, et en CO₂ + lumière, nous ne pouvons qu'apprécier leur fidélité vis-à-vis des questions qui nous ont permis d'organiser la schématisation possible de l'espace-problème de la classe de CM1 / CM2 (figure 6-2), avec :

Q1 : à quoi sert l'eau ?

Q2 : à quoi servent les substances minérales ? (de la terre)

Q3 : à quoi servent les engrais ?

Q4 : à quoi sert la terre ?

Q5 : à quoi sert l'air ?

Q6 : à quoi sert le Soleil ? (qui n'est pas un aliment, mais de l'énergie)

C'est alors que jamais, sur le temps des investigations empiriques, nous ne nous sommes défaits du travail précédemment entrepris sur le temps du débat scientifique et, en somme, au temps de l'investigation, cherchions-nous à y adjoindre le temps de la problématisation. En guise d'illustration, nous nous proposons donc de montrer cette articulation de l'investigation à la problématisation au travers de l'une des questions organisatrices de notre débat scientifique (figure 6-2), à savoir la question À quoi servent les engrais ? (tableau 6-8).

Tableau 6-8. Articulation de l'investigation à la problématisation au travers de l'une des questions organisatrices de notre débat scientifique (figure 6-2), à savoir la question À quoi servent les engrais ?

| |
|--|
| Temps du débat scientifique |
| À quoi servent les engrais ? |
| R : à aider la croissance et le développement de la plante. |
| O1 : trop d'engrais est néfaste à la croissance et au développement de la plante. O2 : plus justement, nous distinguons les engrais “chimiques”, qui abîment la nature, des engrais “non chimiques” (fumier, purin...), qui n'abîment pas la nature, les seconds restant par ailleurs moins efficaces que les premiers. O3 : la plante ne prend que ce dont elle a besoin. |
| Temps des investigations empiriques |
| Investigation sur le besoin en sels minéraux (08/04/14) : conception par les apprenants de l'investigation à conduire pour valider et / ou invalider les hypothèses. |
| Structuration sur le besoin en sels minéraux (14/04/14) : R est validée (O1 est validée, O2 est validée, O3 est invalidée). |

Du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons sur le temps du débat scientifique, l'ambition et la volonté que nous avons de le voir encore à l'œuvre sur le temps des investigations empiriques ne pouvait avoir d'autres outils que ceux déjà produits, à savoir les macrostructures du débat scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale. En d'autres termes, et si les schématisations possibles de l'espace-problème (figure 6-2) d'une part, et de l'“espace contraintes et nécessités” (figure 6-3) d'autre part, permettent de rendre compte du produit de la problématisation qui s'est jouée lors du débat scientifique, la conceptualisation et la mise en œuvre des séances ultérieures ne pourront, épistémologiquement parlant, être pertinentes qu'au regard de la mobilisation d'une macrostructure du débat scientifique. De la sorte, nous nous essayons à un rapprochement de la démarche d'investigation, si chère à la culture scientifique, de la “situation de pratique

scolaire” qui, on le sait bien, n'omet pas la dimension problématisante de l'apprentissage. Néanmoins, et nous avons pu le constater à maintes reprises, la mobilisation d'un raisonnement purement expérimental, essentiel à la démarche d'investigation, on l'imagine, n'est pas chose acquise, loin de là ; en sont données pour preuves les difficultés récurrentes à distinguer le résultat de l'expérimentation de l'interprétation de ce même résultat qui, bien évidemment, nous permet de conclure. Plus que de voir ici, dans une perspective piagétienne, une capacité, c'est-à-dire un savoir-faire qui ne soit accessible aux possibilités cognitives de notre apprenant, nous préférons de loin envisager une forme de raisonnement sans doute naissante, et qu'il s'agit avant tout de développer, dans une perspective vygotskienne. C'est pourquoi nous nous sommes toujours efforcés avant⁴³⁰ expérimentation, de faire dire aux apprenants le protocole envisagé, et après⁴³¹ expérimentation, de faire dire aux apprenants le résultat de l'expérimentation d'une part, et l'interprétation de ce même résultat d'autre part. Il s'agit là pour nous d'un point crucial, telle une condition de possibilité même à la pratique de la démarche d'investigation, incontournable dans le domaine des sciences de la vie : remarquons d'ailleurs que vis-à-vis des finalités de tout enseignement relatif à ce domaine, Astolfi, Peterfalvi et Vérin (1998) y font ici correspondre la dimension de la formation scientifique, lorsqu'il est question de démarches et de raisonnements propres à l'activité scientifique, et qui permettent le développement de notre culture expérimentale.

5.2. Construction de relations entre concepts : un cas d'étude, la séance ayant pour objectif la structuration sur le besoin en sels minéraux

Si, concernant les activités de structuration, la forme la plus évidente consiste sans doute en la généralisation de relations issues d'activités heuristiques et, en somme, de nos activités d'investigation, une autre modalité reste selon nous possible, à savoir la construction progressive de notre concept scientifique au regard d'un autre concept scientifique ; de ce point de vue, les modalités se démultiplient : par analogie, par opposition, par remodelage ou, plus simplement, en articulant les concepts en jeu. Ainsi, rapprocher « *plusieurs concepts peut permettre la construction d'un concept les englobant. Par exemple, les concepts d'évaporation et de condensation, de fusion et de solidification, de dissolution et de cristallisation permettent de construire le concept de changement d'état d'une substance ; les*

430 Notamment, lors de la séance du mardi vingt-cinq mars deux-mille-quatorze (investigation sur le besoin en eau).

431 Notamment, lors de la séance du lundi sept avril deux-mille-quatorze (structuration sur le besoin en eau).

concepts de fusion et de solidification apparaissent donc comme s'emboîtant dans celui de changement d'état. » (Martinand & al., 1980, p. 103). Aussi, et toujours pour ce qui est du domaine des sciences physique et technologique, cet autre concept « *de dilatation, et celui de changement d'état permettent de construire le concept de phénomène physique* » (Martinand & al., 1980, p. 103) où, nous le savons, la substance est inchangée ; et d'également « *souligner que sa construction complète n'est possible que s'il peut être opposé à celui de phénomène chimique* » (Martinand & al., 1980, p. 103) où, cette fois-ci, la substance n'est pas inchangée. De cette articulation de concepts scientifiques, pouvons-nous finalement envisager les choses de deux façons différentes : ou bien le concept en jeu nécessite la maîtrise de concepts de base, comme cela vient d'être présenté⁴³², ou bien le concept en jeu se prête à l'intégration d'un quelconque réseau de concepts scientifiques, et ce que nous retrouvons d'ailleurs très largement lors de l'étude de tout problème scientifique.

C'est précisément dans ce dernier cas de figure que s'inscrit la séance⁴³³ du lundi quatorze avril deux-mille-quatorze, ayant pour objectif la structuration sur le besoin en sels minéraux. En effet, si la première phase (du second temps) de la séance permet d'aboutir à la nécessité des sels minéraux, nous remarquons aussi et avec intérêt, toujours pour cette première phase, qu'elle se clôt avec l'interrogation tant attendue (voir pour cela l'intervention de Dan) : si présence de minéraux dans le sol il y a, à quoi bon y rajouter des engrais “chimiques”, eux-mêmes pourvus de minéraux ? C'est alors que, lors de la seconde phase (du second temps) de la séance, où nous procédions à des lectures collectives (de, respectivement, Clémentine et Lisa) d'un premier et d'un second textes, l'enseignant compléta l'interrogation précédente de la sorte : comment, à la différence d'un sol de culture, expliquer qu'un sol de forêt n'ait en rien besoin d'engrais “chimiques” ? L'on comprend alors le glissement de sens opéré, de la photosynthèse en biologie à l'écosystème en écologie (voir pour cela l'intervention de Maxime), mais qui est pourtant essentiel à la compréhension véritable de la question des sels minéraux ; clef de voûte de notre problème scientifique, les décomposeurs du sol qui, finalement, représentent ici les conditions du problème en jeu, permettent d'aboutir à notre hypothèse de solution(s). En d'autres termes, aux données du problème les sols de forêt et de culture qui, respectivement, n'ont pas et ont besoin d'engrais, aux conditions du problème

432 Où, pour ce qui est du premier « *exemple les concepts de fusion-solidification s'appuient d'une part sur la conservation de la substance (basée sur l'idée de continuité et sur l'existence de la transformation inverse) et d'autre part sur la conservation de la masse (utilisation de la balance).* » (Martinand & al., 1980, p. 103).

433 Ou, plus justement, le second temps de la séance.

l'action des décomposeurs du sol, à l'hypothèse de solution(s) la minéralisation de la matière organique assurée par les décomposeurs du sol : totalement pour le sol de forêt, partiellement pour le sol de culture, et puisqu'une plante de culture est amenée à être récoltée. Finalement, cette idée explicative de l'action des décomposeurs du sol, du recyclage de la matière vivante permet de saisir au mieux les relations trophiques élémentaires de tout écosystème, mais plus encore d'aboutir aux cycles (simplifiés) du carbone au niveau d'un sol de forêt (figure 6-6) et d'un sol de culture (figure 6-8) et, par là même, de distinguer les engrais “non chimiques” des engrais “chimiques” et, par voie de conséquence, l'agriculture biologique, qui se base sur le fonctionnement d'un sol de forêt (figure 6-6), de l'agriculture non biologique, qui se base sur le fonctionnement d'un sol de culture (figure 6-8).

Nota bene : de ce point de vue, il nous semble avoir été, et de façon toute relative, assez ambitieux. En effet, Cañal de León (1990, 1992), lorsqu'il propose des formulations de référence sur le thème d'étude de la nutrition végétale, envisage la question du recyclage de la matière vivante pour des apprenants de 12-13 ans, ce qu'il ne fait pas pour des apprenants de 9-10 ans. Cependant, et comme nous, Host, Deman et Deunff (1974) l'envisagent quant à eux.

5.3. Construction de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] d'une transformation (*via* un organe) de la matière prélevée : un cas d'étude, la séance ayant pour objectif l'investigation sur le besoin en CO₂ + lumière

Si, lorsque l'on s'intéresse au thème d'étude de la nutrition animale, la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation organise le problème scientifique dont il est question (Canguilhem, 1958/1969 ; Orange, 2005a), il en est de même, et de notre point de vue, lorsque l'on s'intéresse au thème d'étude de la nutrition végétale, à la différence près qu'elle ne repose cependant pas sur les mêmes contraintes sur l'empirique. Ainsi pouvons-nous résumer les choses, pour ce qui est de la construction de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation, avec :

dans le cas du thème d'étude de la nutrition animale, une nécessité qui vient du fait constatable qu'une espèce a ne peut produire de l'espèce a à partir de l'espèce b (voire c, d, e...), sans transformations ;

dans le cas du thème d'étude de la nutrition végétale, une nécessité qui vient du fait constatable qu'une espèce ne peut produire de la matière vivante, c'est-à-dire organique, à partir de la matière minérale, c'est-à-dire inorganique, sans transformations.

Nous pouvons d'ailleurs, à l'appui de notre "espace contraintes et nécessités", représenter la conceptualisation scientifique de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation dans le cas du thème d'étude de la nutrition animale (figure 6-18) et du thème d'étude de la nutrition végétale (figure 6-19).

Figure 6-18. Étapes de la conceptualisation scientifique de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation dans le cas du thème d'étude de la nutrition animale : la mise au travail du problème de l'assimilation

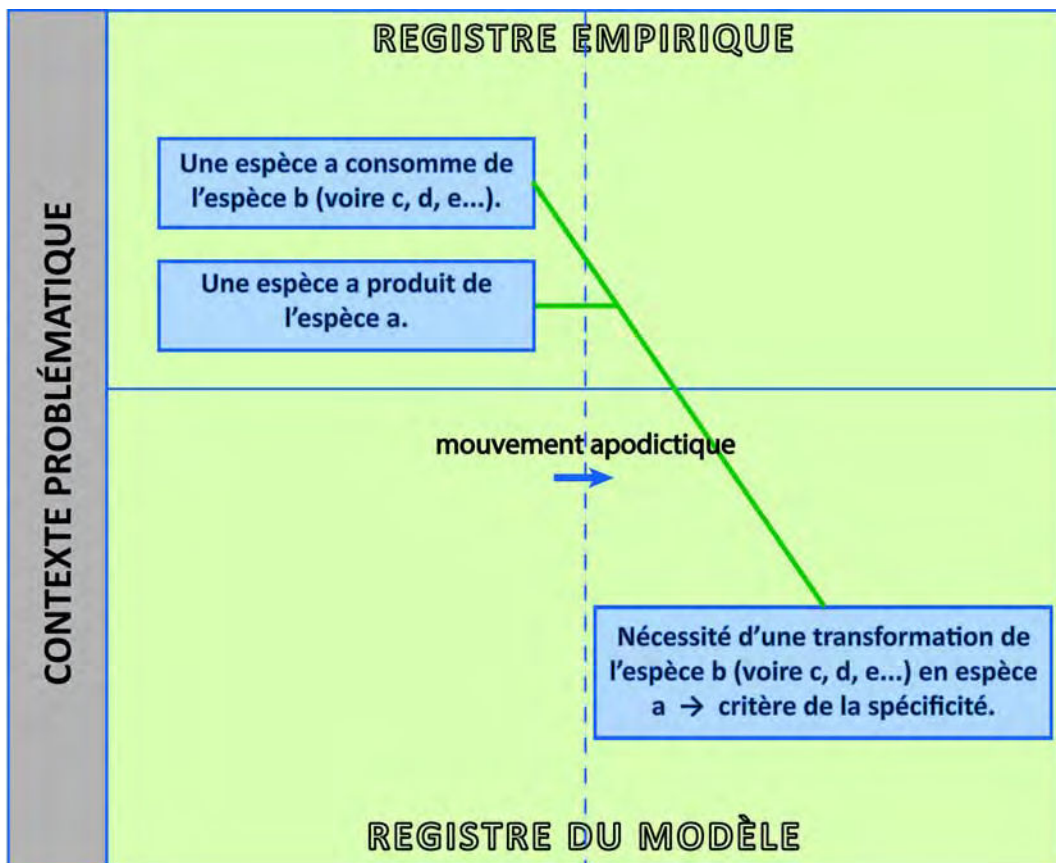
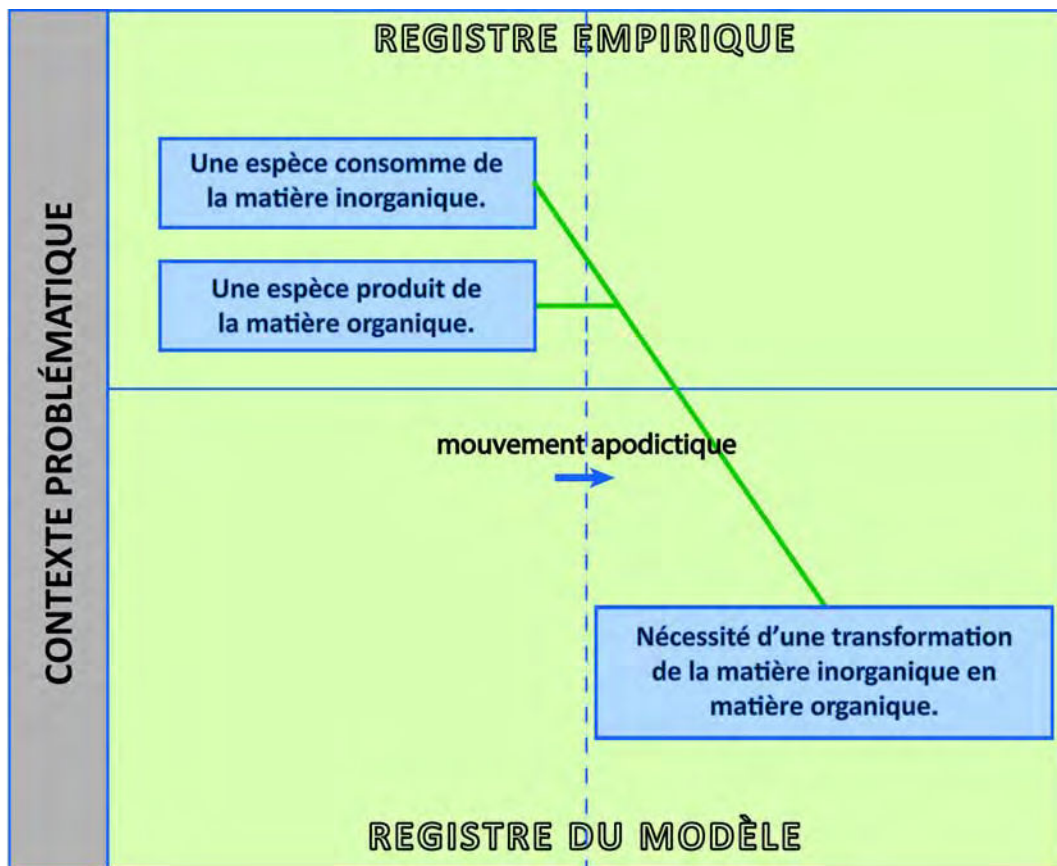


Figure 6-19. Étapes de la conceptualisation scientifique de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation dans le cas du thème d'étude de la nutrition végétale



Néanmoins, et qu'il s'agisse de l'un ou l'autre cas, nous n'en restons là qu'au savoir savant. En effet, il va de soi que nous ne pouvons, pour exemple et de ce qui nous intéresse, à savoir le cas du thème d'étude de la nutrition végétale, discuter de matières inorganique et organique ; le registre explicatif de nos jeunes apprenants ne peut bien évidemment pas s'accommoder de telles distinctions. C'est pourquoi, et par le biais de la "transposition didactique", il nous fallait envisager les choses autrement, avec :

dans le cas du thème d'étude de la nutrition animale, une nécessité qui s'appuie sur de nouvelles contraintes ;

dans le cas du thème d'étude de la nutrition végétale, une nécessité qui s'appuie sur de nouvelles contraintes, avec cette fois-ci l'émergence de trois nécessités sur l'empirique.

Toujours à l'appui de notre "espace contraintes et nécessités", telle est donc représentée la conceptualisation scientifique de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la

transformation dans le cas du thème d'étude de la nutrition animale (figure 6-20) et du thème d'étude de la nutrition végétale (figure 6-21).

Figure 6-20. Étapes de la conceptualisation scientifique de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation dans le cas du thème d'étude de la nutrition animale, après "transposition didactique" : la mise au travail du problème de l'absorption et de la distribution

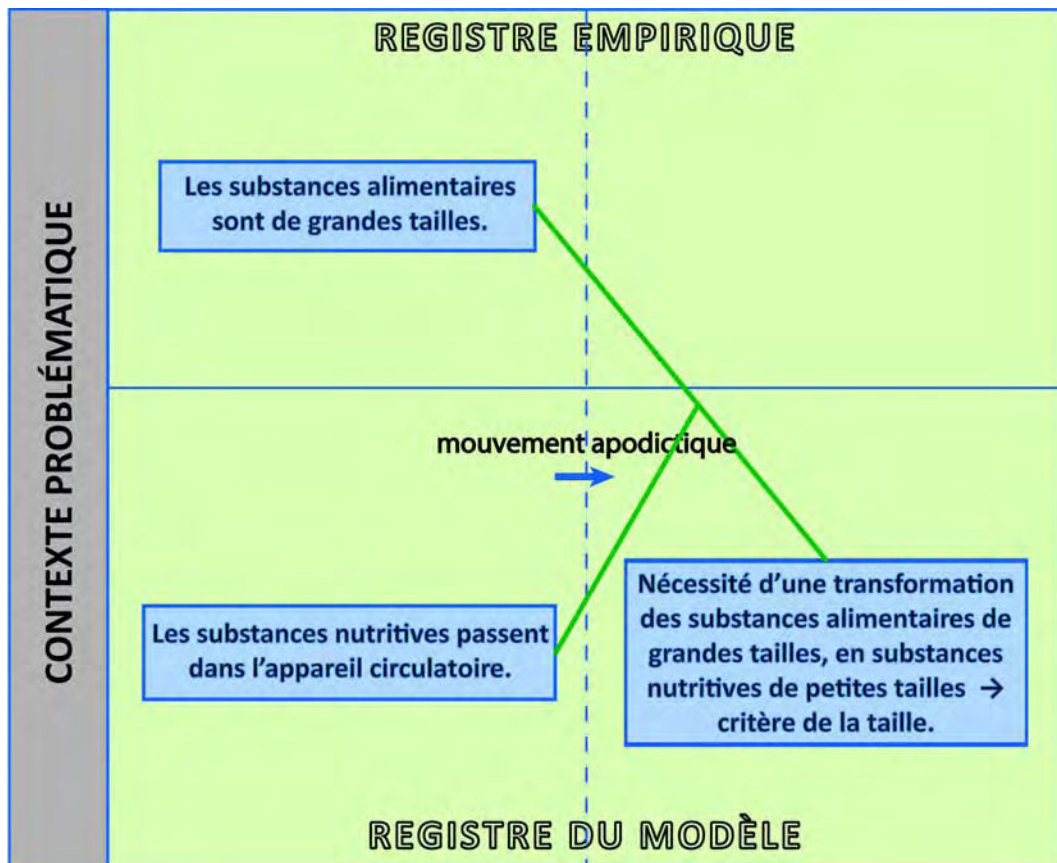
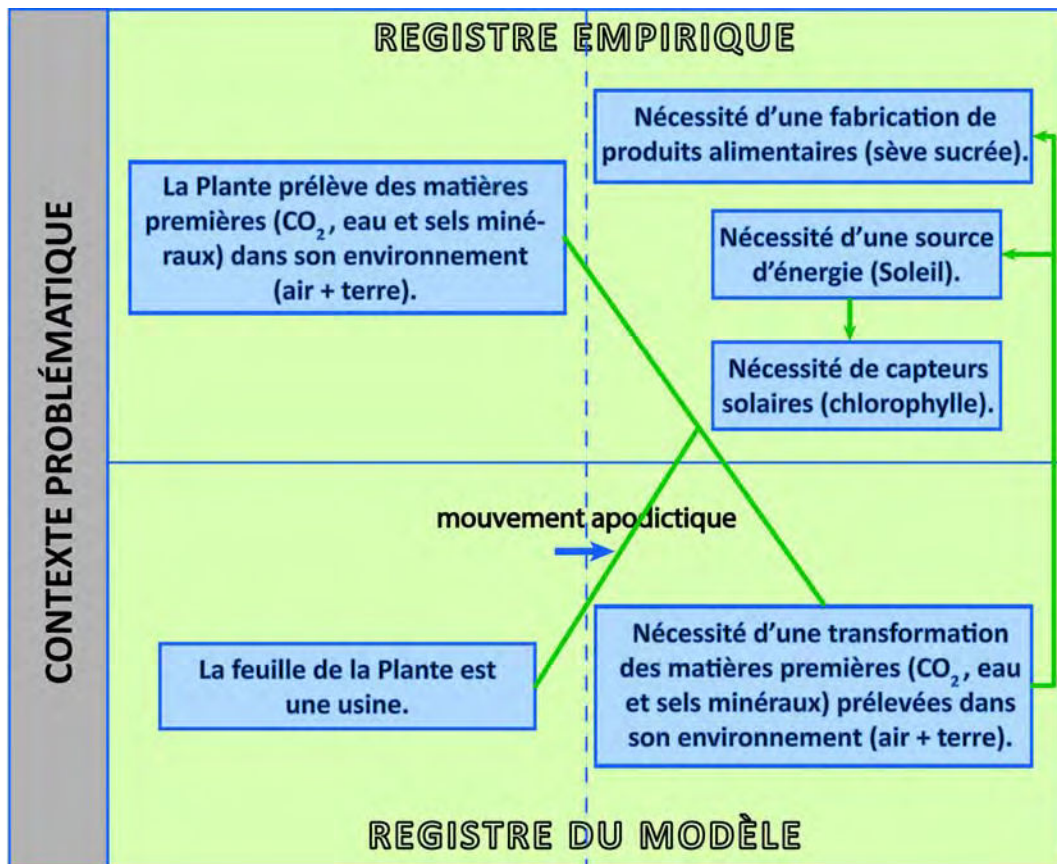


Figure 6-21. Étapes de la conceptualisation scientifique de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation dans le cas du thème d'étude de la nutrition végétale, après "transposition didactique"



Si, dans le cas du thème d'étude de la nutrition animale, la contrainte sur le modèle [ou les modèles] de substances nutritives qui passent dans l'appareil circulatoire est d'emblée partagée, elle est, dans le cas du thème d'étude de la nutrition végétale, nouvellement "imposée" (Fabre & Orange, 1997) par l'enseignant (figure 6-10) : la contrainte sur le modèle [ou les modèles] d'une feuille de la plante qui est une usine joue alors à plein le rôle d'un principe structurant, et sans lequel la construction de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation eut été hasardeux⁴³⁴. Bien entendu, seul le thème d'étude de la nutrition végétale nous intéresse dans le cas présent, mais il nous semblait malgré tout

⁴³⁴ Preuve en est la tentative de travail de cette même nécessité sur le temps du débat scientifique, où le rapprochement effectué d'avec le chyme de la cavité ou poche stomacale (voir pour cela l'intervention de Baptiste) n'avait que peu de sens, quoique... nous pouvons aussi « souligner un parallélisme fonctionnel entre le processus de digestion des aliments, effectué par les animaux, et la photosynthèse des plantes, car tous deux fournissent la nourriture organique de base pour le métabolisme » (Cañal de León, 1992, p. 23) de la cellule. Il est au demeurant certain que nos « animaux sont plus "proches" des élèves par leur mobilité et par les relations affectives qu'ils suscitent, que les végétaux. Ils constituent donc une source d'analogies sur lesquelles il est possible de s'appuyer, dans une première étape, malgré les ambiguïtés des comparaisons. Ces analogies devront être, par la suite, rectifiées. » (Rumelhard, 1992, p. 4).

pertinent de les discuter en vis-à-vis, d'une part parce que s'agissant l'un et l'autre du thème de la nutrition, d'autre part parce que mobilisant l'un et l'autre et au final une contrainte sur le modèle [ou les modèles] qui, de fait, rend possible la construction de notre nécessité sur le modèle [ou les modèles] : c'est, selon nous, une forme possible de la "transposition didactique" en sciences.

Fondamentalement, nous pouvons aussi imaginer que tout défaut « *de nécessité d'un apport énergétique découle vraisemblablement de l'absence de l'idée de synthèse organique, c'est-à-dire de fabrication des éléments spécifiques à l'être vivant par transformation d'éléments puisés dans le milieu extérieur.* » (Rumelhard, 1985, p. 46). C'est pourquoi, et ici-même (figure 6-21), la nécessité d'une fabrication de produits alimentaires (sève sucrée) suppose la nécessité d'une source d'énergie (Soleil) et, par là même, la nécessité de capteurs solaires (chlorophylle). Ainsi, nous le voyons bien, nous dépassons là de loin la simple question des échanges gazeux (figure 6-9), et qui ne sont que la manifestation externe du fonctionnement interne de la plante, à savoir la fabrication de produits alimentaires (sève sucrée⁴³⁵) (figure 6-10).

Nota bene : la question du prélèvement du CO₂, de l'eau et des sels minéraux était, lors du débat scientifique, assimilée à une nécessité sur l'empirique. Elle est, à ce stade de nos investigations empiriques, assimilée à une contrainte sur l'empirique.

5.4. Obstacles à la construction de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] d'une transformation (via un organe) de la matière prélevée

L'absence de prise en compte du gaz comme état possible de la matière, au même titre que les états liquide et solide, reste un grand classique des représentations initiales qui, d'une façon ou d'une autre, s'intéressent aux transformations de la matière. Du thème d'étude retenu dans le cadre de ce premier recueil de données, à savoir celui de la nutrition végétale, allions-nous possiblement, avec la question du CO₂, nous retrouver en prise avec ladite absence de prise en compte du gaz comme état possible de la matière. Néanmoins, et sur le temps du

⁴³⁵ L'on pourrait ici nous objecter de ne pas avoir pris l'exemple du bois, tel un matériau évident et connu de tous (Barker & Carr, 1992) et qui, en effet, est élaboré à l'aide de la sève sucrée.

débat scientifique, n'a-t-il pas été question du CO₂, mais de l'oxygène pour Baptiste, et de l'azote pour Malo ; l'un ou l'autre gaz redonnant ou se transformant au final en oxygène. Nous nous proposons, afin de resituer en contexte ce qui vient d'être dit, de présenter un premier extrait de la transcription intégrale du débat scientifique (tableau 6-9).

Tableau 6-9. Premier extrait de la transcription intégrale du débat scientifique

| | | |
|-----|-------------|--|
| 758 | Enseignant | D'accord. Alors dans ce groupe-là il y a quelque chose qui était... Il y a un élément qui était présent sur la production de Baptiste et qui a disparu de l'affiche. Alors ça j'aimerais y revenir. Au départ dans ce groupe-là vous avez parlé de l'oxygène. Baptiste dans sa production avait mis que dans les éléments nécessaires on avait l'eau, on avait les minéraux, on avait le Soleil. Je reprends tout ce que ce groupe-là a dit hein... Parce que les autres n'ont peut-être pas vu mais il y a bien l'eau, il y a bien les minéraux, il y a le Soleil et l'oxygène avait été rajouté. Qu'en pensez-vous ? Je vous rappelle que l'oxygène on le trouve dans quoi ? On a fait la respiration. L'oxygène on le trouve dans... |
| 759 | XXX | ... l'air. |
| 759 | Idée | L'oxygène est présent dans l'air. |
| 760 | Enseignant | On le trouve Baptiste dans... |
| 761 | Baptiste | ... l'air. |
| 761 | Idée | L'oxygène est présent dans l'air. |
| 762 | Enseignant | ... l'air. Alors la plante elle en a besoin ou elle en a pas besoin ? |
| 763 | XXX | Elle en a pas besoin. |
| 763 | Idée | La plante n'a pas besoin d'oxygène. |
| 764 | Dan | Elle a besoin. |
| 764 | Idée | La plante a besoin d'oxygène. |
| 765 | Enseignant | Charley ? |
| 766 | Charley | Elle en a besoin. |
| 766 | Idée | La plante a besoin d'oxygène. |
| 767 | Enseignant | Elle en a besoin. Alors pourquoi est-ce que ça a disparu ? Puisqu'on vous a demandé leurs besoins pourquoi ça a disparu ? Malo ? |
| 768 | Malo | Ben elle a pas besoin d'oxygène, elle a besoin d'azote comme les arbres. Ben par exemple eh ben xxx. Ça fait longtemps mais il disait que les arbres c'étaient comme les principaux (principaux) producteurs d'oxygène. En fait ils prenaient l'azote et ils la (le) transformaient en oxygène. |
| 768 | Idée | La plante n'a pas besoin d'oxygène : elle a besoin d'azote, qu'elle transforme en oxygène. |
| 769 | Enseignant' | Donc par rapport à Baptiste qui avait... Baptiste disait la plante a besoin... Elle absorbe de l'oxygène. Et toi tu dis ce n'est pas ça elle en rejette ? C'est ça ? |
| 770 | Malo | Ben... |
| 770 | Idée | ... |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 771 | Enseignant' | Non. Mais je résume. Malo ? |
| 772 | Malo | Elle prend de l'azote... |
| 772 | Idée | La plante a besoin d'azote... |
| 773 | Enseignant' | Oui. J'ai entendu. Malo ? |
| 774 | Malo | ... et elle rejette de l'oxygène. |
| 774 | Idée | ... qu'elle transforme en oxygène. |
| 775 | Enseignant' | Donc tu dis le contraire de Baptiste par rapport au cas de l'oxygène ? C'est ça ? |
| 776 | Malo | Oui. |
| 776 | Idée | La plante n'a pas besoin d'oxygène. |
| 777 | Enseignant | Est-ce que c'est pour ça que vous l'avez enlevé de votre production ? C'est parce que vous n'étiez pas d'accord ? |
| 778 | Malo | Ben c'est parce que si c'est pour... En fait elle prend tout ce qu'elle a besoin dans l'azote et comme l'azote eh ben elle a tous les trucs qu'il faut pour faire de l'oxygène sauf qu'elle a plus de choses qui empêchent de faire de l'oxygène. Donc en fait là la plante elle prend tous les trucs qui empêchent de faire de l'oxygène et elle rejette de l'oxygène. |
| 778 | Idée | La plante a besoin d'azote, qu'elle transforme en oxygène. |
| 779 | Enseignant | D'accord. Et toi Baptiste ton oxygène ? |
| 780 | Baptiste | Moi j'avais pensé qu'elle prenait un peu d'oxygène pour en refaire encore. |
| 780 | Idée | La plante a besoin d'oxygène, qu'elle transforme en plus d'oxygène. |
| 781 | Enseignant | Elle prenait l'oxygène pour en refaire ? |
| 782 | Baptiste | Oui. Pour en refaire encore plus. |
| 782 | Idée | La plante a besoin d'oxygène, qu'elle transforme en plus d'oxygène. |
| 783 | Enseignant | D'accord. Comme une sorte de modèle ? |
| 784 | Baptiste | Oui. Voilà. |
| 784 | Idée | La plante a besoin d'oxygène, pour modèle, qu'elle transforme en plus d'oxygène. |
| 785 | Enseignant' | Et juste... Par rapport... Tu nous parles donc d'azote. Elle l'absorbe à quel endroit la plante ? |
| 786 | Malo | Ben je sais pas trop. |
| 786 | Idée | ... |
| 787 | Enseignant' | L'azote dont tu parles il est où ? Dans l'atmosphère ou dans la terre ? |
| 788 | Malo | Dans l'air. |
| 788 | Idée | L'azote est présent dans l'air. |
| 789 | Enseignant' | Dans l'air. Donc d'après toi s'il est dans l'air la plante elle le prélève comment ? |
| 790 | Malo | Ben par ses xxx. |
| 790 | Idée | La plante prélève l'azote au niveau de ses parties aériennes. |
| 791 | Enseignant' | Et donc ses parties aériennes. |
| 792 | Enseignant | Donc... |
| 793 | Malo | ... ben ses feuilles, ses tiges. |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 793 | Idée | La plante prélève l'azote au niveau de ses parties aériennes. |
| 794 | Enseignant | D'accord. Donc les parties vertes. |
| 795 | Enseignant' | Donc c'est une hypothèse. |
| 796 | Enseignant | D'accord. Et toi Baptiste ton oxygène elle le prendrait à quel niveau ? |
| 797 | Baptiste | Pareil. Les feuilles. |
| 797 | Idée | La plante prélève l'oxygène au niveau de ses parties aériennes. |
| 798 | Enseignant | Les parties vertes ? |
| 799 | Baptiste | Oui. |
| 799 | Idée | La plante prélève l'oxygène au niveau de ses parties aériennes. |
| 800 | Enseignant | D'accord. |

Ne pouvant raisonnablement, avec de si jeunes apprenants, construire la nécessité du CO₂ vis-à-vis d'autres gaz, il restait alors à l'enseignant et comme ce premier extrait de la transcription intégrale du débat scientifique (tableau 6-9) le montre, à mettre en branle quelques idées-obstacles, telles que la plante ne se nourrit que d'éléments tirés de la terre, ou la plante ne se nourrit que par les racines ; tout ceci afin d'aboutir, bien évidemment aux formulations visées, telles que la plante se nourrit d'éléments tirés de l'air et de la terre, ou la plante se nourrit par les racines, les tiges et les feuilles. Mais, par la suite, fallait-il également s'assurer de la prise en compte par les apprenants du gaz comme état possible de la matière, et pour pouvoir ainsi plus facilement l'associer à un aliment, un nutriment de la plante, au même titre que l'eau et les substances minérales. Nous nous proposons, afin de resituer en contexte ce qui vient d'être dit, de présenter un second extrait de la transcription intégrale du débat scientifique (tableau 6-10).

Tableau 6-10. Second extrait de la transcription intégrale du débat scientifique

| | | |
|-----|-------------|---|
| 801 | Enseignant' | Et tout ça... Vous me parlez d'azote, d'oxygène. C'est du solide tout ça ? |
| 802 | Enseignant | C'est quoi ? |
| 803 | Malo | Ben c'est dans l'air donc... |
| 803 | Idée | L'azote et l'oxygène sont présents dans l'air. |
| 804 | Enseignant' | Donc... |
| 805 | Malo | ... si je fais ça et si c'était du solide eh ben ma main elle s'arrêterait. |
| 805 | Idée | L'azote et l'oxygène ne sont pas présents dans l'air à l'état solide. |
| 806 | Enseignant' | Alors tu me dis c'est pas du solide ? |
| 807 | Malo | Oui. |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 807 | Idée | L'azote et l'oxygène ne sont pas présents dans l'air à l'état solide. |
| 808 | Enseignant' | Alors c'est quoi si c'est pas du solide ? |
| 809 | Malo | Ben c'est... |
| 809 | Idée | ... |
| 810 | Enseignant | ... du liquide ? |
| 811 | Malo | Ben c'est comme la vapeur à peu près. |
| 811 | Idée | L'azote et l'oxygène sont présents dans l'air à l'état de la vapeur d'eau. |
| 812 | Enseignant | Donc... |
| 813 | Enseignant' | C'est quoi ça la vapeur ? |
| 814 | Malo | Du gaz. |
| 814 | Idée | L'azote et l'oxygène sont présents dans l'air à l'état gazeux. |
| 815 | Enseignant | Ah... |
| 816 | Enseignant' | Et est-ce qu'un gaz ça peut être un aliment ? |
| 817 | Malo | Ben... |
| 817 | Idée | ... |
| 818 | Enseignant' | Parce qu'on a dit dès le départ hein... La plante pour grandir elle a besoin... |
| 819 | Malo | ... d'aliments. |
| 819 | Idée | La plante a besoin d'aliments. |
| 820 | Enseignant' | ... d'aliments qu'elle prend dans son environnement. Alors est-ce qu'un gaz ça peut être un aliment ? |
| 821 | Malo | Ben oui. |
| 821 | Idée | Prise en compte du gaz comme aliment / nutriment possible de la plante. |
| 822 | Enseignant | D'accord. Donc ici nouvelle chose après les engrais, après tous les minéraux qu'on va prendre dans la terre il y aurait peut-être des choses prises au niveau de l'air, au niveau des gaz qui sont dans l'air qui entoure la plante. Azote et oxygène. |
| 823 | Enseignant' | Ce qui est intéressant là quand même c'est de se dire que ben peut-être que la plante ne prend pas tout dans la terre. Donc vous saisissez bien là tous. |
| 824 | XXX | Oui. |
| 824 | Idée | Idée-obstacle mise en branle : la plante ne se nourrit que d'éléments tirés de la terre. |
| 825 | Enseignant' | On est pas sûrs hein... On sait pas. Mais vous voyez ça ouvre un peu quand même notre réflexion là. |
| 826 | Enseignant | Donc comme on l'a dit au début la plante est un être vivant qui à ce titre a besoin de s'alimenter. Elle a des besoins pour grandir, pour grossir, pour prendre de la masse. D'accord. Et donc tout ce dont elle a besoin, elle le prend où la plante ? |
| 827 | Baptiste | Dans la terre... |
| 827 | Idée | Idée-obstacle mise en branle : la plante ne se nourrit que d'éléments tirés de la terre. |
| 828 | Enseignant | Dans la terre... |
| 829 | Baptiste | ... et dans l'air. |
| 829 | Idée | Idée-obstacle mise en branle : la plante ne se nourrit que d'éléments tirés de la terre. |

| | | |
|-----|-------------|--|
| 830 | Enseignant | C'est-à-dire dans son environ-... |
| 831 | XXX | ... -nement. |
| 831 | Idée | Idée-obstacle mise en branle : la plante ne se nourrit que d'éléments tirés de la terre. |
| 832 | Enseignant | Environnement. Très bien. Donc elle prend tout dans son environnement. Donc cette matière elle peut venir de la terre, elle peut venir de l'air qui est autour et elle... Donc ça veut dire que la plante elle va prendre des choses à quel(s) niveau(x) ? Elle va absorber des choses au niveau de ses... |
| 833 | Malo | ... racines. |
| 833 | Idée | Idée-obstacle mise en branle : la plante ne se nourrit que par les racines. |
| 834 | Enseignant | ... racines. Certainement. D'accord. Comme l'eau. Peut-être comme les minéraux. À voir. Et peut-être qu'elle prend des choses aussi au niveau de ses... |
| 835 | XXX | ... feuilles. |
| 835 | Idée | Idée-obstacle mise en branle : la plante ne se nourrit que par les racines. |
| 836 | Enseignant | ... feuilles. D'accord. Et tout ça une fois qu'elle l'a pris qu'est-ce qu'elle en fait ? |
| 837 | Malo | Ben elle s'alimente. |
| 837 | Idée | La plante a besoin de s'alimenter. |
| 838 | Enseignant' | Elle s'alimente mais... |

Plus généralement, et toujours autour de la question de l'absence de prise en compte du gaz comme état possible de la matière et, par voie de conséquence, comme élément nutritif, de nombreuses idées-obstacles ont pu être mises au travail sur le temps du débat scientifique. Nous en avons déjà mentionné quelques unes, mais pouvons les rappeler dans leur ensemble ; elles sont énumérées ci-après (Peterfalvi, 2001) :

les gaz ne sont pas de la matière ;

la matière du vivant est de nature différente de la matière du non-vivant ;

la plante ne se nourrit que d'éléments tirés de la terre ;

la plante se nourrit des animaux microscopiques de la terre ;

la terre est un tout ;

la plante ne se nourrit que par les racines ;

la plante se nourrit, bien qu'elle ne soit pas vivante ;

la plante se nourrit par le biais d'interventions humaines.

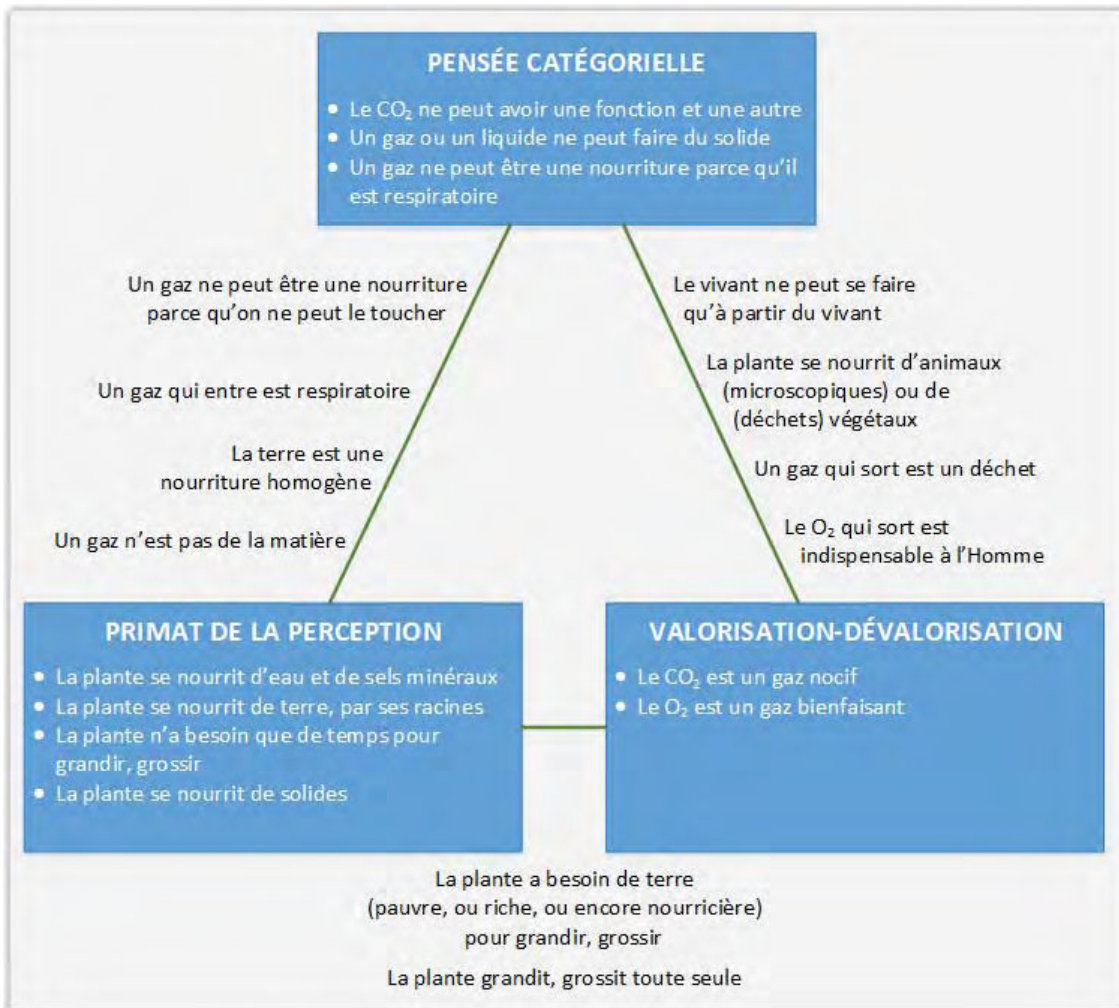
À l'encontre d'un éparpillement que l'on pourrait supposer, ces différentes idées-obstacles sont bien au contraire liées les unes aux autres, de façon systémique, et ce qui permet d'ajouter une certaine cohérence à l'ensemble, expliquant par là même la transversalité et la résistance de l'obstacle épistémologique (Bachelard, 1938/1986) que nous avons pu, une fois encore, apprécier et éprouver en situation de classe. Se référant plus généralement à des modes de pensée bien connus, tels que la *pensée catégorielle*⁴³⁶, ou le *primat de la perception*⁴³⁷, ou encore la *valorisation-dévalorisation*⁴³⁸ (Astolfi & Peterfalvi, 1993 ; Peterfalvi, 2001), ces différentes idées-obstacles peuvent maintenant être présentées –au côté d'autres, et pour gagner en lisibilité, au travers du triangle des obstacles de la nutrition végétale (figure 6-22 ; Peterfalvi, 2001, p. 186).

436 Qui rappelle la pensée des couples (Wallon, 1945/1963), et lorsque l'on oppose deux entités contraires sur un mode binaire, à la façon du vivant et du non-vivant par exemple.

437 Qui rappelle une épistémologie sensualiste, et lorsque l'on se réfère aux aspects sensibles d'une quelconque réalité.

438 Qui rappelle l'épistémologie bachelardienne quand elle dénonce la subjectivité de toute tentative de valorisation dans la connaissance scientifique, du vivant sur le non-vivant par exemple. C'est ainsi que lorsque l'on emprunte « consciemment à la ruche des abeilles le terme de cellule, pour désigner l'élément de l'organisme vivant, l'esprit humain ne lui a pas emprunté aussi, presque inconsciemment, la notion du travail coopératif dont le rayon de miel est le produit ? Comme l'alvéole est l'élément d'un édifice, les abeilles sont, selon le mot de Maeterlinck, des individus entièrement absorbés par la république. En fait la cellule est une notion à la fois anatomique et fonctionnelle, la notion d'un matériau élémentaire et d'un travail individuel, partiel et subordonné. Ce qui est certain c'est que des valeurs affectives et sociales de coopération et d'association planent de près ou de loin sur le développement de la théorie cellulaire. » (Canguilhem, 1985, p. 49).

Figure 6-22. Triangle des obstacles de la nutrition végétale (Peterfalvi, 2001, p. 186)

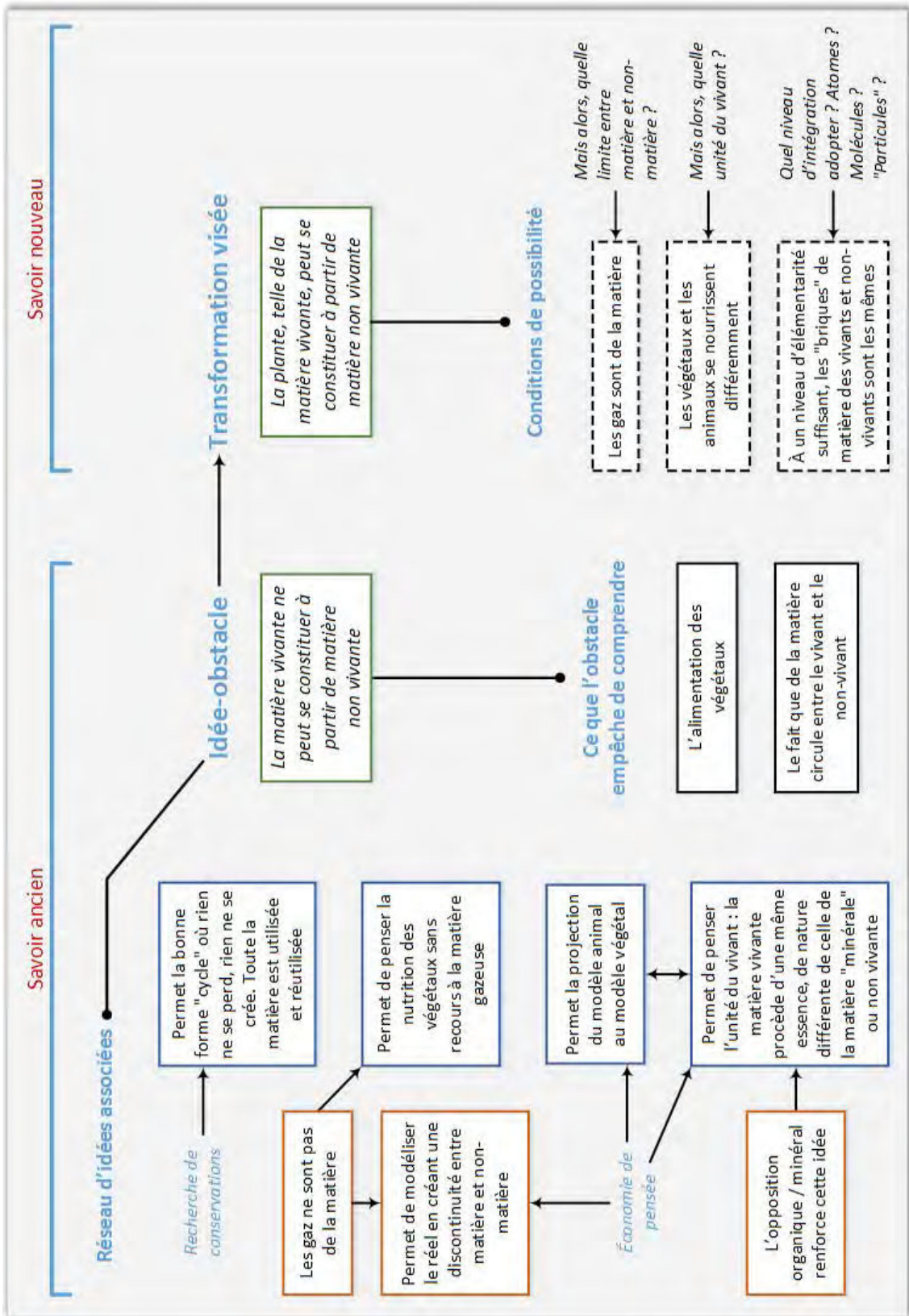


Si, sur le temps du débat scientifique, nous n'avons constaté que (trop ?) peu de résistances pour parvenir à la prise en compte par les apprenants du gaz comme élément nutritif et, par voie de conséquence, comme état possible de la matière (tableau 6-10), nous pouvons utilement nous souvenir que, lors de la préparation du débat scientifique, seul le groupe 5 se risque à aborder la question de possibles échanges gazeux, au demeurant différents : d'un côté, et par la voix de Baptiste, des échanges que l'on serait tenté de qualifier de respiratoires, et puisqu'il est question d'une absorption d'oxygène, de l'autre, et par la voix de Malo, des échanges que l'on serait tenté de qualifier de nutritifs, et puisqu'il est question d'une absorption d'azote. En d'autres termes, et lors de l'émergence des représentations initiales que permet l'évaluation diagnostique, (très !) peu d'apprenants envisagent un gaz, quel qu'il soit, comme élément nutritif. Le mythe de la terre nourricière, dont le triangle des obstacles de la nutrition végétale (figure 6-22 ; Peterfalvi, 2001, p. 186) rend finalement compte, est donc

largement partagé de l'ensemble de la classe à l'amorce de notre débat scientifique. À cette « *terre nourricière, estomac des végétaux (Hippocrate) à la racine comme dent des plantes (Victor Hugo), à cette bête hideuse avide et multiple (Valery), à cette racine serpent qui mange la terre, se déploie toute une constellation chtonienne.* » (Fabre, 1995, p. 52). Dans l'esprit de Bachelard (1948), la racine se voit en effet trop souvent attribuée tous les archétypes de notre monde terrestre, de nos songes de terriens. C'est ainsi que, au final, si « *la vie éveillée conjugue le verbe nourrir en son sens général, dans l'inconscient, toute nourriture est d'abord terrestre et toute bouche une racine-serpent.* » (Fabre, 1995, p. 52). En outre, il est ou non surprenant de constater que ce même groupe 5, est également le seul à défendre explicitement la question des substances minérales, et pour laquelle nous observons une très nette survalorisation desdites substances minérales, quand il ne s'agit plus et au final que de « la » nourriture de la plante : nous retrouvons là d'ailleurs et pour beaucoup, les différentes idées-obstacles directement rattachées au *primat de la perception* du triangle des obstacles de la nutrition végétale (figure 6-22 ; Peterfalvi, 2001, p. 186).

Le (trop ?) peu de résistances, constaté sur le temps du débat scientifique, pour parvenir à la prise en compte par les apprenants du gaz comme état possible de la matière, réside certainement dans ce qui a pu être véhiculé par le cycle de l'eau, antérieurement travaillé de tous. En effet, l'une des conditions de possibilité pour penser que les gaz sont de la matière est, précisément, que les gaz sont susceptibles d'être transformés en liquides (Astolfi & Peterfalvi, 1993 ; Peterfalvi, 2001), comme lors de la liquéfaction au cours du cycle de l'eau. Et, de même, l'une des conditions de possibilité pour penser que la plante, telle de la matière vivante, peut se constituer à partir de matière non vivante est, précisément, que les gaz sont de la matière. De façon sous-jacente, l'idée-obstacle est donc ici que la matière du vivant est de nature différente de la matière du non-vivant et que, par voie de conséquence, la matière vivante ne peut se constituer à partir de matière non vivante ; cela rejoint d'ailleurs parfaitement les analyses de Goix (1996, 1997), lorsque la croissance est envisagée telle une accumulation de semblable, et ce qui amène au refus d'une pensée qui énonce que l'on puisse arriver à de la matière vivante à partir d'une matière inerte. Ainsi pouvons-nous alors présenter les conditions de possibilité au franchissement de l'idée-obstacle : la matière vivante ne peut se constituer à partir de matière non vivante (figure 6-23 ; Peterfalvi, 2001, p. 189).

Figure 6-23. Conditions de possibilité au franchissement de l'idée-obstacle : la matière vivante ne peut se constituer à partir de matière non vivante (Peterfalvi, 2001, p. 189)



C'est pourquoi, et sur le temps du débat scientifique, nous paraissait-il essentiel de familiariser les apprenants avec la transformation visée, à savoir que la plante, telle de la matière vivante, peut se constituer à partir de matière non vivante pour pouvoir ainsi, sur le temps des investigations empiriques, plus facilement associer le CO₂ à un aliment, un nutriment de la plante, au même titre que l'eau et les substances minérales. Il nous est, au travers de cet exemple, permis de montrer sous un autre jour l'articulation de l'investigation à la problématisation sur le temps des investigations empiriques, avec d'abord, sur le temps du débat scientifique, la mise en place des conditions de possibilité pour penser le besoin en CO₂, et ensuite, sur le temps des investigations empiriques, la mobilisation du besoin en CO₂, telle une contrainte sur l'empirique, au service de la construction de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] d'une transformation (*via* un organe) de la matière prélevée, et comme nous avons pu le voir précédemment. Du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, on le voit bien ici, le modèle de repérage, fissuration et franchissement de l'obstacle (figure 1-2 ; Astolfi & Peterfalvi, 1993, p. 119) garde toute sa pertinence sur le temps du débat scientifique, que l'on pourrait ainsi comparer à l'antichambre des investigations empiriques.

Lors de la séance du mardi vingt-deux avril deux-mille-quatorze, ayant pour objectif la structuration sur le besoin en CO₂ + lumière, a-t-il été rappelé aux apprenants que si nous nous nourrissons d'animaux, de végétaux... c'est-à-dire de matière vivante, les végétaux chlorophylliens ont, fait remarquable, cette capacité à fabriquer leur propre matière vivante, et ce à partir de matières exclusivement minérales. Dit autrement, il s'agit là d'envisager la croissance des végétaux chlorophylliens de par un ajout de matière, non vivante, et en – grande– partie gazeuse, et “nocive” (Peterfalvi, 2001), ce qui constitue autant d'idées-obstacles à repérer, fissurer et franchir. Néanmoins, se verra-t-on peut-être reprocher que les apprenants ne pouvaient pas, et sur le temps du débat scientifique, être réellement gênés de l'idée-obstacle qui veut qu'un gaz, voire un liquide ne puisse donner un solide, et ce⁴³⁹ en raison de la nécessité d'une transformation (*via* un organe) de la matière prélevée, qui n'était pas réellement construite à ce moment-ci, et ce même si nous avons lourdement insisté sur la contrainte sur l'empirique d'une plante qui, avec le temps, croît et se développe et, par voie de conséquence, prend de la masse et de la taille, aussi bien au niveau de ses parties aériennes que souterraines.

439 Qui par ailleurs rend parfaitement compte du mythe de la terre nourricière.

5.5. Le besoin en CO₂ : une connaissance apodictique pour le savoir savant, une connaissance assertorique pour le savoir à enseigner

Au commencement, et sur le temps du débat scientifique, la question de possibles échanges gazeux n'aurait pas été abordée sans la relance, et de la part de l'enseignant, du groupe 5 : d'un côté, et par la voix de Baptiste, des échanges que l'on serait tenté de qualifier de respiratoires, et puisqu'il est question d'une absorption d'oxygène, de l'autre, et par la voix de Malo, des échanges que l'on serait tenté de qualifier de nutritifs, et puisqu'il est question d'une absorption d'azote. Dans un cas comme dans l'autre, nous remarquons par conséquent qu'il n'est jamais question d'un quelconque besoin en CO₂, d'une part, et que l'ensemble de la classe embrassait jusqu'alors le mythe de la terre nourricière, d'autre part. Ce dernier peut, pour rappel, se résumer ainsi : les substances qui servent de nourriture à la plante sont toutes captées par les racines, et viennent du sol ; il s'agit là, nous le savons bien, du premier palier de notre grille de lecture des différentes représentations de la nutrition végétale. C'est alors que nous pouvons envisager, au regard de ladite grille, le deuxième palier pour ce qui est de l'idée explicative de Baptiste ; rappelons néanmoins que l'idée explicative d'une nutrition des végétaux supérieurs à partir du sol et respiration ne présente que peu de différences d'avec l'idée explicative d'une nutrition des végétaux supérieurs à partir du sol : il n'y a donc pas ici nécessairement de rupture à opérer. Quant à l'idée explicative de Malo, il n'est bien évidemment possible de lui attribuer, ni le deuxième palier –puisque'il parle d'azote et non d'oxygène, ni le troisième palier –puisque'il parle d'azote et non de carbone, que représente la nutrition des végétaux supérieurs à partir de la photosynthèse où, finalement, et pour fabriquer sa propre matière, la plante a davantage besoin du CO₂ de l'atmosphère, que de l'eau et des substances du sol, à savoir les sels minéraux. En effet, et nous situant par rapport au savoir savant, il est maintenant admis que la nécessité du CO₂ repose sur la nécessité d'une source de carbone minéral, c'est-à-dire inorganique pour, après transformations, produire de la matière vivante, c'est-à-dire organique. De telles distinctions n'étant, cela va de soi, pas compatibles avec le registre explicatif de nos jeunes apprenants, il n'est d'autre possibilité, et par le biais de la “transposition didactique”, que d'assister à un changement de statut épistémique du besoin en CO₂ : de l'apodictique à l'assertorique, le savoir à enseigner envisage donc ici, et sur le temps des investigations empiriques, le besoin en CO₂ telle une contrainte sur l'empirique. Dit autrement si, du point de vue du savoir savant, le besoin en CO₂ est une nécessité il devient,

du point de vue du savoir à enseigner, une contrainte : d'une connaissance apodictique⁴⁴⁰ l'on revient, malheureusement pourrait-on dire, à une connaissance assertorique⁴⁴¹, mais c'est là selon nous la seule façon possible, et raisonnable, de mettre pleinement au travail la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation (figure 6-19 ; figure 6-21). N'oublions pas que cette idée explicative d'une nutrition des végétaux supérieurs à partir de la photosynthèse est, à l'école élémentaire, pour ainsi dire hors d'atteinte, et tant sa véritable compréhension demande une connaissance des processus physico-chimiques qui régissent les lois de la nature, et donc du vivant. D'une certaine manière, notre « *représentation du problème à construire est totalement étrangère à la représentation spontanée des élèves. Au bout du compte, c'est un changement métaphysique sur ce que veut dire "expliquer" que les élèves doivent opérer : un changement des grandes règles du jeu scientifique. Les obstacles sont donc dans les conceptions qu'ont les élèves du monde et de ce qu'est une bonne explication.* » (Fabre & Orange, 1997, p. 52). C'est pourquoi Fabre et Orange (1997) qui, certes, s'intéressent plus particulièrement au secondaire supérieur, n'invitent pas l'enseignant à « *convaincre par des arguments ou des faits, mais, plus modestement, d'inviter à essayer autre chose. C'est à induire de tels essais que servent les informations complémentaires qu'il apporte. La rupture ne peut pas être immédiate. Elle se fera, éventuellement, par l'usage répété du nouveau* » (Fabre & Orange, 1997, p. 52) contexte problématique ou registre explicatif, voire de la nouvelle matrice épistémique.

Comprenons bien qu'à l'échelle de l'histoire⁴⁴² des sciences, le savoir savant dont dispose aujourd'hui la communauté scientifique au sujet de la photosynthèse est, pour ainsi dire, encore très récent et, comme souvent, résulte de nombreuses découvertes même si, pour Rumelhard (1985), ces dernières ont longtemps buté sur les mêmes obstacles épistémologiques (Bachelard, 1938/1986) : la référence à la conception vitaliste, aux démonstrations quantifiées, au modèle animal, aux pratiques agricoles et, surtout, au sens commun, en sont les principaux représentants. Sans vouloir faire apparaître l'activité de

440 Toute « *connaissance est apodictique lorsqu'elle présente un certain caractère de nécessité, dans le cadre théorique ou intellectuel où l'on se situe. Ainsi, la nutrition des végétaux, comprise comme un flux de matière et d'éléments chimiques, et située dans le fonctionnement générale d'un écosystème, conduit à penser l'entrée de carbone sous forme de CO₂ comme une nécessité ; cela donne à cette connaissance un caractère apodictique.* » (Orange, 1997, p. 229).

441 Toute connaissance est assertorique lorsqu'elle « *ne présente aucun caractère de nécessité : elle est "vraie", mais elle pourrait être "fausse" sans remettre en cause la cohérence du système théorique. Ainsi, pour beaucoup d'élèves, le fait que les végétaux absorbent ou rejettent du CO₂ est une connaissance assertorique, dans la mesure ou ils hésitent souvent entre les deux, et n'ont aucune raison de choisir l'un par rapport à l'autre. D'une certaine façon, on peut dire qu'une connaissance assertorique n'est pas scientifique.* » (Orange, 1997, p. 229).

442 Au sens d'une histoire qui se pense au regard de sa filiation, et non de sa commémoration (Rumelhard, 1985).

recherche scientifique « *comme un continuum de réussites sans rupture ni débat, il y a* » (Kassou & Souchon, 1992, p. 60) malgré tout moyen de revenir sur quelques unes de ces découvertes et, par conséquent, de leurs découvreurs, avec (Rumelhard, 1985) :

Van Helmont (1577-1644), qui⁴⁴³ démontre que les plantes se nourrissent d'eau ;

Hales (1677-1761), qui démontre que les plantes se nourrissent d'air et d'eau ;

Priestley (1733-1804), qui démontre que les plantes purifient l'air par un processus inverse de la respiration des animaux → découverte du rejet d'oxygène⁴⁴⁴ ;

Ingen-Housz (1730-1799), qui démontre que les parties vertes des plantes produisent au Soleil de l'air déphlogistiqué (O₂) ;

Senebier (1742-1809), qui démontre que les parties vertes des plantes produisent au Soleil de l'air déphlogistiqué (O₂), mais seulement en présence d'air fixe (CO₂) ;

Sachs (1832-1897), qui démontre le lien de l'activité de la chlorophylle, au Soleil, à la synthèse de l'amidon.

D'une apparente homogénéité de la problématique traitée, au cours de l'histoire des sciences, les questions travaillées furent en réalité de nature bien diverse, et selon que l'on envisageât le thème de la nutrition (Kassou & Souchon, 1992) : d'abord au travers des questions de masses, ensuite au travers des questions de gaz⁴⁴⁵, enfin au travers des questions de flux de matière et d'énergie, *via* la fonction, le rôle de la chlorophylle. Bien entendu, n'est-il point question « *de rechercher ensuite la présence de ces mêmes difficultés chez les élèves actuels, qui bien évidemment ne peuvent être considérés comme les contemporains intellectuels de tel ou tel savant du passé. Il faut cependant noter que certaines difficultés historiques peuvent persister sous une forme apparemment identique pour raisons partiellement différentes. Certaines observations “premières” peuvent demeurer et conduire à des difficultés au moins en partie identiques. Mais surtout, ce travail historique est une indication sur des difficultés que nous ne soupçonnons plus actuellement et qu'il est profitable de comprendre pour en déceler la présence* » (Rumelhard, 1985, p. 48-49). Nous pouvons

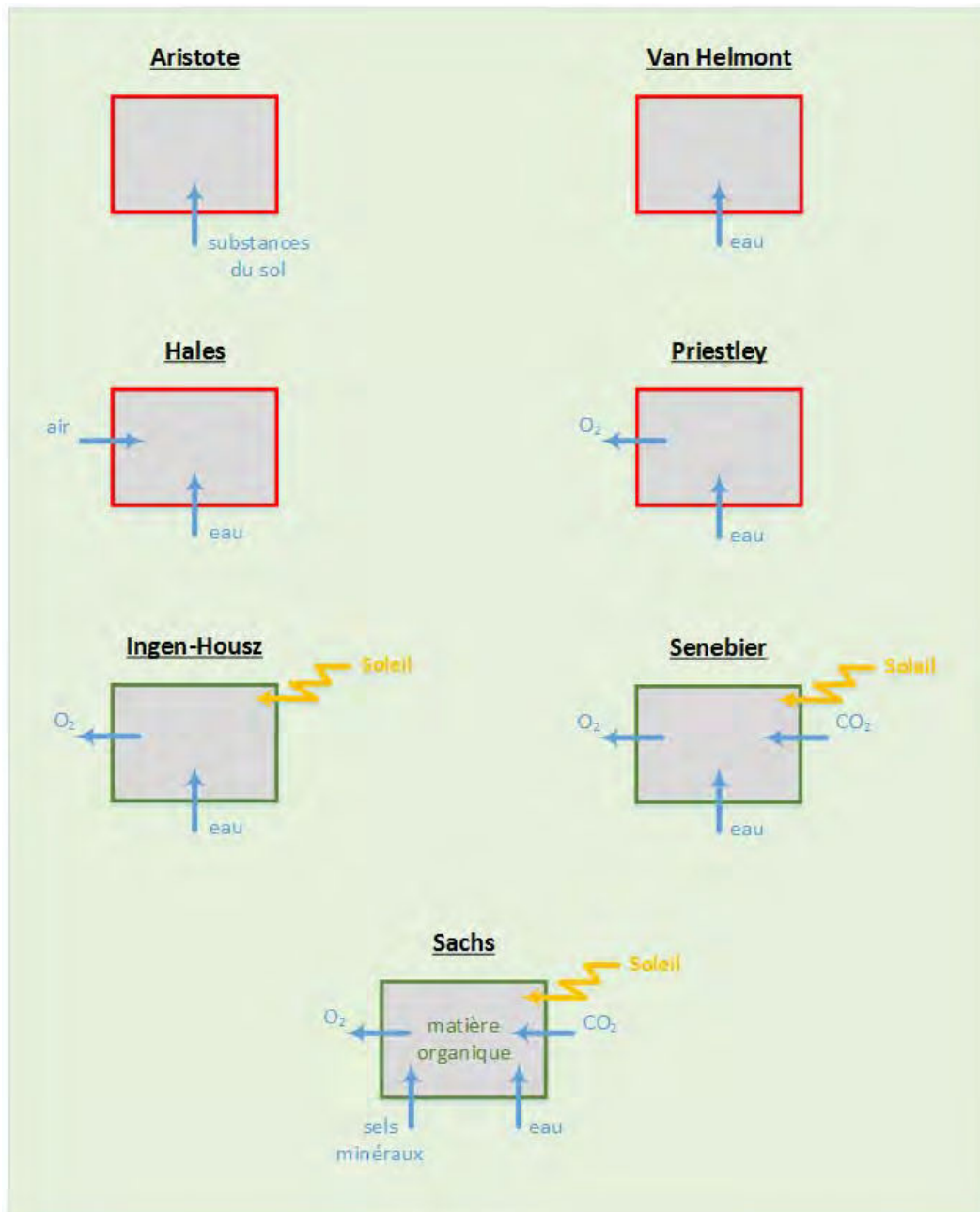
443 Par le biais de sa célèbre expérience du saule, dont la discussion de sa conclusion est encore souvent travaillée sur le secondaire supérieur (Campestrini, 1992).

444 Pour lequel nombre d'entre nous oublie encore « *ainsi “aisément” que le carbone provient du gaz carbonique de l'air, tandis que l'oxygène provient de l'eau, contrairement à ce que l'on pourrait penser !* » (Rumelhard, 1985, p. 60) ; il faut en effet attendre le XX^e siècle pour en faire la découverte : sa discussion peut alors être travaillée sur le secondaire supérieur (Gueye, 1992).

445 En termes d'échanges.

donc, et sous une autre forme, ainsi présenter la synthèse des découvertes majeures de la photosynthèse (figure 6-24 ; Kassou & Souchon, 1992, p. 71).

Figure 6-24. Synthèse des découvertes majeures de la photosynthèse (Kassou & Souchon, 1992, p. 71)



Finalement, et à l'issue d'un tel projet d'enseignement-apprentissage en sciences, nous ne pouvons qu'apprécier de nous retrouver assez bien au troisième, voire quatrième niveau de la grille de lecture des différentes représentations de, simultanément, l'alimentation, la

respiration et la photosynthèse (tableau 6-11 ; d'après Cañal de León, 1990, 1992), et bien que la respiration, travaillée sur le temps du débat scientifique, ne l'eut que très peu été sur le temps des investigations empiriques ; et si ce n'est lors de la seconde phase (du second temps) de la séance du lundi sept avril deux-mille-quatorze, où la nécessité d'une respiration de la plante, aussi bien au niveau de ses parties aériennes que souterraines, avait été mise au travail.

Tableau 6-11. Grille de lecture des différentes représentations de, simultanément, l'alimentation, la respiration et la photosynthèse (d'après Cañal de León, 1990, 1992)

| |
|--|
| Premier niveau |
| On constate une absence presque totale de définition personnelle de l'alimentation, de la photosynthèse, et de la respiration des plantes. On voit seulement une certaine proximité avec l'idée "d'alimentation externe simple" (alimentation comme captation de substances du sol). |
| Deuxième niveau |
| Il consiste en l'adoption d'un schéma général sur les relations de la plante avec son milieu, selon lequel tous les échanges se produisent par la racine, qu'ils soient alimentaires ou respiratoires (ce qui nous rappelle la conception historique de la racine comme bouche de la plante). |
| Troisième niveau |
| On admet l'incorporation de substances à la plante par les racines et par les feuilles, et une transformation interne de celles-ci. Cependant photosynthèse et respiration sont des concepts étroitement liés car la photosynthèse est conçue surtout comme une forme de respiration particulière des plantes qui se fait le jour, prenant du CO ₂ et rejetant de l'O ₂ , au contraire de ce qui a lieu la nuit. Le fait que l'on puisse dire ceci est lié au manque de conception adéquate sur la signification de la photosynthèse et de la respiration. |
| Quatrième niveau |
| Il semble constituer le plafond qui peut être atteint par des élèves du primaire. C'est l'idée que les plantes vertes prennent des substances de l'extérieur par les racines et les feuilles, ces substances étant l'objet de transformations internes lors de la photosynthèse. La photosynthèse est conçue comme un processus dirigé vers la fabrication des aliments de la plante. La respiration de jour est la façon de capter le CO ₂ dont elle a besoin pour faire la photosynthèse, et pendant la nuit la respiration est normale, prenant de l'O ₂ et dégageant du CO ₂ , sans qu'on ne voie d'autre signification que le simple échange gazeux qui doit obligatoirement être fait pour ne pas mourir. |

Finalement, et dépassant l'articulation des concepts en jeu lors du cas d'étude de la séance ayant pour objectif la structuration sur le besoin en sels minéraux, nous réalisons là pleinement la spécificité de la photosynthèse, tel un concept général qui nécessite la maîtrise de concepts de base, et qui dépassent d'ailleurs largement le stricte cadre du domaine des sciences de la vie : pour s'en convaincre, évoquons seulement que la moitié, et même plus, de l'eau des nuages est issue du phénomène de l'évapotranspiration. Simpson et Arnold (1982), bien avant nous, montrent en effet déjà « *que la photosynthèse est un domaine de connaissances difficile en soi, et que sa maîtrise exige la compréhension de multiples faits,*

relations et concepts. Ils nous font voir finalement que la persistance d'une conception de la nutrition végétale semblable au modèle de la nutrition des animaux crée des difficultés énormes dans ce domaine. Ces auteurs montrent également l'existence de grandes déficiences dans l'apprentissage de toute une série de concepts de base qui constituent, selon eux, des conditions préalables à tout apprentissage. D'une liste importante on peut détacher les quatre concepts suivants : être vivant, aliment, gaz, et énergie, en suggérant que, dans le cas de "aliments", les problèmes se situent aussi au niveau de la formulation scientifique de ce concept. » (Cañal de León, 1992, p. 13).

5.6. Retour sur la question de recherche, de sa première formulation à sa seconde formulation

Le modèle d'«investigation-structuration» se traduit, lors de ce premier recueil de données, de deux façons différentes : d'une part en alternant pour chaque besoin de la plante, une première séance d'investigation, une seconde séance de structuration, d'autre part en consacrant un temps de travail particulier lors de la séance du mardi quinze avril deux-mille-quatorze, ayant pour objectif l'investigation sur le besoin en CO₂ + lumière. Si, et pour chaque besoin de la plante, les séances dites de structuration nous permettaient d'aboutir à un énoncé «structurant», car récapitulant les différents résultats de telle ou telle expérimentation, de telle ou telle hypothèse de travail, le temps de travail particulier de la séance du mardi quinze avril deux-mille-quatorze se voulait intéressant à plus d'un titre : sur la forme d'abord, lorsque l'enseignant s'adresse successivement⁴⁴⁶ à chaque groupe de travail de la classe, sur le fond ensuite, lorsqu'en travaillant ici-même la nécessité sur le modèle [ou les modèles] d'une transformation (*via* un organe) de la matière prélevée, nous délaissions un aspect seulement descriptif de la croissance, au profit de son aspect purement explicatif (Goix, 1996, 1997). En effet c'est bel et bien parce, qu'à ce stade du projet d'enseignement-apprentissage, tous les besoins de la plante sont identifiés, que nous est alors permis de ne seulement pas travailler les besoins nutritifs des végétaux chlorophylliens, mais d'aller au-delà. C'est là selon nous, et à l'issue du débat scientifique, une réelle tentative de problématisation sur le temps des investigations empiriques, et puisque mobilisant le travail de diverses contraintes et nécessités (figure 6-11) ; en somme, d'une articulation possible de l'investigation à la problématisation qui, pour sûr, valide l'hypothèse de travail que nous avons faite. En outre, remarquons que le

⁴⁴⁶ Et non simultanément ; concrètement, l'entretien en question avait lieu dans une salle annexe et attenante à la salle de classe.

travail de cette nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation a été rendu possible par le biais de la “transposition didactique”, et pour être pleinement accessible aux possibilités cognitives de notre apprenant, à savoir un enfant de l'école élémentaire : comme pour le thème d'étude de la nutrition animale, c'est bien par la mise à disposition de l'apprenant d'une nouvelle contrainte sur le modèle [ou les modèles] que, finalement, pourra être construite la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation.

Basculant sur la seconde formulation de la question de recherche, laquelle s'intéresse à la fonction didactique du moment que représentent les investigations empiriques au sein d'un quelconque projet d'enseignement-apprentissage en sciences, nous pouvons globalement regrouper lesdites investigations de la sorte, à savoir :

que d'une part, sous la forme d'une expérimentation / observation, nos activités d'investigation prenaient la forme de la mise à l'épreuve d'un modèle, en cela la première fonction des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003) ;

et que d'autre part, sous la forme d'une documentation, nos activités d'investigation prenaient la forme de la mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques, en cela la deuxième fonction des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003).

Tout d'abord, et de celles qui prennent la forme d'une expérimentation / observation, prendrons-nous l'exemple de la séance du mardi vingt-cinq mars, ou premier avril deux-mille-quatorze où, fondamentalement, nous cherchions à savoir si la plante avait besoin d'eau, ce qui ne faisait que peu de doutes et, dans l'affirmative, si la plante absorbait l'eau au niveau de ses racines ou de ses feuilles / tiges. Aussi, et toujours vis-à-vis de la question de l'eau, voulions-nous savoir si la plante possédait des canaux, tuyaux, vaisseaux, veines... et, de même, si la plante présentait des rejets dans l'environnement. Ainsi, on le voit bien, et de chaque hypothèse de travail testée, les modèles travaillés, qu'ils soient ou non par la suite validés, sont bel et bien arrêtés : la plante a besoin d'eau, la plante absorbe l'eau au niveau de ses racines, la plante absorbe l'eau au niveau de ses feuilles / tiges, la plante possède des canaux, tuyaux, vaisseaux, veines... et la plante présente des rejets dans l'environnement. Remarquons seulement que, de ces deux derniers modèles, l'on comprendra l'utilité lorsque sera travaillée la question de la sève, brute notamment, qui emprunte bien des canaux, tuyaux, vaisseaux, veines... et dont le moteur n'est autre que le phénomène de l'évapotranspiration.

Ensuite, et de celles qui prennent la forme d'une documentation, prendrons-nous l'exemple de la séance du lundi quatorze avril deux-mille-quatorze où, lors d'une première phase (du second temps de la séance), nous cherchions à rapprocher la question des engrais “chimiques” du besoin en sels minéraux et où, lors d'une seconde phase (du second temps de la séance), nous cherchions à distinguer les engrais “chimiques” des engrais “non chimiques”. S'intéressant d'abord à la première de ces phases, c'est bien parce que les documents nous apprennent la présence conjointe de sels minéraux dans les engrais “chimiques” et dans le sol de jardin que, nécessairement, les substances du sol et les engrais “chimiques” ne correspondent qu'à une seule et même entité, ce qui reconfigure totalement les données du problème en jeu, notamment vis-à-vis de trois questions organisatrices de notre débat scientifique (figure 6-2), à savoir la question À quoi servent les engrais ?, la question À quoi servent les substances minérales ? (de la terre), et la question À quoi sert la terre ? S'intéressant ensuite à la seconde de ces phases, c'est bien parce que les documents nous apprennent l'action des décomposeurs du sol que, finalement, l'on parvient au cycle (simplifié) du carbone au niveau d'un sol de forêt (figure 6-6), puis au cycle (simplifié) du carbone au niveau d'un sol de culture (figure 6-8), et pour mieux comprendre ce qui distingue les engrais “non chimiques” des engrais “chimiques” et, par voie de conséquence, l'agriculture biologique de l'agriculture non biologique. Dans un cas comme dans l'autre, nous sommes bien en présence de modèles travaillés –sur le temps du débat scientifique– qui ne sont pas totalement explicités, voire mal assurés, et pour lesquels les éléments apportés sur le temps des investigations empiriques permettront d'arrêter le modèle, en le reconfigurant totalement.

Notons simplement que nous reviendrons plus tard (lors du chapitre 8) sur ces différentes questions, et infléchirons sans doute quelques prises de position, ici défendues.

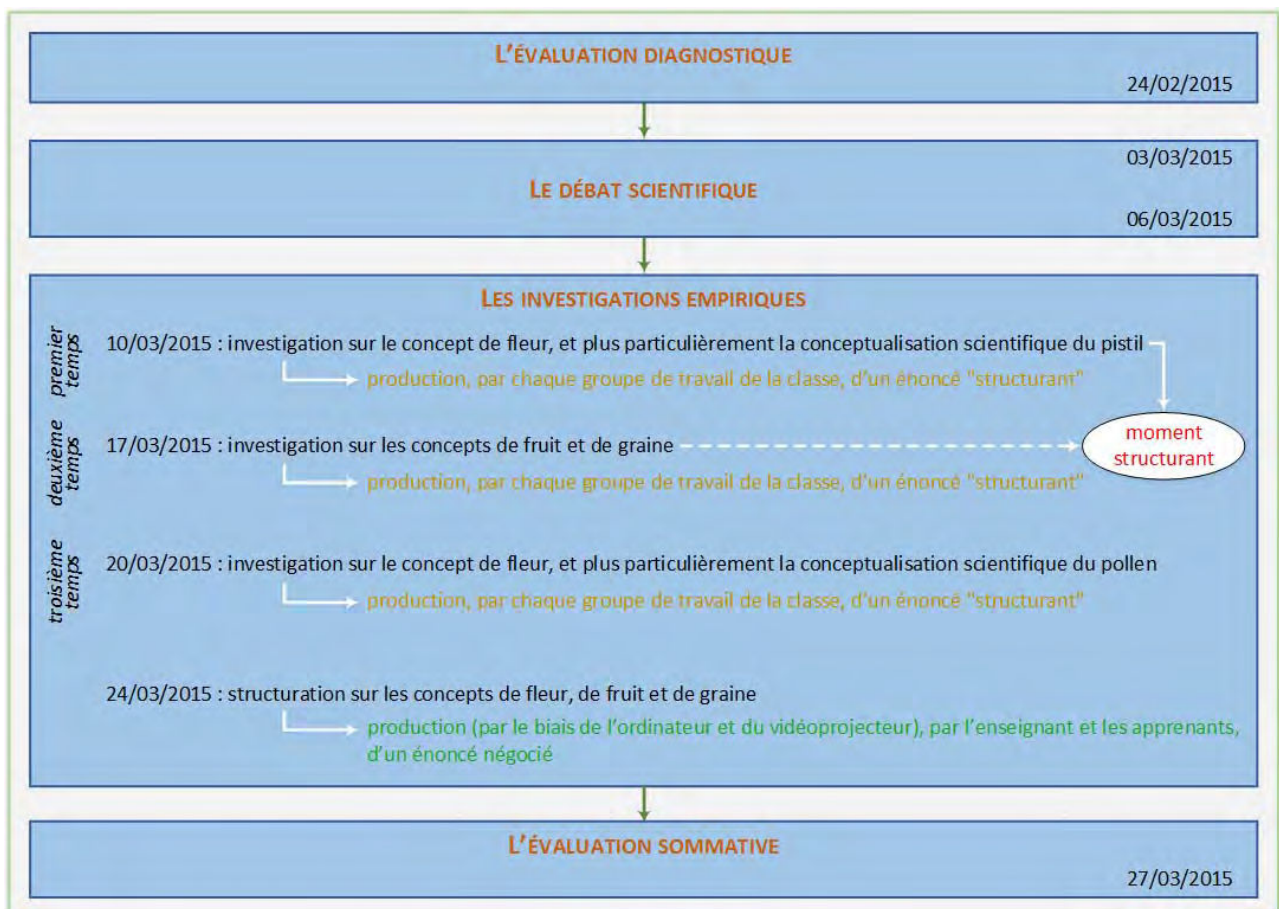
Plus généralement, et puisque nous pressentions que les nécessités sur l'empirique, de par leur lien avec l'expérimental, pourraient apporter une solution épistémologique satisfaisante à notre problématique de recherche, nous ne pouvons qu'apprécier de les voir exister (figure 6-3 ; figure 6-11) et, surtout, de pouvoir les mobiliser au sein de notre contexte problématique, notamment vis-à-vis de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation (figure 6-21).

Chapitre 7. Conceptualisation, mise en œuvre et analyse d'un dispositif didactique lors d'une problématisation scientifique ayant trait à la reproduction végétale

Introduction

Notre second recueil de données est issu de la conceptualisation et de la mise en œuvre d'un dispositif didactique lors d'une problématisation scientifique ayant trait à la reproduction végétale, au sein d'une classe de CM1 / CM2 (figure 7-0).

Figure 7-0. Mise en œuvre du dispositif didactique scientifique portant sur le thème d'étude de la reproduction végétale, au sein d'une classe de CM1 / CM2



Si nous avons bien évidemment assuré l'essentiel du travail de conceptualisation, la mise en œuvre a, quant à elle, été confiée à un enseignant dont la pratique peut être qualifiée d'experte ; ce dernier a également été invité à nous proposer ses propres ajustements, concernant la construction même du projet d'enseignement-apprentissage en jeu.

Après avoir présenté l'analyse épistémologique de l'objet d'étude en jeu dans une première partie, nous présenterons successivement l'analyse de l'évaluation diagnostique dans une deuxième partie, du débat scientifique dans une troisième partie, et des investigations empiriques dans une quatrième partie, le tout au regard du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons. Enfin, nous discuterons dans une cinquième partie l'analyse des résultats de ce second recueil de données, au regard de notre hypothèse de travail.

Sur le temps de ce travail de recherche, l'analyse et la discussion de ce second recueil de données ont d'ores et déjà pu être valorisées, lors d'une communication à un colloque international (Beuve & Lhoste, 2016).

Le thème d'étude retenu dans le cadre de ce second recueil de données est celui de la reproduction végétale, et plus précisément, si l'on s'en réfère à son objet d'étude, de la reproduction sexuée des angiospermes (annexe 7-1). À la lecture des instructions officielles, et pour ce qui est des sciences expérimentales et technologie, nous est-il naturellement permis d'inscrire cet apprentissage dans le cadre de l'étude du fonctionnement du vivant, à savoir notamment les modes de reproduction des êtres vivants. Ce thème d'étude de la reproduction, et *a fortiori* lorsqu'il porte sur le règne végétal, se révèle quelque peu ardu à travailler à l'école élémentaire, et puisque ladite reproduction appelle toujours à une production qui, sans le dire, s'opérerait à l'identique d'un quelconque géniteur ce qui, dès lors, fait bien évidemment obstacle à l'apprenant qui s'y attelle. En effet, la reproduction sexuée⁴⁴⁷ ou, plus justement, la procréation, quand elle assure la transmission des caractères de l'espèce⁴⁴⁸, permet également, et c'est bien là toute son originalité, la création –par le biais du brassage génétique– d'une infinie variété au sein même de la descendance de ladite espèce⁴⁴⁹, et à laquelle ne saurait aboutir la reproduction asexuée⁴⁵⁰. Il s'agira alors et pour nous, lors de la mise en œuvre de ce dispositif didactique, d'identifier au mieux les représentations initiales de nos apprenants, et relatives à cet objet d'étude, comme des obstacles qui s'y opposent, afin de rendre possible, de connaissances communes, le passage à des connaissances scientifiques (Bachelard, 1949), nécessairement raisonnées (Orange, 2000, 2002a). Enfin, et pour mieux comprendre la genèse du projet d'enseignement dont il va être question (annexe 7-1), pouvons-nous rappeler quelques données pédao-didactiques générales et relatives aux divers modes de transmission de la vie (tableau 7-1 ; d'après Blanchard, 2002).

Tableau 7-1. Données pédao-didactiques générales et relatives aux divers modes de transmission de la vie (d'après Blanchard, 2002)

| Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant |
|--|
| <p>Dans le langage courant, l'œuf désigne généralement uniquement l'œuf d'oiseau, notamment l'œuf de poule qui, en l'absence de coq dans l'élevage, n'est en fait qu'un ovule avec ses réserves nutritives. L'œuf est, en langage scientifique, la première cellule d'un organisme résultant de la fécondation.</p> <p>L'expression "petite graine", utilisée parfois avec les jeunes élèves pour désigner le spermatozoïde peut créer des confusions entre espèce végétale et espèce animale.</p> |

447 Des génotypes, et donc des phénotypes variés qu'elle permet, la reproduction sexuée est, en théorie, la plus intéressante (c'est-à-dire qu'elle assure au mieux le succès reproductif de la population en question) pour des organismes vivant dans des environnements ou milieux changeants.

448 Et l'on fait ici référence à l'unité du vivant.

449 Et l'on fait ici référence à la diversité du vivant.

450 Des génotypes, et donc des phénotypes à succès qu'elle perpétue, la reproduction asexuée est, en théorie, la plus intéressante (c'est-à-dire qu'elle assure au mieux le succès reproductif de la population en question) pour des organismes vivant dans des environnements ou milieux stables.

| |
|--|
| <p>La fleur désigne une fleur à pétales dans son rôle décoratif. La procréation, donnant naissance à un nouvel être vivant porteur des caractéristiques de son espèce, est souvent confondue avec la reproduction non sexuée, production d'une copie conforme.</p> |
| <p>Difficultés provenant des idées préalables des élèves</p> |
| <p>Les représentations des élèves autour de la transmission de la vie sont plus ou moins chargées d'affectivité : elles varient donc s'il s'agit de végétaux, d'animaux ou d'êtres humains. Chez les animaux, le rôle du mâle n'est pas toujours perçu ; chez les plantes à fleurs, des élèves pensent que les grains de pollen en germant donnent de nouvelles plantes. La double contribution mâle + femelle pour la procréation est donc un aspect omis.</p> |
| <p>Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations</p> |
| <p>Ne pas imposer un vocabulaire trop spécialisé. Ne pas généraliser hâtivement sans prendre appui sur des exemples variés. Éviter de heurter la sensibilité des jeunes élèves.</p> |
| <p>Connaissances</p> |
| <p>La reproduction des êtres vivants se réalise de manière sexuée (procréation) ou asexuée (reproduction non sexuée au sens strict) ; dans le cas de la procréation, tout nouvel être vivant provient du développement d'un œuf. Dans la plupart des espèces animales, on peut distinguer des mâles et des femelles. Dans certaines espèces animales, le jeune trouve dans l'œuf pondu par la femelle dans le milieu extérieur tout ce qui est nécessaire à son développement : c'est un développement ovipare. Après l'éclosion, les œufs libèrent soit une larve, soit un jeune qui ressemble à l'adulte. Dans d'autres espèces, le développement se fait à l'intérieur du corps de la femelle qui satisfait à la nutrition : c'est le développement vivipare. Les végétaux à fleurs proviennent la plupart du temps d'une graine obtenue par reproduction sexuée. La graine est contenue dans le fruit ; ceux-ci proviennent de la transformation de la fleur (ou d'un ensemble de fleurs). Une reproduction asexuée existe aussi chez certains végétaux, elle se fait à partir d'un fragment de végétal (boutures, marcottes, bulbes, tubercules...) : c'est un clonage naturel. Ce phénomène est beaucoup plus rare mais existe chez les animaux.</p> |

1. Analyse épistémologique de l'objet d'étude

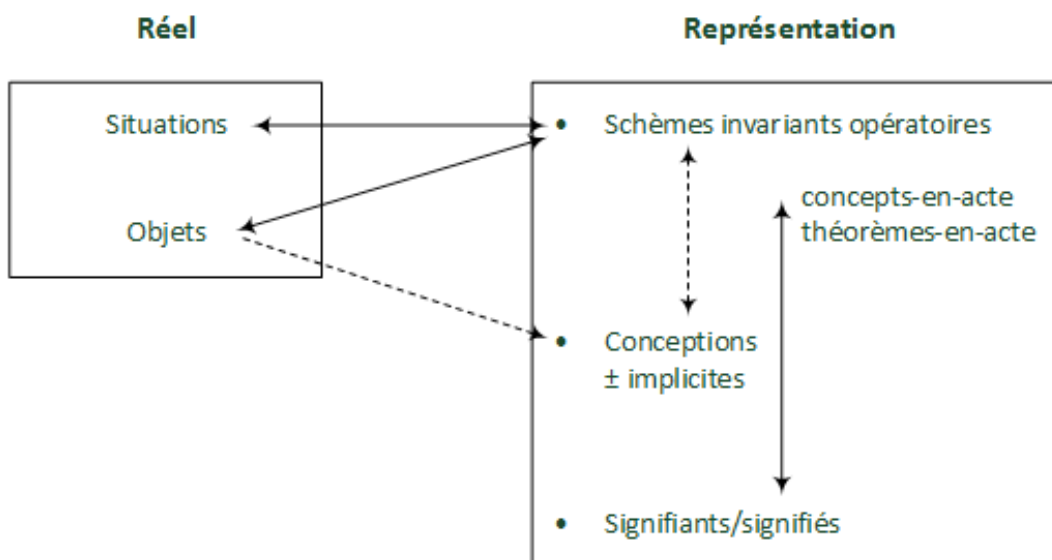
Bien qu'assez inhabituel dans le domaine des sciences de la vie, l'analyse ici faite de notre objet d'étude fait clairement référence à la "théorie des champs conceptuels", laquelle emprunte largement à toute l'œuvre de Piaget⁴⁵¹, mais également et de façon considérable à celle de Vygotski⁴⁵² ; en somme, nous faut-il et, pour l'essentiel, comprendre que c'est bien en agissant avec et sur ce qu'il est commun d'appeler le réel qu'une activité de conceptualisation peut avoir lieu. Plus précisément, s'agit-il ici d'« *un cadre pour penser le développement ainsi que les apprentissages et les prises de conscience qui le jalonnent. La première idée est qu'un concept ne se développe jamais seul, mais en liaison avec d'autres concepts, avec lesquels il forme système. Il y a donc système à tous les moments du développement ; ce ne sont pas seulement les concepts scientifiques qui forment système mais également les concepts*

451 Lorsqu'il est notamment question de mouvements d'assimilation et de mouvements d'accommodation et, par conséquent, de schème.

452 Lorsqu'il est notamment question de concepts quotidiens et de concepts scientifiques.

quotidiens. La seconde idée est que les concepts se développent parce que les situations et les activités en offrent l'occasion. Un concept prend son sens à travers une variété relativement grande de situations, non pas à travers une classe de situations seulement. Enfin les formes symboliques de représentation que sont le langage naturel, les dessins, les diagrammes, les tableaux, les formules, jouent un rôle important dans la prise de conscience et la stabilisation des connaissances. » (Boyer, 2000, p. 152). Nous l'aurons compris, la “théorie des champs conceptuels” accorde une importance privilégiée au lien qui unit le réel à la représentation, et donc au schème, duquel nous pouvons alors distinguer des anticipations, des inférences, des invariants opératoires et des règles d'action (Vergnaud, 1990) ; par invariants opératoires, nous faut-il encore distinguer deux grandes classes de connaissances conceptuelles, ou connaissances-en-acte⁴⁵³, à savoir les concepts-en-acte⁴⁵⁴ et les théorèmes-en-acte⁴⁵⁵. Ou d'une certaine idée, qui à la fois relève de la thèse piagétienne et de la thèse vygotskienne, des relations qui unissent le réel à la représentation, et ce d'après la “théorie des champs conceptuels” (figure 7-1 ; Boyer, 2000, p. 151).

Figure 7-1. Relations qui unissent le réel à la représentation d'après la “théorie des champs conceptuels” (Boyer, 2000, p. 151)



453 Lesquelles permettent la conceptualisation de la tâche prescrite.

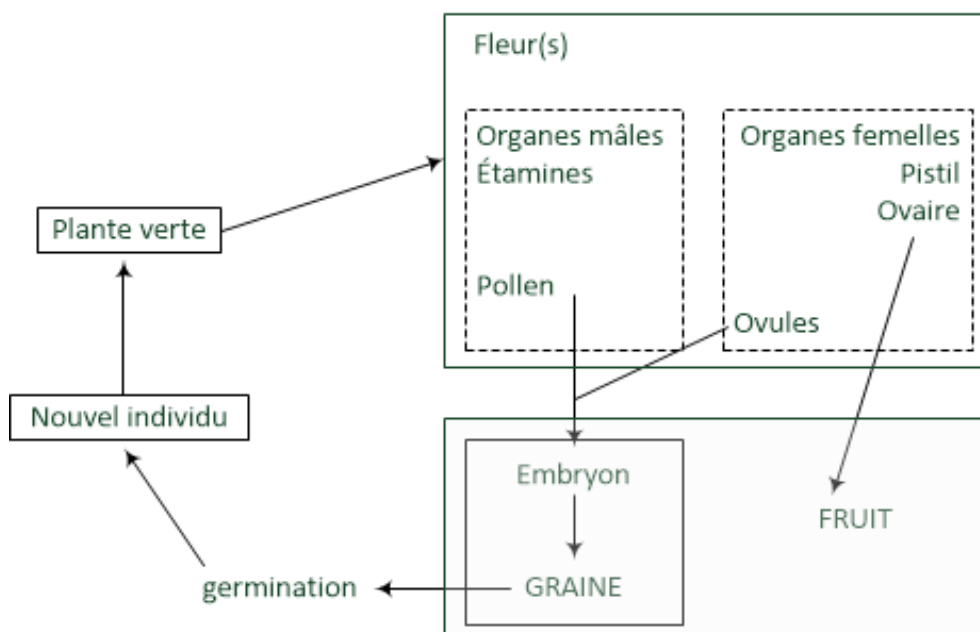
454 Qui, selon Vergnaud (1990, 1995), représentent des catégories de pensée que le sujet tient pour pertinentes, et ce face à un ensemble de situations semblables ; dès lors, les concepts-en-acte, et comme tout concept, ne peuvent être tenus pour vrais (ou le contraire).

455 Qui, selon Vergnaud (1990, 1995), représentent des propositions de pensée que le sujet tient pour vraies, et ce face à un ensemble de situations semblables ; dès lors, les théorèmes-en-acte, et comme tout théorème, ne peuvent être tenus pour pertinents (ou le contraire).

C'est pourquoi, et de sa nature « *dynamique et fonctionnelle, le schème n'en appelle pas moins l'analyse. S'il organise la conduite du sujet il comporte des règles d'action et des anticipations. Mais cela n'est possible que parce que fait partie intégrante du schème une représentation implicite ou explicite du réel analysable en termes d'objets, de catégories-en-acte (propriétés et relations) et de théorèmes-en-acte. Ces invariants opératoires organisent la recherche de l'information pertinente en fonction du problème à résoudre ou du but à atteindre, et pilotent les inférences.* » (Vergnaud, 1990, p. 167).

Naturellement, et par le biais de la “transposition didactique”, convient-il d'envisager ici un champ conceptuel qui soit pleinement accessible aux possibilités cognitives de notre apprenant, à savoir un enfant de l'école élémentaire ce qui, bien évidemment, équivaut à l'abandon de l'étude des gymnospermes⁴⁵⁶, tout comme de la double fécondation, au demeurant propre aux angiospermes⁴⁵⁷ (annexe 7-2). Aussi, la fleur, le fruit et la graine, aux structures diverses mais associées, composent-ils de systémique façon le champ conceptuel de notre objet d'étude, à savoir la reproduction sexuée des angiospermes, et comme il est donné de l'apprécier à la vue du cycle de vie des angiospermes (figure 7-2 ; Boyer, 2000, p. 153).

Figure 7-2. Cycle de vie des angiospermes (Boyer, 2000, p. 153)



456 Ou plantes à fleurs (et donc à graines).

457 Ou plantes à fleurs (et donc à graines) & à fruits.

Cependant, et plus que d'une réelle mise en relation des différents concepts, les représentations initiales de tels apprenants et sur un tel objet d'étude tendent plus en une simple juxtaposition, et si ce n'est succession d'états, de laquelle il n'est permis d'établir, d'un point de vue opératoire, aucune relation ; d'où les nécessaires ruptures, au regard de la thèse bachelardienne, que devront permettre les actions didactiques à venir, le tout en vue d'organiser les concepts de fleur, de fruit et de graine au sein même d'un système, témoin d'une amorce de conceptualisation scientifique⁴⁵⁸ (Boyer, 1998, 2000).

1.1. Le concept de fleur

1.1.1. Le concept scientifique de fleur

Pour cela, nous reporterons-nous utilement à nos propres documents de travail (annexe 7-3), et que nous proposons à nos étudiants dans le cadre de la préparation au master MEEF, pour ce qui a bien évidemment trait au domaine des sciences de la vie et de la Terre.

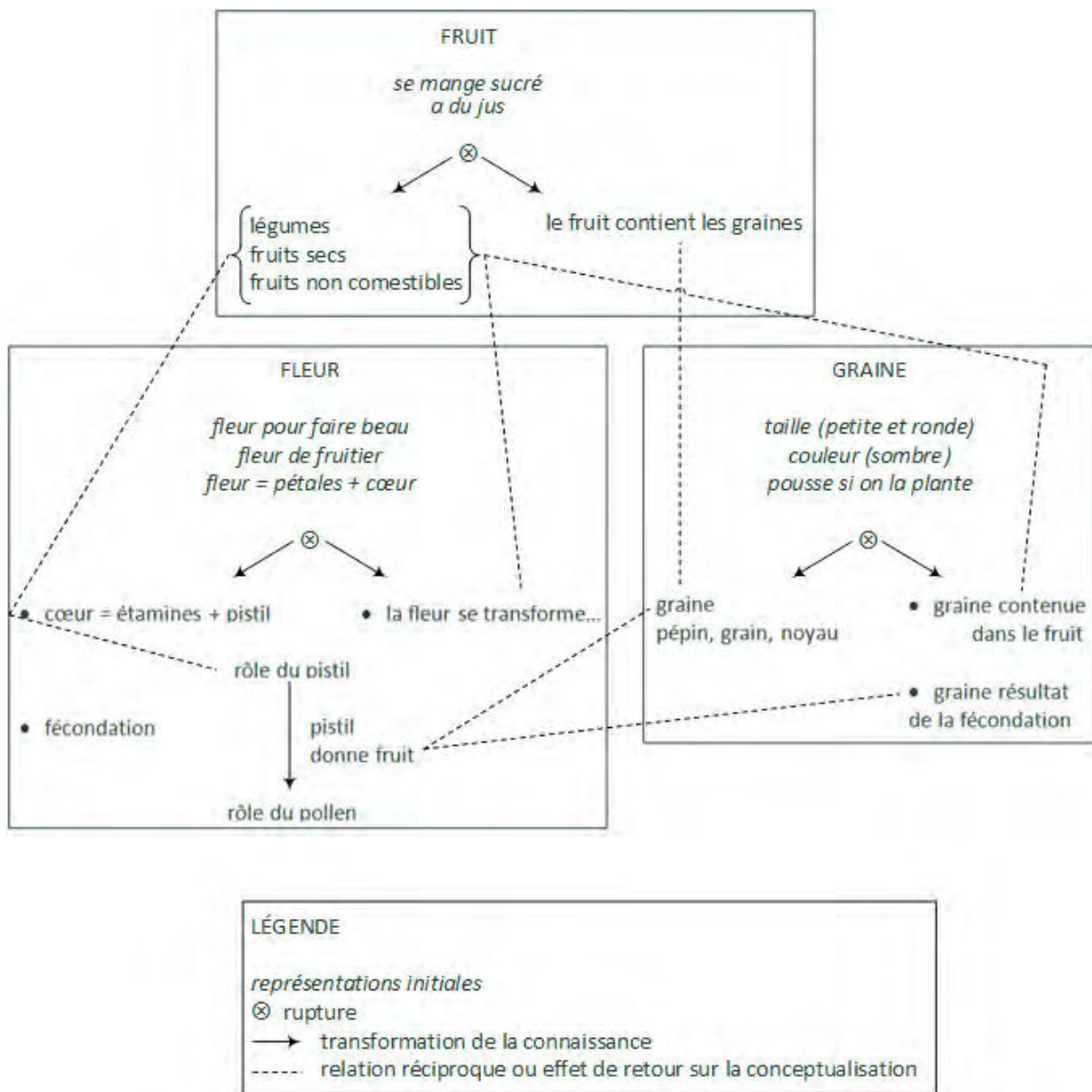
1.1.2. Le concept quotidien de fleur

Quelle qu'en soit la représentation initiale⁴⁵⁹, la fleur en tant qu'appareil reproducteur n'est pour ainsi dire jamais conceptualisée de la sorte et ce, en raison de la méconnaissance de la fécondation ou, plus justement, de la double fécondation. Aussi, le pollen est-il le plus souvent « associé à l'abeille et au miel, voire parfois “à des maladies” c'est-à-dire aux allergies ; aucune de ces conceptions ne participant, là encore, au concept de reproduction sexuée. » (Boyer, 2000, p. 162). En vue de surmonter notre obstacle holiste et qui conduit, on le sait bien, à envisager la fleur comme un tout, paraît-il alors judicieux de proposer à l'apprenant l'étude de fleurs hermaphrodites, par le biais d'une démarche expérimentale et / ou d'observation, et ce afin d'arriver à la distinction de l'androcée et du gynécée, précisant ainsi le “cœur” initialement pensé (figure 7-3 ; Boyer, 2000, p. 167).

458 Et l'on retrouve ici l'idée du concept scientifique issu de la transposition du concept quotidien (Vygotski, X/1997).

459 Avec, et pour la plus retrouvée, un “cœur” entouré de pétales.

Figure 7-3. Étapes de la conceptualisation scientifique de la reproduction sexuée des angiospermes (Boyer, 2000, p. 167)



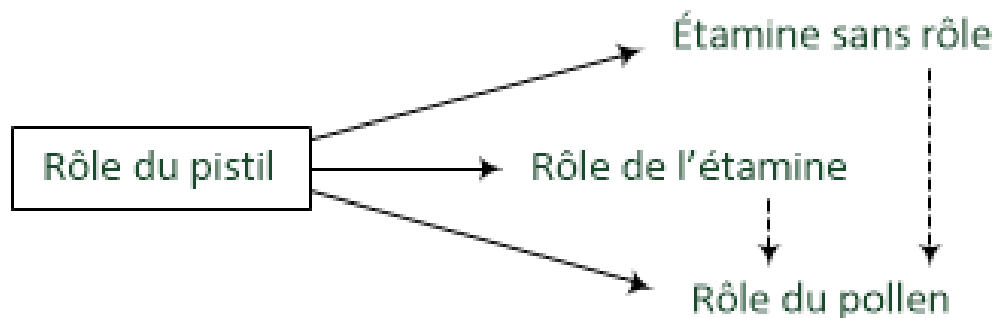
Aussi, la transformation de la fleur ou, plus justement, d'une partie de la fleur en fruit, et quand elle est temporellement perçue pour nombre d'arbres fruitiers⁴⁶⁰, n'est que très rarement appréhendée sur le plan d'une nécessaire et tangible relation fonctionnelle ; ladite fleur, élément biologique isolé, n'étant alors envisagée que comme « *une catégorie végétale en relation avec le fruit.* » (Boyer, 2000, p. 160). Il s'agira donc, au travers d'exemples extrêmement concrets et portant sur la relation qui unit la fleur au fruit, de construire chez l'apprenant le fait constatable qui veut que toute fleur, et quelle qu'elle soit, se transforme

460 À la différence de la fleur du fleuriste...

toujours, ou presque, en un autre élément biologique, à savoir le fruit.

Enfin, la conceptualisation scientifique de la pollinisation, mais aussi et surtout de la fécondation ou, plus justement, de la double fécondation, difficile d'accès et qui, par ailleurs, s'élabore de diverses manières, se retrouve lorsque l'on s'interroge sur l'origine précise du fruit, d'où le travail en perspective et à nécessairement mener sur la pollinisation. Est alors observé, et de façon récurrente, une centration excessive de l'attention de l'apprenant sur le pistil, et puisque sa transformation l'amène au fruit, le pollen, quant à lui et dans sa fonction, demeurant le plus souvent abstrait, énigmatique, obscur ; de cela, pouvons-nous alors conclure⁴⁶¹ que ces « *conditions nécessaires et non suffisantes (rôle du pollen) s'avèrent être un obstacle durable pour la majorité des enfants* » (Boyer, 2000, p. 163). Aussi, et quelle qu'en soit la représentation initiale, apparaît-il et au final une conceptualisation scientifique du pollen qui ne puisse intervenir avant celle du pistil et, par conséquent, n'a lieu que dernièrement (figure 7-4 ; Boyer, 2000, p. 165).

Figure 7-4. Voies de la conceptualisation scientifique du pistil et du pollen (Boyer, 2000, p. 165)



1.2. Le concept de fruit

1.2.1. Le concept scientifique de fruit

Pour cela, nous reporterons-nous utilement à nos propres documents de travail (annexe 7-3), et que nous proposons à nos étudiants dans le cadre de la préparation au master MEEF,

⁴⁶¹ Que ceux « *qui réussissent le mieux sont ceux qui transforment l'absence d'un élément en proposition affirmative en construisant un lien de causalité. La conceptualisation de la fécondation semble difficile pour nos jeunes élèves car ils traitent les informations isolément et donnent une importance toute particulière à l'élément qui se transforme en fruit. Le primat de la perception l'emporte sur les conditions nécessaires et non suffisantes.* » (Boyer, 2000, p. 166).

pour ce qui a bien évidemment trait au domaine des sciences de la vie et de la Terre.

1.2.2. Le concept quotidien de fruit

Les représentations initiales des apprenants à l'égard du fruit –tel qu'il puisse globalement se composer en partie de jus et / ou de sucre⁴⁶², se révèlent être de prégnants et résistants obstacles à sa conceptualisation scientifique. Dès lors, et puisque la fonction de la fleur est maintenant connue, la commutation de sens et pour le fruit, du quotidien vers le scientifique, ne sera pleinement accomplie qu'à l'issue de l'intégration du double constat qui veut que les fruits, qui proviennent des fleurs, contiennent tous, mis à part quelques rares exceptions, des graines. Malgré cela, le fruit du botaniste peinera encore à s'imposer du fait que, d'une part les légumes ne soient tous des fruits et que, d'autre part les fruits ne soient tous comestibles⁴⁶³, preuve s'il en est de la ténacité des obstacles rencontrés (figure 7-3 ; Boyer, 2000, p. 167).

1.3. Le concept de graine

1.3.1. Le concept scientifique de graine

Pour cela, nous reporterons-nous utilement à nos propres documents de travail (annexe 7-3), et que nous proposons à nos étudiants dans le cadre de la préparation au master MEEF, pour ce qui a bien évidemment trait au domaine des sciences de la vie et de la Terre.

1.3.2. Le concept quotidien de graine

La graine, dans sa fonction et en tant qu'élément biologique à l'origine d'une plante nouvelle est, dès les représentations initiales, particulièrement bien définie des apprenants. En revanche, assimiler “grains”, “noyaux” et “pépins” à une graine n'est pas chose aisée, et ce en raison d'une représentation purement prototypique⁴⁶⁴, où la graine est nécessairement petite⁴⁶⁵, ronde⁴⁶⁶ et sombre⁴⁶⁷, lorsqu'elle est en réalité et dans sa structure, systématiquement

462 D'où la possible classification des fruits que l'on dit sucrés, ou fruits desserts, et des fruits que l'on dit non sucrés, ou fruits légumes.

463 D'où la possible classification des fruits que l'on dit comestibles et des fruits que l'on dit non comestibles, ou toxiques.

464 Clairement liée à ce que Peterfalvi (2001) nomme le *primat de la perception*.

465 Le théorème-en-acte mobilise ici le critère de la taille.

466 Le théorème-en-acte mobilise ici le critère de la forme.

467 Le théorème-en-acte mobilise ici le critère de la couleur.

composée d'un tégument, de cotylédon(s) et d'une plantule. Aussi, passée l'opinion décelée et qui fait abstraction des conditions physico-chimiques nécessaires à la germination, la mise en relation, tout du moins chez de très jeunes apprenants, de la croissance "hétérotrophe" de la plante nouvelle à l'utilisation de ses réserves nutritives, n'est-elle pas assurée, loin de là : par analogie avec Peterfalvi (2001), Boyer (1998, 2000) parle ici du *primat de la transformation*, et pour expliquer de telles représentations initiales (figure 7-3 ; Boyer, 2000, p. 167).

1.4. Conclusion : actions didactiques possibles

Bien que ce second recueil de données ait été mis en œuvre auprès d'apprenants de CM1 et CM2, nous proposons malgré tout ci-après, à titre d'exemples, quelques actions didactiques possibles au CP (tableau 7-2 ; Boyer, 2000, p. 157) d'abord, et quelques actions didactiques possibles au CE1 (tableau 7-3 ; Boyer, 2000, p. 157) ensuite.

Tableau 7-2. Quelques actions didactiques possibles au CP (Boyer, 2000, p. 157)

| Concepts | Actions didactiques | Signifiants utilisés |
|---|--|---|
| La graine | <ul style="list-style-type: none"> • Manipulation de graines, noyaux et pépins pour faire émerger le problème "qu'est-ce qu'une graine ?" | <ul style="list-style-type: none"> • Dessins d'observation de la graine de haricot • Dessins à légender • Objets réels |
| La germination du haricot | <ul style="list-style-type: none"> • Observation de l'évolution • Mesures du développement des racines et de la tige | <ul style="list-style-type: none"> • Dessins des étapes de la germination • Classement de dessins et textes |
| Rôle des différentes parties de la graine | <ul style="list-style-type: none"> • Démarche expérimentale (avec des graines de haricot) • Structuration | <ul style="list-style-type: none"> • Écrits sur les anticipations • Objets réels |
| Le cycle de vie du haricot | <ul style="list-style-type: none"> • Observation du plant et du passage de la fleur au fruit, à la graine | <ul style="list-style-type: none"> • Dessins à remettre en ordre • Objet réel |

Tableau 7-3. Quelques actions didactiques possibles au CE1 (Boyer, 2000, p. 157)

| Concepts | Actions didactiques | Signifiants utilisés |
|------------------------------|---|---|
| Passage de la fleur au fruit | <ul style="list-style-type: none"> • Situation problème • Observation de pieds de fraisier, tulipe et giroflée • Autres exemples (structuration) | <ul style="list-style-type: none"> • Tableau à compléter • Fiche avant et après expérience (texte) et objets réels • Travail à partir de photos et dessins |

| | | |
|-------------------------|--|--|
| Le fruit | <ul style="list-style-type: none"> •Fruits comestibles •Fruits non comestibles •Structuration | <ul style="list-style-type: none"> •Manipulation de fruits réels •Dessins •Devinettes |
| La fleur | <ul style="list-style-type: none"> •Observation de la fleur de lys •D'autres fleurs à dessiner | <ul style="list-style-type: none"> •Objet réel •Dessin à faire "de mémoire" •Diagramme floral |
| Fécondation de la fleur | <ul style="list-style-type: none"> •Les expériences du jardinier sur le cerisier •Expérience de pollinisation d'un amaryllis | <ul style="list-style-type: none"> •Fiche d'expérience à partir de dessins •Objet réel •Fiche avant et après expérience |

2. Analyse de l'évaluation diagnostique en termes de problématisation scientifique

Il s'agit là, dans le cadre de la séance première, d'annoncer le thème d'étude retenu dans le cadre de ce second recueil de données, à savoir celui de la reproduction végétale. Pour cela, a-t-il été présentée aux apprenants la reproduction d'herbier d'une plante messicole, telle *Centaurea cyanus* L., 1753, comme de sa reproduction photographique, ce qui a ainsi permis d'effectuer une première mise au point quant à la distinction de la plante –supérieure– et de la fleur. S'en est alors suivi au tableau et de la part de l'enseignant la schématisation de plantes pourvues d'un cormus, c'est-à-dire de racine(s), de tige(s) et de feuille(s), puis de fleur(s). Passé cela, il devient pour nous possible de porter à la connaissance des apprenants le but de tâche de la “situation de pratique scolaire” pensée (annexe 7-1), mêlé au projet d'activité en jeu, à savoir l'explication, pour une plante annuelle tel le bleuet, des différences observées d'une saison à l'autre, notamment du printemps à l'hiver, et vice-versa ; le tout en vue de la conception d'une affiche explicative, dans le cadre de l'opération “Un poster pour la science”, mise en place par la DSDEN de la Manche (annexe 5-1).

L'évaluation diagnostique, à proprement parler, est composée de questions diverses et se présente de la façon qui suit, avec :

(Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du bleuet en fleur dans la nature.) que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le bleuet ? Est-ce le même bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre bleuet ? Pour la première question ;

avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende. Pour la deuxième question ;

d'où vient la pomme qui est sur le pommier ? Pour la troisième question ;

à quoi sert la pomme pour le pommier ? Pour la quatrième question.

Précisons enfin qu'afin de pouvoir s'y reporter, les différentes évaluations diagnostiques ont été reproduites (annexe 7-4).

2.1. Première question : le changement de génération au cours du cycle de développement / vie

Nous pouvons, dans un premier temps, proposer la transcription partielle des travaux de l'ensemble de la classe pour la première question de l'évaluation diagnostique (tableau 7-4).

Tableau 7-4. Transcription partielle (le texte sans l'image) des travaux de l'ensemble de la classe pour la première question de l'évaluation diagnostique (orthographe grammaticale et lexicale corrigées)

| Apprenant | Représentation initiale |
|-----------|--|
| Émile | L'hiver le Bleuet fane et la tige disparaît après le Bleuet. Le printemps suivant un autre Bleuet apparaît grâce à la racine. |
| Jordan | Oui. Parce que le Bleuet du premier printemps est peut-être vieux. C'est alors qu'un autre pousse au deuxième printemps. |
| Louis | Elle a disparu et réapparue. Non. Celle qui a réapparue c'est un autre Bleuet. |
| Raphaël | Elle a disparu avec le Soleil. C'est un autre Bleuet qui pousse à la place de la première. |
| Élise | En printemps le Bleuet est là et en hiver le Bleuet n'est plus là. En hiver le Bleuet n'est plus là parce que le Bleuet fane. Au printemps suivant la fleur reste bleue. |
| Tom | Je pense que c'est le froid qui les fait disparaître. Ou alors à cause du vent. |
| Clara | Le Bleuet a fané puis a disparu. Le Bleuet qui réapparaîtra sera le même mais il aura bougé de place parce que ça ne pousse pas toujours au même endroit. |
| Katia | Elle fane et repousse. Oui. |
| Flavie | La fleur pousse donc fleurit mais pendant l'hiver le Bleuet se couvre donc disparaît puis à l'autre printemps elle se découvre donc elle revient. |
| Léonie | Il a commencé à faner l'été et il s'est mis à se décomposer. Au début de l'automne il avait disparu. C'est un autre Bleuet qui ressemble aux autres Bleuets d'avant mais ce n'est pas le même. |
| Thomas | C'est le même Bleuet qui a changé de pétales. |
| Emmy | C'est une autre fleur car la fleur va faner. Les pétales vont tomber et au printemps suivant les pétales vont se transformer en racines et former des fleurs. |
| Isaure | Le Bleuet a fané en hiver comme il faisait trop froid. Pendant ce temps la pousse grandit sous la terre pour se développer au printemps. Ce n'est pas le même Bleuet. |
| Anaëlle | Le Bleuet a commencé à faner l'été donc l'hiver elle a disparu et un autre Bleuet pousse. |
| Louna | Il a disparu pour que ses graines (sous la terre) se développent et en fait quand elle fane elle met les graines qu'elle a sur elle dans la terre pour qu'ils soient plus nombreux. Oui. C'est le même Bleuet car c'est la même graine qui revient l'année suivante. Je ne fais pas de dessin parce que ça serait le même dessin qu'à la question deux parce que j'ai mis la même explication. |
| Aude | Le Bleuet a pourri pendant l'hiver et il en réapparaît un nouveau au printemps. |

| | |
|-------------|---|
| Clémentine | Le Bleuet apparaît au printemps pendant les autres saisons (sauf l'hiver). Il perd ses pétales, se dégrade et disparaît en hiver. Au printemps un Bleuet pas tout à fait pareil réapparaît. |
| Manon | Le Bleuet s'est refermé pour l'hiver pour ne pas perdre son pollen et son odeur. Ensuite quand le printemps revient la fleur s'ouvre car il y a du Soleil. Cela est possible que c'est une autre fleur car si une fleur est trop vieille elle meurt et un autre Bleuet est né. Il faut qu'elle en ait pour vivre. |
| Baptiste G. | 1.Elle disparaît et une nouvelle apparaît. 3.Non. Ce n'est pas la même. 2.Non. C'est pas la même. En hiver elle tombe et disparaît et en printemps elle repousse. |
| Nora | La fleur a besoin de Soleil et de l'eau alors pendant le printemps elle a de tout mais à l'hiver elle a que de la neige (eau) alors elle n'a pas de Soleil donc elle n'a pas tout et puis il fait trop froid alors elle fane. La fleur est donc fanée puis elle repousse en printemps. C'est un autre Bleuet parce que celui d'avant avait fané parce que la fleur boit avec ses racines et dès qu'il neige ses racines gèlent. Sur la page une c'est à moitié pareil que la page deux. |
| Baptiste H. | C'est un autre Bleuet. Le Bleuet meurt, tombe par terre et la graine qu'il y a dedans se dépose par terre et pousse. C'est le même que pour la deux. |
| Emma | Elle disparaît en se refermant et repart dans la terre et on ne la voit plus. Je pense que c'est un autre Bleuet qui revient. |
| Malo | Elle s'est recroquevillée puis détendue. C'est le même Bleuet car il reste toujours les racines. |
| Gabriel | La fleur (le Bleuet) a fané. La tige a pourri et la fleur a disparu. Oui. C'est le même qui réapparaît grâce à ses racines. Comme la deux. |
| Lorenzo | Le printemps le Bleuet se met à fleurir. Après il fane puis à l'autre printemps le Bleuet se remet à fleurir. C'est comme ça tous les printemps. C'est le même Bleuet parce qu'il est pareil. |
| Énora | Le changement de temps (hiver) a fait que la fleur s'est mise à disparaître mais elle va repousser quand il fera plus beau. C'est un autre Bleuet qui repousse. |
| Rachel | Je pense que c'est le même Bleuet qui réapparaît à un autre printemps. Au premier printemps la fleur apparaît puis en hiver elle disparaît. Je crois que c'est à cause du froid que le Bleuet disparaît. |
| Margaux | Elle s'est fanée. Oui. C'est la même fleur qui réapparaît car la racine est toujours à la même place. C'est le même dessin que la deux. |

Comme attendu, une majorité d'apprenants expliqua la situation décrite de par la disparition, voire la fanaison de la plante –terme impropre s'il en est, notamment au cours de la période hivernale, où sévissent naturellement de rudes conditions climatiques. Émile, Malo (?) et Gabriel se distinguèrent de peu de ce groupe, amenant ainsi l'hypothèse d'un résidu racinaire qui survivrait à la désintégration du reste de la plante, à savoir les tiges et les feuilles. Dans une optique assez proche, Emmy s'appropriâ l'hypothèse de pétales qui survivraient à la désintégration du reste de la plante, et pour redonner de nouvelles racines qui redonneraient, de nouvelles plantes nous l'imaginons et, par conséquent, de nouvelles fleurs. Aussi, Flavie avança-t-elle l'hypothèse d'une plante qui, respectivement, se couvre et se

découvre à l'hiver et au printemps quand, Emma parla d'une plante qui se referme sur elle, et Malo d'une plante qui se recroqueville et se détend ; Manon, pour sa part, développa l'hypothèse d'une plante qui passerait la période hivernale refermée sur elle, pour que la fleur puisse s'ouvrir à la période printanière : on le voit bien ici, la confusion de la plante – supérieure – et de la fleur persiste encore et de façon plus que vraisemblable. Également, Isaure (?), Louna et Baptiste H. firent appel à la notion de graine, en tant que partie de la plante qui, après sa chute et sa mise en terre, redonne un individu à l'année qui suit.

Le questionnement du changement de génération amena un partage déséquilibré d'avis contraires, huit apprenants affirmant qu'il s'agit bien au printemps qui suit du même individu, seize ne le pensant pas, et quatre s'abstenant (plus ou moins malgré eux).

2.2. Deuxième question : la forme, la structure de la fleur et sa fonction, son rôle

Nous pouvons, dans un deuxième temps, proposer la transcription partielle des travaux de l'ensemble de la classe pour la deuxième question de l'évaluation diagnostique (tableau 7-5).

Tableau 7-5. Transcription partielle (le texte sans l'image) des travaux de l'ensemble de la classe pour la deuxième question de l'évaluation diagnostique (orthographe grammaticale et lexicale corrigées)

| Apprenant | Représentation initiale |
|-----------|--|
| Émile | Le printemps le Bleuet a éclo. L'hiver le Bleuet commence à faner et la tige disparaît. |
| Jordan | Elle reste comme elle est mais elle fleurit. |
| Louis | La fleur pourrit (fanée). |
| Raphaël | Elle disparaît avec le Soleil qui brûle la fleur et au printemps la fleur réapparaît grâce à l'herbe. |
| Élise | Au printemps elle est comme le Bleuet. En hiver elle fane et en automne elle pousse. |
| Tom | Elle pourrit petit à petit et la pollution. |
| Clara | On va commencer à voir les racines puis la tige puis enfin les pétales et ça fera un Bleuet. |
| Katia | / |
| Flavie | Je ne suis pas sûre mais peut-être que la fleur grandit de plus en plus. |
| Léonie | Le premier dessin est une fleur qui vient de germer. Le deuxième dessin est une fleur qui commence à faner et le troisième dessin ce sont les petites graines que la fleur a laissées. |

| | |
|-------------|---|
| Thomas | En automne la fleur commence à se décomposer et quand l'hiver commence elle n'a plus de pétales. Au printemps les pétales de la fleur repoussent. En été les pétales commencent à se dessécher et à perdre leur couleur. |
| Emmy | Non. La fleur va d'abord être une racine puis une tige et après la fleur va se former. |
| Isaure | La fleur fait des petites pousses sous la terre en été puis pendant l'hiver la fleur fane. Quant à elle la pousse qui est sous la terre continue de pousser et au printemps la pousse se développe hors de la terre et ainsi de suite. |
| Anaëlle | Elle fane et donc elle disparaît et il y a d'autres fleurs qui poussent. À chaque saison elle se fane et elle est plus petite. |
| Louna | Elle fane et redevient une graine sous la terre et refleurit au printemps ou à l'été prochain. Quand elle fane elle va mettre ses graines sous la terre pour que ça en développe plus et comme ça il y en aura plus. |
| Aude | La nuit la fleur se ferme et le jour elle se réouvre. |
| Clémentine | La fleur perd ses pétales et disparaît. |
| Manon | La fleur devient vieille et abîmée et au bout d'un moment elle n'a plus de pollen donc elle meurt et une autre fleur repousse. |
| Baptiste G. | Quand il fait chaud elle est bien et quand c'est l'hiver elle commence à tomber puis elle apparaît quand il fait chaud. |
| Nora | Avec le temps la fleur fane puis repousse parce que, en printemps elle est là puis en hiver elle disparaît. La fleur devient une autre fleur mais la même puis vu que la fleur a besoin d'eau la neige est beaucoup trop épaisse et vu que la fleur boit avec ses racines : ses racines ont gelé. |
| Baptiste H. | En hiver des racines se forment quand les graines de l'automne tombent. Au printemps les racines donnent une tige puis des boutons qui donneront une fleur. En été rien ne change. En automne la fleur fane et des graines tombent... |
| Emma | La fleur est intacte sur la première image. Sur la deuxième elle se referme dans le bourgeon et va s'enterrer dans la terre et au printemps une autre fleur prend sa place. |
| Malo | En hiver la fleur se recroqueville dans ses racines puis en été la fleur se détend et au printemps la fleur sort du bourgeon. |
| Gabriel | Au printemps (1) : les bourgeons se transforment en fleurs et la tige et les feuilles poussent. En été (2) : la fleur, les feuilles et la tige grandissent. En automne (3) : la fleur fane et la tige pourrie commencent à disparaître. En hiver (4) : la fleur, la tige, les feuilles ne sont plus là et ainsi de suite. |
| Lorenzo | La fleur devient des graines pour créer d'autres fleurs. |
| Énora | La fleur fane et du coup le Moustique, les Insectes mangent la fleur. Du coup la fleur n'est plus là. |
| Rachel | La fleur disparaît à cause du froid. Je pense que ce n'est pas la bonne température pour la fleur donc elle disparaît puis elle repousse en printemps. |
| Margaux | La fleur fane, donne la racine et un produit mais je ne sais pas comment ça s'appelle. Elle s'éclaircit de mois en mois. |

Là encore, et comme attendu, une majorité d'apprenants ne parvint pas à établir la fonction de la fleur, restant plutôt à un rôle non questionné et éphémère de la fleur qui fane et / ou disparaît / réapparaît avec le temps qui passe, voire le temps qu'il fait pour quelques-uns ;

cependant, Jordan avança-t-il l'hypothèse d'une fleur qui reste comme elle est, et Flavie l'hypothèse d'une fleur qui grandit de plus en plus, et Aude l'hypothèse d'une fleur qui se ferme la nuit et se réouvre le jour. Aussi, et de par une interprétation malaisée de la question, remarquons que quelques apprenants (Clara, Emmy, & Baptiste H.) se risquèrent à lister les étapes du développement d'une plante à fleurs. Également, et sur un plan plus fonctionnel, quelques apprenants établirent malgré tout la relation de la fleur au bourgeon d'abord (Gabriel), à la graine ensuite (Léonie, Isaure (?), Louna, Baptiste H. & Lorenzo), qui redonne pour les uns une fleur, pour les autres une plante, sans malheureusement aller jusqu'à la relation de la fleur au fruit ; remarquons seulement l'ambiguïté des réponses apportées quand à la différence de Léonie et Baptiste H., Isaure parle de pousses et non de graines, et Louna d'une fleur qui redevient une graine, et Lorenzo d'une fleur qui devient des graines. Dans une optique assez proche, Emma et Malo pensèrent respectivement une fleur qui, à la mauvaise saison, se referme dans le bourgeon et se recroqueville dans ses racines et, par conséquent, dans la terre ; de même, Margaux pensa une fleur qui fane, et donne la racine et un produit dont elle ne saurait dire le nom.

2.3. Troisième question : l'origine du fruit

Nous pouvons, dans un troisième temps, proposer la transcription partielle des travaux de l'ensemble de la classe pour la troisième question de l'évaluation diagnostique (tableau 7-6).

Tableau 7-6. Transcription partielle (le texte sans l'image) des travaux de l'ensemble de la classe pour la troisième question de l'évaluation diagnostique (orthographe grammaticale et lexicale corrigées)

| Apprenant | Représentation initiale |
|-----------|---|
| Émile | Des racines du Pommier. |
| Jordan | Il vient du tronc alors sur toutes les branches des vitamines font les pommes. |
| Louis | Elle vient de la terre. |
| Raphaël | Le Pommier a une petite graine dans la branche et ensuite il donne vie à la pomme. |
| Élise | Sur le Pommier il y a une branche sur laquelle il y a une (tige) et là la pomme pousse. |
| Tom | Je pense qu'il y a les graines. |
| Clara | La pomme vient des racines des feuilles que contient le Pommier. |
| Katia | / |
| Flavie | La pomme qui est sur le Pommier vient des graines des Pommiers. |

| | |
|-------------|--|
| Léonie | Elle vient d'un bourgeon qui s'est transformé en fleur puis en pomme. |
| Thomas | La pomme vient d'une fleur qui commence à pousser au printemps. Dans la fleur il y a une graine qui se transforme en pomme grâce à la chaleur qui revient. |
| Emmy | La fleur du Pommier va se transformer en pomme. |
| Isaure | Je pense qu'elle vient d'une fleur de Pommier. |
| Anaëlle | Elle vient de la graine. Ça forme une fleur et ça devient un fruit. |
| Louna | La pomme vient des graines du Pommier qui sont à la racine du Pommier car le Pommier est fait avec des graines et après le Pommier n'a plus besoin des graines ou une seule. |
| Aude | Je pense qu'elle vient de dans le tronc. |
| Clémentine | Des feuilles du Pommier. |
| Manon | Elle vient du tronc de l'Arbre et c'est grâce à ça qu'elle survit. |
| Baptiste G. | Le Pommier l'a créée et puis elle se fait. Après elle est mûre et on la voit pendre sur une tige. |
| Nora | La pomme vient d'une fleur d'où l'Arbre fait pousser. |
| Baptiste H. | Elle vient d'une fleur qui est placée sur une branche. |
| Emma | Je pense que la pomme vient de la racine et c'est un pépin. |
| Malo | La pomme vient des fleurs du Pommier (sur les branches). |
| Gabriel | Elle vient de sur une branche : sur la branche une fleur fleurit. La fleur se transforme en pomme. |
| Lorenzo | Elle vient des racines qui se relie à une branche pour créer la pomme. |
| Énora | La pomme vient des racines (des pommes qui sont tombées). |
| Rachel | Dans le Pommier la pomme se forme. Elle grandit et elle se forme plus par contre grâce aux pépins puis on peut la manger. |
| Margaux | D'un petit bouton qui grandit jusqu'à faire la pomme. |

Là encore, et comme attendu, une majorité d'apprenants ne parvint pas à établir l'origine du fruit et, en l'occurrence ici, de la pomme, Élise et Baptiste G. n'apportant d'ailleurs et pour ainsi dire aucune explication ; du reste, Léonie, Emmy, Isaure, Nora, Baptiste H., Malo et Gabriel établirent quant à eux et de parfaite façon la filiation biologique de la fleur au fruit. Thomas et Anaëlle se distinguèrent de peu de ce groupe car, s'ils s'entendent d'abord sur l'hypothèse d'un fruit qui est issu d'une fleur, est précisé ensuite par le premier que le fruit est issu de la graine de la fleur, et par la seconde que le fruit est issu de la fleur qui est issue de la graine. Aussi, nombreux sont ceux qui se méprennent sur le devenir de la graine, à court terme s'entend, lorsqu'ils affirment que le fruit est issu de la graine, explicitement pour les uns, implicitement pour les autres : ainsi faut-il comprendre pour les apprenants qui font état des racines ou du tronc, que ces mêmes racines absorberaient alors les graines des pommes qui sont tombées, graines qui transiteraient *via* le tronc jusqu'aux branches, et pour redonner de nouvelles pommes. Également, d'autres propositions plus surprenantes, lorsque Louis déclare

que la pomme vient de la terre, et Clémentine des feuilles du pommier, et Margaux d'un petit bouton qui grandit jusqu'à faire la pomme.

2.4. Quatrième question : la fonction, le rôle du fruit

Nous pouvons, dans un quatrième temps, proposer la transcription partielle des travaux de l'ensemble de la classe pour la quatrième question de l'évaluation diagnostique (tableau 7-7).

Tableau 7-7. Transcription partielle (le texte sans l'image) des travaux de l'ensemble de la classe pour la quatrième question de l'évaluation diagnostique (orthographe grammaticale et lexicale corrigées)

| Apprenant | Représentation initiale |
|------------|--|
| Émile | À nourrir le Pommier. |
| Jordan | Elle sert à faire nourrir les Animaux et les Humains. |
| Louis | Les pommes lui servent de vie. |
| Raphaël | La pomme sert à faire vivre l'Arbre au lieu que l'Arbre pourrisse. |
| Élise | Je pense qu'on met une graine de Pommier. Après un jour elle pousse et ça devient un Pommier et la pomme pousse. |
| Tom | À vivre. |
| Clara | La pomme donne de la force au Pommier parce que, un Pommier qui n'a plus de pommes, le Pommier meurt. |
| Katia | À nourrir. |
| Flavie | La pomme lui sert à mûrir encore plus. |
| Léonie | La pomme est comme une graine pour le Pommier donc elle sert au Pommier à se reproduire. |
| Thomas | La pomme sert au Pommier pour qu'il respire. |
| Emmy | Dès que la pomme tombe elle va s'enterrer, se déshydrater et va devenir de l'engrais pour le Pommier en hiver. |
| Isaure | Elle sert à donner un peu plus de vie. |
| Anaëlle | La pomme sert à nourrir l'Arbre pour qu'il grandisse. |
| Louna | Elle sert que le Pommier se développe plus clairement que les graines de la pomme si la pomme n'a pas été ramassée comme la pomme tombe. Après le tour de la pomme enfin toute la pomme sauf les graines qu'il y a dedans partent à cause du temps parce qu'elle moisit. Voilà. Les graines repoussent et refont des Pommiers. |
| Aude | Je pense que l'automne le Pommier a trop de vitamines alors il les rejette en formant des pommes. |
| Clémentine | La pomme sert à faire vivre le Pommier parce que s'il n'y a pas de pommes le Pommier pourrit en quelque sorte. |

| | |
|-------------|--|
| Manon | Elle sert de ressource pour le Pommier. En été les pommes commencent à pousser et quand elles tombent le Pommier est cassé et abîmé. |
| Baptiste G. | Elle sert de lui donner de la nourriture. |
| Nora | Je ne sais pas. |
| Baptiste H. | La pomme tombe puis pourrit et sert de graine à un prochain Pommier. |
| Emma | / |
| Malo | La pomme sert de réservoir au Pommier pour l'été puis le Pommier la vide en hiver et la lâche. |
| Gabriel | En tombant la pomme une fois par terre fane. Les pépins rentrent en terre et font fleurir un nouveau Pommier. |
| Lorenzo | Elle ne sert à rien. |
| Énora | / |
| Rachel | / |
| Margaux | Le Pommier a besoin de la pomme qui pourrit car ça lui sert l'année prochaine à refaire pousser. |

Là encore, et comme attendu, une majorité d'apprenants ne parvint pas à établir la fonction, le rôle du fruit, préférant pêle-mêle soumettre l'hypothèse d'une pomme servant à nourrir ou, plus simplement, à faire vivre le pommier, et quand ce ne sont pour Jordan les animaux et l'Homme ; du reste, Lorenzo établit quant à lui qu'elle ne servait à rien. Aussi, et si quelques apprenants (Élise (?), Léonie, Louna, Baptiste H., Gabriel & Margaux (?)) établirent malgré tout la fonction, indirecte soit, de reproduction du fruit, aux antipodes d'un quelconque rôle nutritif, nous sommes surpris, d'une part de n'y retrouver pas tous les apprenants qui, précédemment, avaient établi la filiation biologique de la fleur au fruit, et d'autre part d'y retrouver des apprenants qui, précédemment, n'avaient pas établi la filiation biologique de la fleur au fruit : à cela notamment et de la part de Louna, l'idée explicative d'une graine qui servirait à la fois à la production de plantes et de fruits... Également, d'autres propositions plus surprenantes, lorsque Flavie déclare que la pomme sert à faire mûrir le pommier, et Thomas à le faire respirer, et Emmy à lui procurer de l'engrais.

2.5. Discussion partielle

À l'image de nos propres travaux de recherches dans le domaine de la didactique de la biologie (Beuve, 2009, 2011), la présente évaluation diagnostique met à jour, d'une question à l'autre, les nombreuses contradictions de raisonnement de nos jeunes apprenants avec, pour exemple, Lorenzo qui d'abord laisse entendre que la graine (qui est issue de la fleur) devient

une fleur, à la deuxième question, pour ensuite laisser entendre que la graine devient un fruit, à la troisième question, et pour enfin laisser entendre que le fruit ne sert à rien, à la quatrième question. Il en est de même pour Gabriel qui, s'il envisage bien à la quatrième question que la graine du fruit, après sa chute et sa mise en terre, redonne un nouvel individu à l'année qui suit (après avoir également envisagé à la troisième question que le fruit est issu de la fleur), avance à la première question que, d'un printemps à l'autre, c'est le même bleuet qui renaît de ses propres racines.

3. Analyse du débat scientifique en termes de problématisation scientifique

Précisons d'emblée qu'afin de pouvoir s'y reporter, les différentes affiches ayant servi à la préparation du débat scientifique ont été reproduites (annexe 7-5) ; naturellement, le débat scientifique en lui-même a été intégralement transcrit (annexe 7-6). En aucun cas contradictoires, mais bien évidemment complémentaires, l'une et l'autre analyse, thématique d'abord, épistémologique ensuite, vont maintenant être présentées.

3.1. Analyse thématique du débat scientifique

À l'appui des diverses affiches, et du groupe 1 au groupe 5', notre débat scientifique a pu donner lieu à différents moments de controverses, que nous traduisons alors par quelques questions organisatrices, avec :

Q1 : d'où vient le fruit ?

Q2 : à quoi sert le fruit ?

Q3 : à quoi sert la fleur ?

Q4 : à quoi sert la graine ? (qui est dans le fruit)

Q5 : d'où vient la graine ?

Q6 : à quoi sert le pollen ?

Concernant Q1, il est à noter que peu nombreux sont les apprenants à envisager la transformation de la fleur ou, plus justement, d'une partie de la fleur en fruit : rien d'anormal à cela, bien au contraire, et puisque cette relation est pour le plus souvent perçue de façon temporelle, plus que fonctionnelle. Pour autant, les groupes 5 (Enseignant (392) : « *alors le rôle c'est peut-être celui que vous dites là. La pomme vient d'un bourgeon qui se transforme en fleur puis en pomme. Ah... Tiens dis donc. Regarde. Clémentine ce que tu viens de dire... Une fleur qui se transforme en pomme.* » Emmy (393) : « *en fait au début on a un bourgeon qui après devient une fleur qui se transforme ensuite en pomme.* ») et 5' (Enseignant (454) : « *ben si. C'est : qu'est-ce qu'il se passe avec le temps qui passe ? Si la fleur fait quelque chose d'important... Si je te demande avec le temps qui passe que devient la vie de Malo tu vas bien*

me raconter ce que tu fais d'important dans la journée ? Donc si la fleur fait quelque chose d'important c'est quand même dommage de pas l'avoir noté. La pomme vient d'une fleur qui pousse sur une branche. Ah... Qu'est-ce qui donne le fruit là ? Élise ? La pomme vient d'une fleur qui pousse sur une branche. » Élise (455) : « la fleur. »)l'envisagent ce qui, du point de vue du "Travail sur les représentations", engage à l'évidence les groupes 1, 2, 3 et 4 aux conflits socio-cognitifs, en cela la prise de conscience de ses représentations initiales et de leurs limites (tableau 3-1b ; d'après Orange, 2000) ; en somme, de la réponse à la question : qui a raison ? Néanmoins, et par la voix de Malo, sera-t-il également question de fleurs qui donnent des fruits et de fleurs qui ne donnent pas de fruits (Enseignant (579) : « non. On a parlé des fleurs. Ça veut dire que tu as des fleurs qui donnent des fruits et des fleurs qui donnent pas de fruits ? » Malo (580) : « oui. »)... Du reste, remarquons qu'à l'hypothèse de la feuille qui serait à l'origine du fruit (Clémentine (349) : « ben en fait on se dit que la fleur elle pousse. Et par exemple quand il y a du Soleil, de la pluie et tout ben la feuille elle fabrique un petit peu une fleur en fait. Et du coup ça sort la pomme. »), nous bénéficions là pleinement du projet d'enseignement-apprentissage mené sur le thème d'étude de la nutrition végétale, l'année passée, lorsque l'enseignant rappelle⁴⁶⁸ qu'il est maintenant acquis, ou devrait l'être, qu'une feuille, avec la lumière, transforme la sève brute en sève élaborée (= photosynthèse) : ainsi fait, la feuille ne saurait être à l'origine du fruit, tout du moins directement.

Enseignant' (309) : « juste. On peut redire parce que j'ai un doute. Vous me rappelez qui est-ce qui produit la sève ? Quel organe de la plante produit la sève élaborée, la sève sucrée ? »

Enseignant (310) : « Baptiste ? »

Enseignant' (311) : « Baptiste ? »

Baptiste H. (312) : « les feuilles. »

Enseignant' (313) : « les feuilles. On est bien d'accord hein... »

Enseignant (314) : « grâce à quoi ? »

Enseignant' (315) : « il faut de l'énergie. »

Enseignant (316) : « qui est tout vert. Qui capte l'énergie. »

Baptiste H. (317) : « la chlorophylle. »

Enseignant (318) : « la chlorophylle. D'accord. »

Malo (319) : « parce que sur les feuilles c'est ce qui fait qu'elles sont vertes. »

468 Ou, plus justement, fait rappeler par l'intermédiaire du groupe 5', et par la voix de Baptiste H. (Enseignant (340) : « d'accord. Donc là en fait vous avez oublié de mettre la phase où elle a disparu. OK. La pomme vient des feuilles du pommier. Elle sert à le faire vivre mais quand le pommier ne produit pas de pommes il meurt. La pomme vient des feuilles. Qu'est-ce qu'on vient de dire sur les feuilles il y a deux minutes là justement avec la sève ? Qu'est-ce que nous on sait sur les feuilles ? Baptiste ? » Baptiste H. (341) : « il y a de la chlorophylle dedans. » Enseignant (342) : « oui. Et donc la feuille elle sert à fabriquer quoi ? » Baptiste H. (343) : « ben l'oxygène. » Enseignant (344) : « non. » Baptiste H. (345) : « non. De la sève sucrée. » Enseignant (346) : « de la sève sucrée. Donc les feuilles tu sais bien elles servent à faire de la sève élaborée. »).

Énora (654) : « *c'est à moitié un... Elle capte...* »
 Enseignant' (655) : « *ça capte l'énergie du Soleil pour... Je l'ai déjà redit avec Baptiste il y a cinq minutes.* »
 Enseignant (656) : « *fabriquer quoi ?* »
 Enseignant' (657) : « *Malo ?* »
 Malo (658) : « *fabriquer de la sève élaborée.* »
 Enseignant' (659) : « *fabriquer de la sève élaborée. Pour fabriquer de la matière. On le sait ça. D'accord. Il nous reste quoi comme organe(s) sur la plante ?* »

Concernant Q2, nombre d'apprenants développent, comme sur le temps de l'évaluation diagnostique, la thèse d'un fruit dont la fonction, le rôle se bornerait à la nutrition de la plante (Enseignant (154) : « *donc ça veut dire que les pommes qui tombent donneraient de la nourriture au pommier ?* » Emma (155) : « *oui. Un peu.* ») ; nous sommes là dans un raisonnement purement anthropomorphique⁴⁶⁹ qui, malgré tout, sera contrebalancé par la thèse d'un fruit dont la fonction, le rôle se rapporterait à la reproduction de la plante (Gabriel (458) : « *les semences c'est (ce sont) les graines qu'il y a dans la pomme. Quand la pomme elle tombe... Et en tombant il y a les petites graines de la pomme. Elles vont dans le sol et elles refont des pommiers.* » Emma (459) : « *des pommiers ou des pommes ?* » X (460) : « *pas toutes.* » Gabriel (461) : « *des pommiers.* »), voire du fruit. En effet, la présence de l'une au sein de l'autre tend, pour certains, à imaginer une filiation directe de la graine au fruit ; ou d'un tel raisonnement : si la graine est mécaniquement, spatialement... issue du fruit, alors le fruit est biologiquement, génétiquement... issu de la graine. Remarquons sur ce point que les interventions de l'enseignant, trop souvent sans doute, n'étaient pas sans porter à confusion.

Concernant Q3, et nous devons bien comprendre là que nous sommes au cœur de notre projet d'enseignement-apprentissage, la fonction de la fleur est, comme attendu, des plus incertaines : sans rôle apparent lorsque la fleur fane (Emmy (372) : « *les pétales ben elles (ils) vont faner, vont tomber. La tige va disparaître. Et les pétales en fait vont venir...* » Enseignant (373) : « *donc elle a servi à quoi ta fleur ?* » Emmy (374) : « *à se...* » Enseignant (375) : « *elle a servi à quoi ta fleur ? Juste à faire beau parce que maman elle aime bien les fleurs ? Est-ce qu'une fleur ça ne servirait qu'à être beau ?* » Emmy (376) : « *ben non.* » Enseignant

⁴⁶⁹ En cela l'attribution de caractéristiques du comportement ou de la morphologie humaine à d'autres entités comme des dieux, des animaux, des objets, des phénomènes, voire des idées. Dans leur grille psychologique, Alemanni et al. (1980) englobent l'anthropomorphisme, au côté de l'animisme, de l'artificialisme, du finalisme... dans l'adualisme.

(377) : « *non.* »), et déjà plus utile lorsque la fleur fabrique des graines, des fruits, et donne à manger aux insectes (Baptiste H. (378) : « *non. Parce qu'elle sert aux abeilles. Déjà une elle sert aux abeilles puis aux bourdons et aux insectes.* » ; Margaux (678) : « *à donner à manger aux insectes.* »).

Enseignant' (383) : « *là sur votre dessin quand on regarde la réponse à la première question on a l'impression que la fleur elle ne sert qu'à une chose. À disparaître au bout d'un moment en fanant. D'accord. Ce que le maître il est en train d'essayer de vous dire c'est que quand on regarde un petit peu ce qu'il se passe dans la nature en général... Si je prends l'exemple d'un oiseau il a des ailes. Les ailes elles servent à...* »

XXX (384) : « *... voler.* »

Enseignant' (385) : « *... voler. Bon. Nous par exemple à l'intérieur du corps humain on a un estomac. L'estomac il sert à...* »

XXX (386) : « *... digérer.* »

Enseignant' (387) : « *... digérer. Bon. Bref. Les organes en général ils servent à quelque chose. Les organes des êtres vivants que ce soit des plantes ou des animaux. Donc là on est en train de vous montrer que vous nous dites souvent que la fleur elle disparaît avec le temps qui passe. Donc on a tendance à se dire ben alors elle sert à rien. C'est ça qu'on est en train d'essayer de vous dire.* »

Enseignant (388) : « *est-ce qu'elle ne sert à rien cette fleur ? Est-ce qu'elle est juste là pour faire beau ?* »

XXX (389) : « *non.* »

Enseignant (390) : « *elle a sûrement un rôle ?* »

Gabriel (391) : « *oui.* »

Malo (411) : « *et sinon pour la fleur elle sert forcément à quelque chose puisque l'année dernière on a travaillé sur ce que rejette l'usine. C'est-à-dire les feuilles. Et elles rejettent de l'oxygène. Donc elles servent aussi pour nous.* »

Enseignant (412) : « *tu veux dire par là que les fleurs... Si les feuilles dans la plante servent à quelque chose, si les racines servent à quelque chose, si la tige sert à quelque chose c'est certainement que les fleurs...* »

Gabriel et Malo (413) : « *... servent à quelque chose.* »

Dès lors, un effort de conceptualisation sera requis pour enfin, et par le biais du phénomène de la fécondation, envisager la fleur en tant qu'appareil reproducteur.

Enseignant (454) : « *ben si. C'est : qu'est-ce qu'il se passe avec le temps qui passe ? Si la fleur fait quelque chose d'important... Si je te demande avec le temps qui passe que devient la vie de Malo tu vas bien me raconter ce que tu fais d'important dans la journée ? Donc si la fleur fait quelque chose d'important c'est quand même dommage de pas l'avoir noté. La pomme vient d'une fleur qui pousse sur une branche. Ah... Qu'est-ce qui donne le fruit là ? Élise ? La pomme vient d'une fleur qui pousse sur une branche.* »

Élise (455) : « *la fleur.* »

Enseignant (456) : « *la fleur. La pomme sert à reproduire le pommier. Elle dépose ses semences quand elle tombe et moisit.* »

Énora (457) : « *c'est quoi des semences ?* »

Gabriel (458) : « *les semences c'est (ce sont) les graines qu'il y a dans la pomme. Quand la pomme elle tombe... Et en tombant il y a les petites graines de la pomme. Elles vont dans le sol et elles refont des pommiers.* »

Emma (459) : « *des pommiers ou des pommes ?* »

X (460) : « *pas toutes.* »

Gabriel (461) : « *des pommiers.* »

Enseignant (462) : « *la reproduction. Tiens on en a parlé nous de la reproduction. Qu'est-ce qu'on a vu dans la reproduction ? On a revu la reproduction de quoi ?* »

Énora (463) : « *on l'a pas fait (faite) entière.* »

Enseignant (464) : « *oh... On a fait la reproduction de quoi ?* »

Gabriel (465) : « *humaine.* »

Énora (466) : « *la reproduction du corps humain.* »

Enseignant (467) : « *la reproduction du corps humain ? La reproduction de quoi ? Emma ?* »

Emma (468) : « *humaine.* »

Enseignant (469) : « *la reproduction humaine. Donc on a vu comment on faisait des...* »

XXX (470) : « *... bébés.* »

Enseignant (471) : « *d'accord.* »

Gabriel (472) : « *ben là les pommes...* »

Enseignant (473) : « *est-ce qu'on avait des semences...* »

XXX (474) : « *non.* »

Enseignant (475) : « *... quelque part ?* »

Margaux (476) : « *ben oui. Un peu.* »

Enseignant (477) : « *oui. Un peu. C'était quoi nos semences à nous ?* »

Malo (478) : « *ben c'était le bébé qui est encore tout petit.* »

Margaux (479) : « *mais c'est en fait...* »

Enseignant (480) : « *ah non. C'étaient pas nos semences.* »

Gabriel (481) : « *c'étaient les spermatozoïdes et l'ovule.* »

Enseignant (482) : « *c'étaient les spermatozoïdes et l'ovule. Alors après le rôle de chacun on va pas dire ce qu'ils faisaient mais c'étaient le spermatozoïde et l'ovule. D'accord. Et ce spermatozoïde et cet ovule ils donnaient quoi ?* »

XXX (483) : « *un bébé.* »

Enseignant (484) : « *un bébé. Que certains ont appelé comment ? Une petite...* »

Clémentine (485) : « *... graine.* »

Enseignant (675) : « *donc du coup la fleur elle pourrait servir à quoi ?* »

Nora (676) : « *à se reproduire.* »

Concernant Q4, et si la graine, dans sa fonction et en tant qu'élément biologique à l'origine d'une plante nouvelle est, chez nombre d'apprenants, particulièrement bien définie (Louna

(26) : « *ben elle refait cette plante-là. En fait elle refait pousser cette plante-là.* » Enseignant (27) : « *d'accord. Donc quand tu dis qu'elle redonne des fleurs tu voulais dire plutôt elle redonne des plantes ?* » Louna (28) : « *des plantes comme ça. Oui.* » puis Enseignant (86) : « *donc elle a donné une... Baptiste ?* » Baptiste H. (87) : « *... plante.* » Enseignant (88) : « *elle a donné une plante.* » puis Clémentine (134) : « *ben ils sont d'accord avec l'autre groupe ?* » Enseignant (135) : « *ils sont d'accord avec l'autre groupe. Pour donner d'autres fleurs ou donner d'autres plantes ?* » Emma (136) : « *d'autres plantes.* »), retrouvons-nous malgré tout chez quelques uns la thèse solidement ancrée d'une graine qui, transitant du système souterrain au système aérien de la plante, (re)donne un fruit.

Enseignant (1) : « *quelle est l'affiche ? L'affiche de qui ? De quel groupe ? Louna tu viens ? Je relis. D'accord. Et puis après je te pose une question. Et puis si vous avez des questions à poser c'est possible. Donc il est peut-être bon qu'on se remémore les trois questions pour être sûr que tout le monde les ait bien en tête puisque vous avez tous la... Les mêmes questions sur l'affiche. La première était : avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende : question numéro un. Question numéro deux : d'où vient la pomme qui est sur le pommier ? Question numéro trois : à quoi sert la pomme pour le pommier ? Donc la fleur fane. Elle donne à la terre des graines qu'elle a quand elle fane puis elle fait pousser les autres fleurs. Vous voyez la fleur quand elle fane, elle fait tomber ses graines qui donnent d'autres fleurs. D'accord. La pomme vient des graines du pommier qui sont à la racine du pommier. Tu nous expliques là ?* »

Louna (2) : « *eh ben je...* »

Enseignant (3) : « *ces graines-là.* »

Louna (4) : « *eh ben elles viennent en fait du (de) la racine du pommier qu'il y a. En fait le pommier il a des graines à la racine.* »

Enseignant (5) : « *et il les a récupérées comment ces graines ?* »

Louna (6) : « *avec les pommes qui sont par terre et qu'il les a récupérées en fait.* »

Enseignant (7) : « *d'accord.* »

Louna (8) : « *et il les a récupérées que les graines en fait.* »

Enseignant (9) : « *donc vous comprenez. Les pommes tombent. D'accord. On voit qu'elles pourrissent. Elles libèrent leurs graines et les graines remontent par les racines. La pomme sert à nourrir le pommier et à refaire des pommes (pommiers) grâce aux graines de la pomme. Donc ici c'est ça. Alors moi j'ai une première question : la fleur qui fane là, qui donne des graines elle sert à refaire des fleurs ou elle sert à refaire des plantes ?* »

Enseignant (142) : « *oui. D'accord. Donc qui donne la graine ? La fleur. OK. Donc là on est d'accord ? Ici en fait c'était pas devient mais donne. C'est pas grave hein... T'inquiète pas. La pomme vient des racines. Ici les graines est-ce que c'est la même explication que tout à l'heure ?* »

Emma (143) : « *oui. En fait là il y a des graines et elles sont parties pour aller se reformer dans le pommier.* »

Enseignant (144) : « *se reformer en quoi ?* »

Gabriel (145) : « *en pomme.* »

Enseignant (146) : « *en pomme. Donc vos graines donnent aussi des fruits ?* »

Emma (147) : « *oui.* »

Enseignant (211) : « *d'accord. Affiche suivante : Aude, Élise, Jordan, Manon, Raphaël. Alors au printemps la fleur s'ouvre et en hiver la fleur se ferme et disparaît à cause de la neige et de la pluie. D'où vient la pomme qui est sur le pommier ? Elle vient du tronc mais de l'extérieur. Quand la sève a trop de vitamines elle la rejette en formant une pomme. C'est la sève qui est là ? C'est ça ?* »

Comme décrit ci-avant, la présence de l'une au sein de l'autre pourrait, selon toute vraisemblance, expliquer la ténacité d'une telle représentation initiale car, force est de constater que les contre-arguments n'ont pas ici manqué.

Baptiste H. (32) : « *si... Comment la... Oui. Mais comment le tout premier pommier a pu donner des pommes s'il y avait pas de pommes avant qui ont pris une graine pour remonter jusqu'à la branche ?* »

Enseignant (33) : « *alors...* »

Baptiste H. (34) : « *parce que faut bien qu'il y ait une pomme à un moment ?* »

Clémentine (35) : « *ben il la sème peut-être ? Non.* »

Enseignant (36) : « *... le premier fruit qui venait d'où ? La première pomme ?* »

Louna (37) : « *ben des graines.* »

Gabriel (38) : « *mais quelles graines ?* »

Baptiste H. (39) : « *oui. Mais quelles graines ?* »

Louna (40) : « *ben les graines du pommier.* »

Enseignant (41) : « *les graines du pommier ?* »

Clémentine (42) : « *oui. Mais le pommier il a pas encore poussé aussi.* »

Enseignant (43) : « *alors si on regarde...* »

Gabriel (44) : « *si les graines étaient de la pomme qui tombe et qui pourrit...* »

Louna (45) : « *oui. Mais au début il en a quand même.* »

Gabriel (46) : « *mais comment elles font pour venir ces pommes ? Enfin ces graines ?* »

Enseignant (47) : « *moi pour rebondir sur ce que dit Gabriel j'ai une question : à la première question là tu me dis que les graines elles donnent des...* »

Louna (48) : « *... plantes.* »

Enseignant (49) : « *... plantes. Ici vous me dites que les graines donnent des plantes avec des fleurs. Qui donneront des fleurs. Et là les graines elles donnent des pommes. La pomme c'est un fruit, c'est pas une fleur ?* »

Louna (50) : « *ben oui. Mais...* »

Enseignant (51) : « *alors qu'est-ce que ça donne des graines ?* »

Louna (52) : « *ben là ça... Elles donnent des pommes.* »

Enseignant (53) : « *et là les graines elles donnent quoi ?* »

Louna (54) : « *ben elles donnent pour que la plante elle pousse.* »

Enseignant (55) : « *ben là les graines elles redonnent des plantes et là les graines elles redonnent des pommes. Pourquoi ces graines-là redonnent des plantes et ces graines-là redonnent des fruits ?* »

Il y a pas un souci là ? »

Enseignant (94) : *« mais ces graines-là elles donnent quoi ? Elles donnent le pommier ou elles donnent des pommes ? »*

Louna (95) : *« ben en fait au début elles donnent des pommiers. Après... »*

Enseignant (96) : *« oui. Mais celles-là là. Il est là ton pommier. Les graines là elles donnent quoi ? »*

Louna (97) : *« elles donnent des pommes. »*

Enseignant (98) : *« elle vient pas de dire que ça donnait une plante. Elle dit que ça donne des pommes. »*

Louna (99) : *« mais au début elle donnait une... La plante. Elle donnait un... »*

Enseignant (100) : *« oui. D'accord. Mais celles-là là que tu as dessinées elles donnent quoi ? »*

Louna (101) : *« ben elles donnent des pommes. »*

Enseignant (102) : *« alors pourquoi ? Vous comprenez ce que je veux dire. Là elle a des graines qui donnent une plante et là elle a des graines qui donnent un fruit. Et on vient de chercher qui a déjà planté une graine qui donne directement un fruit sans passer par une plante. Personne. »*

Enseignant (119) : *« et alors attends. On va... Je vais lui en raconter une. Je te dis quelque chose. Tu me dis comment c'est possible. Moi mon grand-père il a des pommiers. Tous les ans on ramassait toutes les pommes pour faire du cidre. Toutes. On en laissait pas une. Si j'en laissais une je me faisais gronder. L'année d'après il y avait encore des pommes sur mon pommier. L'année suivante je re-ramassais toutes les pommes. Et la troisième année il y avait encore des pommes sur le pommier. Pourtant moi je leur ai jamais laissé les pommes, je leur ai jamais laissé les graines. Comment c'est possible ? »*

Clémentine (120) : *« ben tu poses des questions pièges à chaque fois. »*

Baptiste H. (121) : *« ben non. C'est réel. »*

Enseignant (122) : *« ben non. C'est... Ah non. Mais c'est vrai de vrai hein... Je te promets hein... Du coup est-ce que c'est... Comment tu expliques que le pommier de mon grand-père il ait toujours des pommes alors que je ramassais toutes les pommes et du coup toutes les graines ? »*

Louna (123) : *« ben... »*

Enseignant (124) : *« tu sais pas ? »*

Louna (125) : *« oui. »*

Enseignant (126) : *« d'accord. Donc on a deux problèmes là. D'abord on a... Tout le monde est d'accord pour dire que les graines donnent des plantes ? Là on a des graines qui donnent des fruits. Et en plus si je ramasse toutes les pommes et que je laisse pas les graines j'ai quand même des fruits qui reviennent l'année suivante. »*

Enseignant (148) : *« et pourtant on vient de dire que si on ramasse toutes les pommes ça marche pas. Et quand on plante une graine ça donne une plante. »*

Emma (149) : *« oui. Mais c'est parce qu'en fait au début on plante une graine pour fabriquer le pommier. Mais comme il est assez jeune ben il peut encore... »*

Enseignant (158) : *« alors comment expliques-tu que quand j'achète des graines dans le commerce*

ça ne donne pas des fruits ? Comment expliques-tu que quand je... Si je ramasse... Ce qui est vrai hein... C'est pas une blague hein... Quand je ramassais toutes les pommes avec mon papi pour faire du cidre pourquoi est-ce que l'année suivante j'avais encore des pommes ? »

Emma (159) : *« ben parce qu'il conserve les graines. Parfois il conserve un peu. Il en conserve parce qu'il prévoit un peu qu'il... »*

Enseignant (160) : *« oui. Et si je ramasse les pommes ? Et moi les pommes de mon papi je les ai ramassées peut-être pendant dix ans. Tu sais je les ai pas ramassées une fois comme ça, je les ai ramassées sur de très longues périodes. Et on en laissait pas une par terre. Du coup comment tu expliques ? Il a une réserve de dix ans ? »*

Gabriel (161) : *« vingt ans au moins. »*

Enseignant (162) : *« Margaux ? »*

Margaux (163) : *« mais aussi si tu ramasses toutes les pommes il y en a bien une qui est tombée. Et tu vas pas la ramasser si elle est un peu pourrie, si elle est tombée déjà et qu'elle a... »*

Enseignant' (164) : *« Margaux on les a toutes ramassées. »*

Enseignant (165) : *« toutes ramassées. Toutes. »*

Enseignant' (166) : *« ne cherchez pas à compliquer l'histoire. »*

Enseignant (167) : *« toutes. J'ai tout ramassé. Avec mon papi je te promets j'ai tout, tout, tout, tout ramassé. Et puis je te dirais même autre chose. Même si j'en avais laissé une... Il y a combien de graines dans une pomme ? »*

Margaux (168) : *« trois. Quatre. »*

Clémentine (169) : *« ben une. »*

Enseignant (170) : *« et tu arriverais à refaire des dizaines de pommes dans le pommier alors que tu nous dis qu'une graine donne une pomme ? Tu vois que ça tient pas ce que tu dis. Malo ? »*

Malo (203) : *« en plus si tu regardes dans une pomme les graines elles sont beaucoup plus grosses que les formes que tu regardes dans un arbre. C'est (Ce sont) les sortes de graines des arbres. Ben si. Pour remonter il y a que les veines pour passer. Et donc ben là les noyaux sont... »*

Enseignant (204) : *« on avait parlé de canaux, de tuyaux l'année dernière. Pas de veines. »*

Malo (205) : *« oui. Les canaux. Eh ben ils sont trop petits pour laisser passer les graines des plantes. »*

Concernant Q5, nous observons là, et cela n'est finalement pas si incongru, une interprétation dédoublée de la question en jeu ; pour les uns, la graine nécessite un apport de matière, et dont les pourvoyeurs sont la sève brute (Enseignant (497) : *« elle ressemble plus au bébé. Alors du coup si cette graine qui est dedans... Elle aurait été formée à partir de quoi ? »* Baptiste H. (498) : *« ben des minéraux qu'il y a dans la terre et la sève. »* Malo (499) : *« ben de la sève, des minéraux. »*), puis la sève élaborée (= photosynthèse) (Enseignant (490) : *« et elle vient d'où cette graine qui est dans la pomme ? Elle est arrivée là comment ? »* Gabriel (491) : *« ben quand la pomme s'est formée on va dire. Ben il y a les graines qui se sont formées en même temps. »* puis Enseignant (500) : *« de la sève. On a dit que le fruit il venait de quoi ? »* Malo (501) : *« ben de la sève. »*), pour les autres, la graine

nécessite une rencontre de gamètes, et que sont le “spermatozoïde” et l’“ovule”. À l'un le prisme de la nutrition, à l'autre le prisme de la reproduction : remarquons là encore, et sans doute, la transpiration du projet d'enseignement-apprentissage mené sur le thème d'étude de la nutrition végétale, l'année passée. Quoi qu'il en soit, et orientant bien évidemment notre débat scientifique sur le phénomène de la fécondation, puisqu'il est question de graines (Enseignant' (492) : « *Gabriel pour revenir à la reproduction humaine, pour avoir la petite graine, pour obtenir la petite graine on a besoin de quoi et de quoi ? Tu viens de le dire.* » Enseignant (493) : « *on a besoin de deux choses. On a besoin des spermatozoïdes et...* » Gabriel (494) : « *... l'ovule.* » puis Enseignant' (649) : « *bon. Dites-moi. J'ai besoin de quoi et de quoi pour obtenir la graine ? Redites-le-moi. On l'a déjà dit. Je voudrais être sûr qu'on soit bien d'accord ? Tout le monde peut participer hein... Thomas ?* » Thomas (650) : « *l'ovule et le spermatozoïde.* » Enseignant' (651) : « *d'accord. Donc peut-être, sans doute qu'on a besoin de choses qui ressemblent aux spermatozoïdes et aux ovules pour les plantes aussi puisqu'il est question de graines. On est tous là-dessus ?* » XXX (652) : « *oui.* » puis Enseignant' (695) : « *et je redis. On a besoin de quoi et de quoi pour faire une graine ? Troisième ou quatrième fois.* » Clémentine : (696) : « *l'ovule et le spermatozoïde.* »), nous profitons là pleinement du précédent projet d'enseignement-apprentissage mené dans le cadre des sciences expérimentales et technologie, et plus précisément dans le domaine des sciences de la vie et de la Terre, lorsque son thème d'étude portait sur la reproduction animale.

Enseignant (462) : « *la reproduction. Tiens on en a parlé nous de la reproduction. Qu'est-ce qu'on a vu dans la reproduction ? On a revu la reproduction de quoi ?* »

Énora (463) : « *on l'a pas fait (faite) entière.* »

Enseignant (464) : « *oh... On a fait la reproduction de quoi ?* »

Gabriel (465) : « *humaine.* »

Énora (466) : « *la reproduction du corps humain.* »

Enseignant (467) : « *la reproduction du corps humain ? La reproduction de quoi ? Emma ?* »

Emma (468) : « *humaine.* »

Enseignant (469) : « *la reproduction humaine. Donc on a vu comment on faisait des...* »

XXX (470) : « *... bébés.* »

Enseignant' (645) : « *on va conclure. Je voudrais avec vous revenir sur l'idée de la graine. Qu'on soit bien d'accord ? Vous avez travaillé la graine dans la reproduction humaine ?* »

XXX (646) : « *oui.* »

Enseignant' (647) : « *oui. La graine qui donne le bébé ?* »

Enseignant (648) : « *oui.* »

Il s'agissait là, et de notre point de vue, d'une condition nécessaire, mais non suffisante, à la bonne mise en œuvre de notre projet d'enseignement-apprentissage ; en somme, d'une intention didactique clairement assumée.

Concernant Q6, nous retrouvons là encore, et pour les mêmes raisons, le prisme de la nutrition pour les uns (Manon (218) : « *ben en fait le pollen ça sert à... Eh ben c'est pour la fleur. C'est une sorte de ressource pour la fleur.* » Enseignant (219) : « *c'est une sorte de ressource pour la fleur. Qui lui servirait à quoi ?* » Manon (220) : « *ben c'est un peu comme... Ben pour la plante c'est un petit peu comme des vitamines.* » Enseignant (221) : « *ça lui sert de vitamines ?* » Manon (222) : « *oui. Mais pour la fleur.* »), le prisme de la reproduction pour les autres (Anaëlle (226) : « *oui. Ben peut-être qu'avec le temps ça fait pousser d'autres fleurs. Avec le pollen et avec le vent le pollen s'envole. Et puis ça atterrit sur d'autres fleurs pour les faire pousser.* » Enseignant (227) : « *le pollen s'envole et atterrit sur d'autres fleurs pour les faire pousser. Ça veut dire... Mais si ça les fait... Mais si ça atterrit sur une fleur c'est qu'elle a déjà poussé la fleur ? Je comprends pas ce que tu veux me dire. Tu me dis il atterrit sur une autre fleur grâce au vent ? C'est ça ce que tu m'as dit ?* »), cependant que l'idée explicative d'un pollen qui s'envisage en tant que ressources nutritives n'est valide⁴⁷⁰ et peut tout à fait être contestée, à l'appui notamment et toujours du projet d'enseignement-apprentissage mené sur le thème d'étude de la nutrition végétale, l'année passée.

Emma (321) : « *pour Malo j'ai une question : pourquoi une fois j'ai cueilli une fleur et il y avait comme une chose gluante qui est sortie de la tige en fait ?* »

Gabriel (322) : « *c'était la sève.* »

Enseignant (323) : « *c'était la sève. C'est ce dont elle te parle. Et ça on en est sûrs. On va pas en discuter parce que l'année dernière on a travaillé là-dessus. Et donc la sève on sait.* »

470 Et a d'ailleurs été contestée (Malo (255) : « *j'ai un argument contre le truc de Manon. Ils (Il) servent (sert) de vitamines parce qu'une abeille ben ça reconnaît si la fleur a encore beaucoup de pollen ou si elle en a plus du tout. Et donc elle va retourner en chercher jusqu'à ce qu'il en ait plus sur les fleurs.* » Enseignant (256) : « *quel rapport avec sa proposition ?* » Malo (257) : « *parce qu'elle dit qu'elle (qu'il) sert de vitamines. Alors que si une abeille prend tout le pollen eh ben la fleur va mourir parce qu'elle aura plus de vitamines.* » Enseignant (258) : « *alors une fois que l'abeille est passée est-ce que la fleur meurt ?* » XXX (259) : « *non.* » Enseignant (260) : « *qu'est-ce que tu appelles mourir d'ailleurs ?* » Malo (261) : « *ben ça veut dire qu'elle se tombe.* » Clémentine (262) : « *elle se fane.* » Enseignant (263) : « *elle fane. D'accord. Est-ce qu'elle va mourir la fleur si on lui prend tout son pollen par le vent et les abeilles ?* » Manon (264) : « *je pense.* » Enseignant (265) : « *tu penses. Et les autres ?* » Gabriel (266) : « *oh... Ben non.* » Malo (267) : « *ben non.* » Gabriel (268) : « *ben non. Parce qu'un jour moi quand j'étais petit j'avais pris une fleur, j'avais enlevé tout le pollen avec Julien. Et pourtant ben elle est restée. Au moins un an plus tard elle y était encore.* » Margaux (269) : « *ben oui.* »).

Emma (324) : « oui. Mais elle dit que les vitamines ça vient du pollen. Mais alors pourquoi donc quand j'ai fait ça il y avait ça ? »

Enseignant (325) : « ah oui. Dis donc. C'est pas... Oui. Je vois ce que tu veux dire. Si on est d'accord pour dire que ce qui donne... Oui. Si la sève quand elle monte elle va permettre de créer la fleur, de lui donner de la vitamine... Du coup est-ce que ce serait plutôt ça ou plutôt le pollen qui est capable de partir à cause du vent et des insectes ? »

Manon (326) : « j'ai pas compris la question. »

Enseignant (327) : « tu as pas compris la question. CM2. L'année dernière. Si la sève sucrée ou sève élaborée aide la plante à grandir... Ou pourquoi pas la fleur à grandir... Est-ce que c'est plutôt le pollen qui donnerait des vitamines, de la nourriture à la fleur ou est-ce que c'est plutôt la sève élaborée ? Par rapport à ce que nous avons fait l'année dernière. »

Malo (328) : « la sève. Parce que... »

Enseignant (329) : « la sève. Puisqu'on sait qu'elle fabrique de la matière. Donc ça veut dire que le pollen il ne servirait pas à ça. »

Malo (330) : « elle aide à grandir la sève. C'est comme nous quand... C'est un peu pareil que nous parce que quand on prend des vitamines eh ben on grandit. »

C'est l'occasion pour nous de rappeler que nous connaissons les ressources nutritives des végétaux chlorophylliens : au système souterrain le prélèvement d'eau et de substances minérales, au système aérien le prélèvement de CO₂.

Enseignant (280) : « d'ailleurs l'année dernière quand on a regardé de quoi les plantes avaient besoin... Elles ont besoin de quoi les plantes ? »

X (281) : « d'eau. »

Emma (282) : « d'eau et de Soleil. »

Enseignant (283) : « d'eau et de Soleil. »

Baptiste H. (284) : « de minéraux. »

Enseignant (285) : « de minéraux. Très bien. Et il restait encore une chose. »

Aude (286) : « de terre. »

Enseignant' (287) : « oh... »

Enseignant (288) : « vous vous souvenez pas ? Il y avait un gaz. »

Enseignant' (289) : « et... »

Gabriel (290) : « de... »

Malo (291) : « ... l'azote. »

Enseignant (292) : « non. Comme quoi c'est pas passé. »

Enseignant' (293) : « c'est pas passé. »

Baptiste H. (294) : « de l'oxygène. »

Enseignant (295) : « oui. Mais surtout d'un autre. L'oxygène c'est pas pour créer sa matière. »

Gabriel (296) : « ah... Je sais plus. »

Malo (297) : « ah... Le gaz carbonique. »

Enseignant (298) : « gaz carbonique. »

Reste que, pour d'autres, le pollen est donc utile à la reproduction de la plante (Malo (419) : « *on a oublié de le marquer mais en fait on dit que c'est (ce sont) pas vraiment les graines mais c'est le pollen qui sert à replanter. C'est grâce aux abeilles et tout que ça se replante parce qu'en fait le pollen se fait disperser par les abeilles. Le reste du temps le pollen se fait recouvrir parce que par exemple les dinosaures quand ils sont morts eh ben pour leurs os ils ont été recouverts.* »), cependant que nous connaissons ce qui donne la plante, à savoir la graine, et non le pollen.

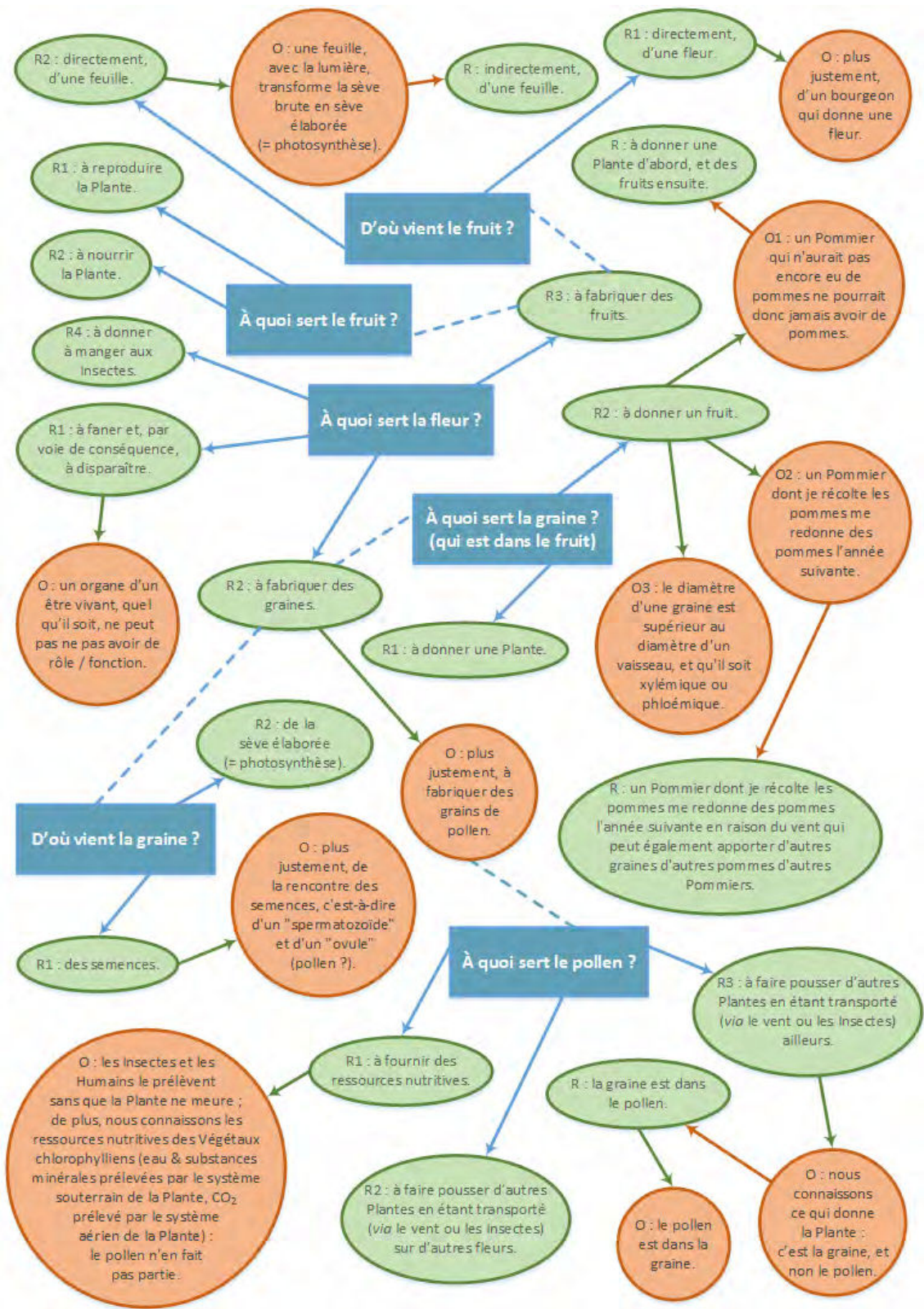
Enseignant (426) : « *est-ce que si je plante du pollen ça donne une plante ? Malo ?* »
 Malo (427) : « *ben c'est un peu...* »
 Enseignant (428) : « *je plante du pollen. Est-ce que j'obtiens une plante ?* »
 Baptiste H. (429) : « *non. Mais c'est pas ça maître.* »
 Enseignant (430) : « *je reviens sur toi après. Je suis en train d'aller jusqu'au bout de ce qu'il dit. Si je plante du pollen est-ce que ça donne une plante ? Malo ?* »
 Malo (431) : « *ben oui.* »
 Enseignant (432) : « *oui.* »
 Enseignant' (433) : « *Malo qu'est-ce qu'on a dit au début du débat ? Qu'est-ce qui donne une plante ?* »
 Enseignant (434) : « *qu'est-ce qui donne une plante ? Malo quand ton papa plante... Il plante quoi ton père ?* »
 Malo (435) : « *une graine.* »
 Enseignant (436) : « *tu l'as déjà vu planter du pollen ?* »
 Malo (437) : « *mais la graine elle...* »
 Enseignant (438) : « *l'as-tu déjà vu planter du pollen ?* »
 Malo (439) : « *non. Mais la graine est dans le pollen.* »
 Enseignant (440) : « *la graine est dans le pollen ?* »
 XXX (441) : « *non.* »
 Manon (442) : « *c'est le contraire.* »
 Enseignant' (443) : « *Manon dit peut-être le contraire.* »
 Enseignant (444) : « *ah...* »
 Enseignant' (445) : « *tiens donc.* »
 Enseignant (446) : « *tu dirais que le pollen est dans la graine ?* »
 Manon (447) : « *ben oui.* »
 Enseignant (448) : « *ah... En tout cas le pollen aurait un rapport avec la graine. On va continuer. Donc vous avez décidé de l'enlever sauf que vous avez oublié de le remettre. Enfin que ce soit pollen ou graine... D'accord. Là du coup votre fleur elle sert à quoi ? Je l'ai entendu. Énora ?* »

Par un guidage des plus serrés sur la fin de notre débat scientifique, arrivera-t-on à une possible correspondance de l'«ovule» et du pollen, inexacte en soi (Enseignant (542) : « *le pollen. Ce serait quoi le pollen ?* » Gabriel (543) : « *l'ovule.* » puis Enseignant (571) : « *donc*

la graine vient peut-être comme le bébé de deux choses dont on a parlé. Spermatozoïde. Ovule. Et là on a ce pollen qui se promène. Donc tu disais que le pollen ça serait peut-être l'ovule ? C'est ça ? » Gabriel (572) : « oui. », mais tout à fait intéressante vis-à-vis de l'activité de problématisation engagée. Malgré cela, la survalorisation du pollen se manifestera ponctuellement (Malo (574) : « oui. Mais peut-être que le pollen c'est (ce sont) les spermatozoïdes et l'ovule. En fait c'est (ce sont) les deux. Et le temps que... En fait quand la fleur pousse sur l'arbre... Et comme c'est une plante fruitière... Donc les fleurs donnent des fruits. Et en fait ces plantes... »).

Telle est donc, à l'issue du débat scientifique portant sur le thème d'étude de la reproduction végétale, la schématisation possible de l'espace-problème de la classe de CM1 / CM2 (figure 7-5).

Figure 7-5. Macrostructure du débat scientifique portant sur le thème d'étude de la reproduction végétale : schématisation possible de l'espace-problème de la classe de CM1 / CM2



3.2. Analyse épistémologique du débat scientifique

De ces moments de controverses, déjà traduits autour de quelques questions organisatrices, pouvons-nous maintenant mettre en évidence les diverses contraintes et nécessités travaillées. Pour plus de lisibilité, mais de façon non exhaustive⁴⁷¹, ces dernières seront illustrées de quelques extraits de la transcription intégrale du débat scientifique (annexe 7-6). Ainsi, et vis-à-vis de la première réduction du corpus initial que nous ne présenterons pas, les interventions de l'enseignant seront-elles ici conservées, car elles ont l'avantage, dans le cas présent, de régulièrement reformuler les propos des apprenants, comme de lire le contenu même des différentes affiches ayant servi à la préparation du débat scientifique (annexe 7-5).

Les contraintes sur l'empirique (CE), qui contiennent les interventions comprenant des éléments empiriques avérés mais contingents, sont les suivantes :

une plante se compose de racine(s), de tige(s), de feuille(s) et, à la belle saison, de fleur(s) ;

Louna (10) : « *je sais pas...* »
 Enseignant (11) : « *... la différence ?* »
 Louna (12) : « *oui.* »
 Enseignant (13) : « *ah... On en avait parlé. Qui veut lui rappeler ce que c'est que la différence ? Gabriel ?* »
 Gabriel (14) : « *la plante... Il peut pas y avoir de fleurs. C'est...* »
 Enseignant (15) : « *si. Il peut y avoir des fleurs. Mais c'est quoi la plante plus généralement ? Une plante c'est fait de quoi ?* »
 Margaux (16) : « *la tige et les feuilles.* »
 Enseignant (17) : « *tige. Feuilles.* »
 XXX (18) : « *racines.* »
 Enseignant (19) : « *racines. Et...* »
 Aude (20) : « *... pétales.* »
 Enseignant (21) : « *... éventuellement...* »
 Baptiste H. (22) : « *... fleurs.* »
 Enseignant (23) : « *racines et éventuellement fleurs. Et sur les fleurs il peut y avoir des...* »
 Aude (24) : « *... pétales.* »
 Enseignant (25) : « *... pétales.* »

⁴⁷¹ C'est-à-dire sans présenter ici le détail de toutes les interventions se rapportant à chaque contrainte et à chaque nécessité.

une fleur contient dans son cœur du pollen ;

Enseignant (217) : « elle disparaît. D'accord. Donc ici on a bien une fleur qui disparaît pour de vrai. Le cœur de fleur. Je continue à lire la légende. Cœur de fleur. Pollen. C'est quoi le pollen ? Ça sert à quoi le pollen ? »

une fleur est issue d'un bourgeon ;

Enseignant (392) : « alors le rôle c'est peut-être celui que vous dites là. La pomme vient d'un bourgeon qui se transforme en fleur puis en pomme. Ah... Tiens dis donc. Regarde. Clémentine ce que tu viens de dire... Une fleur qui se transforme en pomme. »

Emmy (393) : « en fait au début on a un bourgeon qui après devient une fleur qui se transforme ensuite en pomme. »

via le vent ou les insectes, le pollen est transporté de fleur en fleur ;

Anaëlle (226) : « oui. Ben peut-être qu'avec le temps ça fait pousser d'autres fleurs. Avec le pollen et avec le vent le pollen s'envole. Et puis ça atterrit sur d'autres fleurs pour les faire pousser. »

Enseignant (227) : « le pollen s'envole et atterrit sur d'autres fleurs pour les faire pousser. Ça veut dire... Mais si ça les fait... Mais si ça atterrit sur une fleur c'est qu'elle a déjà poussé la fleur ? Je comprends pas ce que tu veux me dire. Tu me dis il atterrit sur une autre fleur grâce au vent ? C'est ça ce que tu m'as dit ? »

Anaëlle (228) : « oui. »

Enseignant (229) : « pour la faire pousser ? »

Anaëlle (230) : « mais aussi... »

Enseignant (231) : « mais si le pollen il arrive sur une autre fleur c'est que la fleur elle est déjà là. Est-ce qu'il y a que le vent qui pourrait emmener le pollen aux autres fleurs comme ça ? »

Gabriel (232) : « il y a aussi les abeilles, les guêpes. »

Enseignant (233) : « les abeilles, les guêpes. »

Aude (234) : « les papillons. »

Malo (235) : « non. C'est (Ce sont) pas les guêpes. C'est (Ce sont) les bourdons. »

Enseignant (236) : « les abeilles, les bourdons. »

Aude (237) : « les papillons. »

Enseignant (238) : « les insectes ? »

Aude (239) : « oui. »

Enseignant (240) : « donc ça veut dire qu'il atterrit sur une autre fleur grâce au vent, grâce aux insectes. En ce moment où il commence à faire un peu plus beau est-ce que vous en voyez des

insectes tourner autour des fleurs ? »

XXX (241) : « *oui.* »

Clémentine (242) : « *maître c'est pas encore tout de suite, c'est en été vraiment.* »

Enseignant (243) : « *est-ce que vous en avez regardé de près des insectes qui vont dans la fleur ?* »

XXX (244) : « *oui.* »

Enseignant (245) : « *est-ce qu'ils ont du pollen sur eux ?* »

XXX (246) : « *oui.* »

Emmy (247) : « *sur leurs pattes.* »

Enseignant (248) : « *sur leurs pattes. Ils peuvent en avoir où d'autre du pollen ?* »

Emmy (249) : « *sur leur corps.* »

Enseignant (250) : « *sur leur corps. D'ailleurs leur corps il est recouvert de quoi souvent ?* »

Emma (251) : « *de petits poils.* »

Enseignant (252) : « *de petits poils.* »

Malo (253) : « *de petits poils qui servent à accrocher le pollen.* »

Enseignant (254) : « *de petits poils qui servent à accrocher le pollen. Donc en tout cas qu'ils servent à ça ou pas ils accrochent le pollen. Malo ?* »

une plante, avec le temps, donne naissance à un ou plusieurs fruits ;

Confer question seconde l'évaluation diagnostique (D'où vient la pomme qui est sur le pommier ?)

une fleur, avec le temps, fane et (donne une ou plusieurs graines et) se transforme en un fruit ;

Enseignant (1) : « *quelle est l'affiche ? L'affiche de qui ? De quel groupe ? Louna tu viens ? Je relis. D'accord. Et puis après je te pose une question. Et puis si vous avez des questions à poser c'est possible. Donc il est peut-être bon qu'on se remémore les trois questions pour être sûr que tout le monde les ait bien en tête puisque vous avec tous la... Les mêmes questions sur l'affiche. La première était : avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende : question numéro un. Question numéro deux : d'où vient la pomme qui est sur le pommier ? Question numéro trois : à quoi sert la pomme pour le pommier ? Donc la fleur fane. Elle donne à la terre des graines qu'elle a quand elle fane puis elle fait pousser les autres fleurs. Vous voyez la fleur quand elle fane, elle fait tomber ses graines qui donnent d'autres fleurs. D'accord. La pomme vient des graines du pommier qui sont à la racine du pommier. Tu nous expliques là ?* »

Enseignant (133) : « *plutôt plante. Puisqu'on sait que les graines quand on les plante elles font des plantes. D'accord. Donc là on a un souci. Deuxième affiche : Émile, Emma, Énora, Lorenzo. Alors tu viens ? Je fais comme tout à l'heure. La fleur devient une graine pour créer d'autres fleurs.* »

Clémentine (134) : « *ben ils sont d'accord avec l'autre groupe ?* »

Enseignant (135) : « *ils sont d'accord avec l'autre groupe. Pour donner d'autres fleurs ou donner d'autres plantes ?* »

Emma (136) : « *d'autres plantes.* »

Enseignant (137) : « *d'autres plantes. D'accord. Ici sur le dessin j'ai pas l'impression que la fleur elle devient une graine, j'ai l'impression que la fleur elle donne une graine. Alors c'est elle devient une graine ou elle donne des graines ? Parce que j'ai l'impression que c'est...* »

Emma (138) : « *... elle donne.* »

Enseignant (139) : « *... elle donne. Ceux du groupe vous êtes d'accord ?* »

Lorenzo (140) : « *oui.* »

Enseignant (211) : « *d'accord. Affiche suivante : Aude, Élise, Jordan, Manon, Raphaël. Alors au printemps la fleur s'ouvre et en hiver la fleur se ferme et disparaît à cause de la neige et de la pluie. D'où vient la pomme qui est sur le pommier ? Elle vient du tronc mais de l'extérieur. Quand la sève a trop de vitamines elle la rejette en formant une pomme. C'est la sève qui est là ? C'est ça ?* »

Manon (212) : « *oui.* »

Enseignant (213) : « *d'accord. En hiver la fleur elle se ferme ou elle disparaît ?* »

Manon (214) : « *elle se ferme.* »

Enseignant (215) : « *elle se ferme. Alors quand moi je suis passé dans la campagne pourquoi je vous ai dit que les bleuets que j'avais vus avaient disparu ? J'ai bien dit qu'ils ont disparu. Si la fleur s'était fermée je l'aurais vu. Donc ceux qui sont du groupe de Manon... Il y a qui dans le groupe de Manon ? Elle se ferme ou elle disparaît ?* »

Aude (216) : « *elle disparaît.* »

Enseignant (392) : « *alors le rôle c'est peut-être celui que vous dites là. La pomme vient d'un bourgeon qui se transforme en fleur puis en pomme. Ah... Tiens dis donc. Regarde. Clémentine ce que tu viens de dire... Une fleur qui se transforme en pomme.* »

Emmy (393) : « *en fait au début on a un bourgeon qui après devient une fleur qui se transforme ensuite en pomme.* »

Enseignant (454) : « *ben si. C'est : qu'est-ce qu'il se passe avec le temps qui passe ? Si la fleur fait quelque chose d'important... Si je te demande avec le temps qui passe que devient la vie de Malo tu vas bien me raconter ce que tu fais d'important dans la journée ? Donc si la fleur fait quelque chose d'important c'est quand même dommage de pas l'avoir noté. La pomme vient d'une fleur qui pousse sur une branche. Ah... Qu'est-ce qui donne le fruit là ? Élise ? La pomme vient d'une fleur qui pousse sur une branche.* »

Élise (455) : « *la fleur.* »

une plante est issue d'une graine ;

Louna (26) : « *ben elle refait cette plante-là. En fait elle refait pousser cette plante-là.* »

Enseignant (27) : « *d'accord. Donc quand tu dis qu'elle redonne des fleurs tu voulais dire plutôt elle redonne des plantes ?* »

Louna (28) : « *des plantes comme ça. Oui.* »

Enseignant (86) : « *donc elle a donné une... Baptiste ?* »

Baptiste H. (87) : « *... plante.* »

Enseignant (88) : « *elle a donné une plante.* »

Clémentine (134) : « *ben ils sont d'accord avec l'autre groupe ?* »

Enseignant (135) : « *ils sont d'accord avec l'autre groupe. Pour donner d'autres fleurs ou donner d'autres plantes ?* »

Emma (136) : « *d'autres plantes.* »

un fruit, avec le temps, se désolidarise de la plante mère et (tout en pourrissant) libère une ou plusieurs graines ;

Enseignant (456) : « *la fleur. La pomme sert à reproduire le pommier. Elle dépose ses semences quand elle tombe et moisit.* »

Énora (457) : « *c'est quoi des semences ?* »

Gabriel (458) : « *les semences c'est (ce sont) les graines qu'il y a dans la pomme. Quand la pomme elle tombe... Et en tombant il y a les petites graines de la pomme. Elles vont dans le sol et elles refont des pommiers.* »

la croissance et le développement d'une plante sont rendus possibles par le prélèvement de ressources nutritives (eau, substances minérales, CO₂).

Enseignant (280) : « *d'ailleurs l'année dernière quand on a regardé de quoi les plantes avaient besoin... Elles ont besoin de quoi les plantes ?* »

X (281) : « *d'eau.* »

Emma (282) : « *d'eau et de Soleil.* »

Enseignant (283) : « *d'eau et de Soleil.* »

Baptiste H. (284) : « *de minéraux.* »

Enseignant (285) : « *de minéraux. Très bien. Et il restait encore une chose.* »

Aude (286) : « *de terre.* »

Enseignant' (287) : « *oh...* »

Enseignant (288) : « *vous vous souvenez pas ? Il y avait un gaz.* »

Enseignant' (289) : « *et...* »
 Gabriel (290) : « *de...* »
 Malo (291) : « *... l'azote.* »
 Enseignant (292) : « *non. Comme quoi c'est pas passé.* »
 Enseignant' (293) : « *c'est pas passé.* »
 Baptiste H. (294) : « *de l'oxygène.* »
 Enseignant (295) : « *oui. Mais surtout d'un autre. L'oxygène c'est pas pour créer sa matière.* »
 Gabriel (296) : « *ah... Je sais plus.* »
 Malo (297) : « *ah... Le gaz carbonique.* »
 Enseignant (298) : « *gaz carbonique.* »

Les contraintes sur le modèle [ou les modèles] (CM), qui contiennent les interventions comprenant des éléments théoriques contingents, sont les suivantes :

une feuille, avec la lumière, transforme la sève brute en sève élaborée (= photosynthèse), laquelle est alors utile à la croissance et au développement d'une plante ;

Enseignant (300) : « *... il revient au galop. Ce serait pas plutôt ça cette sève là ? Si on regarde... Alors vous vous allez me dire que vous avez... Écoutez. L'année dernière on a vu que la matière pomme... Vous vous souvenez ? L'arbre pour fabriquer sa matière... Que ce soit pour grandir, pour grossir... Donc là ben en l'occurrence pour fabriquer les pommes il prenait du gaz carbonique. Il a besoin de l'énergie solaire. Il prenait l'eau et les minéraux. Et de la sève brute il fabriquait de la sève éla-... »*

Margaux (301) : « *... -borée.* »

Enseignant (302) : « *élaborée. Très bien. La sève élaborée qu'on appelait aussi la sève sucrée. Et cette sève élaborée elle servait à quoi ? Alors là vous pouvez pas savoir. C'est (Ce sont) eux. On va voir s'ils se souviennent ? »*

Malo (303) : « *elle servait à continuer à faire de la croissance des plantes.* »

Enseignant (304) : « *donc à fabriquer de...* »

Malo (305) : « *... la matière.* »

Enseignant' (309) : « *juste. On peut redire parce que j'ai un doute. Vous me rappelez qui est-ce qui produit la sève ? Quel organe de la plante produit la sève élaborée, la sève sucrée ? »*

Enseignant (310) : « *Baptiste ? »*

Enseignant' (311) : « *Baptiste ? »*

Baptiste H. (312) : « *les feuilles.* »

Enseignant' (313) : « *les feuilles. On est bien d'accord hein... »*

Enseignant (314) : « *grâce à quoi ? »*

Enseignant' (315) : « *il faut de l'énergie.* »

Enseignant (316) : « *qui est tout vert. Qui capte l'énergie.* »

Baptiste H. (317) : « *la chlorophylle.* »

Enseignant (318) : « *la chlorophylle. D'accord.* »

Malo (319) : « *parce que sur les feuilles c'est ce qui fait qu'elles sont vertes.* »

Enseignant (340) : « *d'accord. Donc là en fait vous avez oublié de mettre la phase où elle a disparu. OK. La pomme vient des feuilles du pommier. Elle sert à le faire vivre mais quand le pommier ne produit pas de pommes il meurt. La pomme vient des feuilles. Qu'est-ce qu'on vient de dire sur les feuilles il y a deux minutes là justement avec la sève ? Qu'est-ce que nous on sait sur les feuilles ? Baptiste ?* »

Baptiste H. (341) : « *il y a de la chlorophylle dedans.* »

Enseignant (342) : « *oui. Et donc la feuille elle sert à fabriquer quoi ?* »

Baptiste H. (343) : « *ben l'oxygène.* »

Enseignant (344) : « *non.* »

Baptiste H. (345) : « *non. De la sève sucrée.* »

Enseignant (346) : « *de la sève sucrée. Donc les feuilles tu sais bien elles servent à faire de la sève élaborée.* »

Énora (654) : « *c'est à moitié un... Elle capte...* »

Enseignant' (655) : « *ça capte l'énergie du Soleil pour... Je l'ai déjà redit avec Baptiste il y a cinq minutes.* »

Enseignant (656) : « *fabriquer quoi ?* »

Enseignant' (657) : « *Malo ?* »

Malo (658) : « *fabriquer de la sève élaborée.* »

Enseignant' (659) : « *fabriquer de la sève élaborée. Pour fabriquer de la matière. On le sait ça. D'accord. Il nous reste quoi comme organe(s) sur la plante ?* »

il faut qu'ait lieu la fécondation.

Enseignant (462) : « *la reproduction. Tiens on en a parlé nous de la reproduction. Qu'est-ce qu'on a vu dans la reproduction ? On a revu la reproduction de quoi ?* »

Énora (463) : « *on l'a pas fait (faite) entière.* »

Enseignant (464) : « *oh... On a fait la reproduction de quoi ?* »

Gabriel (465) : « *humaine.* »

Énora (466) : « *la reproduction du corps humain.* »

Enseignant (467) : « *la reproduction du corps humain ? La reproduction de quoi ? Emma ?* »

Emma (468) : « *humaine.* »

Enseignant (469) : « *la reproduction humaine. Donc on a vu comment on faisait des...* »

XXX (470) : « *... bébés.* »

Enseignant (471) : « *d'accord.* »

Gabriel (472) : « *ben là les pommes...* »
 Enseignant (473) : « *est-ce qu'on avait des semences...* »
 XXX (474) : « *non.* »
 Enseignant (475) : « *... quelque part ?* »
 Margaux (476) : « *ben oui. Un peu.* »
 Enseignant (477) : « *oui. Un peu. C'était quoi nos semences à nous ?* »
 Malo (478) : « *ben c'était le bébé qui est encore tout petit.* »
 Margaux (479) : « *mais c'est en fait...* »
 Enseignant (480) : « *ah non. C'étaient pas nos semences.* »
 Gabriel (481) : « *c'étaient les spermatozoïdes et l'ovule.* »
 Enseignant (482) : « *c'étaient les spermatozoïdes et l'ovule. Alors après le rôle de chacun on va pas dire ce qu'ils faisaient mais c'étaient le spermatozoïde et l'ovule. D'accord. Et ce spermatozoïde et cet ovule ils donnaient quoi ?* »
 XXX (483) : « *un bébé.* »
 Enseignant (484) : « *un bébé. Que certains ont appelé comment ? Une petite...* »
 Clémentine (485) : « *... graine.* »

Les nécessités sur l'empirique (NE), qui contiennent les interventions comprenant des éléments empiriques supposés mais nécessaires, sont les suivantes :

nécessité pour la fleur de se composer de parties mâle et femelle.

Enseignant (517) : « *le spermatozoïde et l'ovule on va les trouver dans quoi d'après vous ? Si la pomme ça se passait comme un bébé est-ce que le spermatozoïde et l'ovule on va trouver ça dans les racines de la plante ?* »
 XXX (518) : « *non.* »
 Enseignant (519) : « *non.* »
 Malo (520) : « *ou dans la sève.* »
 Gabriel (521) : « *dans les branches ou dans...* »
 Enseignant (522) : « *est-ce qu'on pourrait trouver ça dans la branche ?* »
 Gabriel (523) : « *ben oui.* »
 Malo (524) : « *ben dans les canaux avec la sève.* »
 Énora (525) : « *ou dans le tronc.* »

Enseignant (556) : « *oui. Mais l'année dernière quand on a travaillé sur la sève élaborée a-t-on à un seul moment parlé de reproduction de la plante ou est-ce qu'on a parlé de nourriture de la plante ?* »
 XXX (557) : « *de nutrition.* »
 XXX (558) : « *de nourriture.* »
 Enseignant (559) : « *de nutrition ou de nourriture de la plante. Du coup si la sève élaborée avait*

servi à la reproduction est-ce qu'on s'en serait aperçu l'année dernière ? »

Gabriel (560) : « *oui.* »

Enseignant (561) : « *oui. Est-ce qu'on s'en est aperçu ?* »

Gabriel (562) : « *non.* »

Enseignant (563) : « *non. Donc est-ce que la sève élaborée va pouvoir avoir un rapport avec la reproduction ?* »

Gabriel (564) : « *ben non.* »

Enseignant' (653) : « *d'accord. Et d'après vous ce serai(en)t quelle(s) partie(s) de la plante qui les produirai(en)t ces ovules et ces spermatozoïdes si on les appelle comme ça ? Les racines ? Les tiges ? Les feuilles ? La feuille ça sert à quoi ? Redites-le-moi. Énora ?* »

Énora (654) : « *c'est à moitié un... Elle capte...* »

Enseignant' (655) : « *ça capte l'énergie du Soleil pour... Je l'ai déjà redit avec Baptiste il y a cinq minutes.* »

Enseignant (656) : « *fabriquer quoi ?* »

Enseignant' (657) : « *Malo ?* »

Malo (658) : « *fabriquer de la sève élaborée.* »

Enseignant' (659) : « *fabriquer de la sève élaborée. Pour fabriquer de la matière. On le sait ça. D'accord. Il nous reste quoi comme organe(s) sur la plante ?* »

Baptiste H. (660) : « *les racines.* »

Enseignant' (661) : « *les racines. Je les ai déjà dites. Baptiste ?* »

Baptiste H. (662) : « *les pétales...* »

Enseignant (663) : « *donc...* »

Enseignant' (664) : « *... qu'on trouve sur la...* »

Baptiste H. (665) : « *... fleur.* »

Enseignant' (666) : « *donc notre hypothèse c'est quoi là d'après vous si on devait l'écrire au tableau ? Il y a pas que Baptiste. Isaure je t'ai pas entendue. Il y a un moment durant le débat on s'est posé la question : à quoi sert la...* »

Baptiste H. (667) : « *... fleur ?* »

Enseignant' (668) : « *... fleur ? Est-ce qu'on aurait une hypothèse là avec tout ce qu'on a dit ?* »

Malo (669) : « *ben oui.* »

Enseignant (675) : « *donc du coup la fleur elle pourrait servir à quoi ?* »

Nora (676) : « *à se reproduire.* »

Enseignant' (697) : « *quelle(s) partie(s) de la plante pourrai(en)t peut-être les produire ces ovules et ces spermatozoïdes ? Malo ?* »

Malo (698) : « *la fleur.* »

Les nécessités sur le modèle [ou les modèles] (NM), qui contiennent les interventions comprenant des éléments théoriques nécessaires, sont les suivantes :

nécessité de sève élaborée et, par voie de conséquence, de ressources nutritives (eau, substances minérales, CO₂) pour la transformation d'une fleur en un fruit ;

Enseignant (306) : « ... la matière. D'accord. Est-ce que cette sève élaborée qui remonte là elle pourrait fabriquer la matière pomme ? »

Malo (307) : « ben oui. »

Enseignant (308) : « oui. Elle pourrait fabriquer la matière pomme. Donc là vous nous avez plutôt dit ce groupe-là comment se fait la pomme avec la sève élaborée. Vous avez répondu à cette question-là plutôt qu'à la question pourquoi. À quoi sert la pomme pour le pommier ? Donc là je pense que vous n'avez pas tout à fait répondu à la bonne question. D'accord. »

nécessité d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule” & nécessité d'une rencontre de gamètes.

Enseignant' (492) : « Gabriel pour revenir à la reproduction humaine, pour avoir la petite graine, pour obtenir la petite graine on a besoin de quoi et de quoi ? Tu viens de le dire. »

Enseignant (493) : « on a besoin de deux choses. On a besoin des spermatozoïdes et... »

Gabriel (494) : « ... l'ovule. »

Enseignant' (649) : « bon. Dites-moi. J'ai besoin de quoi et de quoi pour obtenir la graine ? Redites-le-moi. On l'a déjà dit. Je voudrais être sûr qu'on soit bien d'accord ? Tout le monde peut participer hein... Thomas ? »

Thomas (650) : « l'ovule et le spermatozoïde. »

Enseignant' (651) : « d'accord. Donc peut-être, sans doute qu'on a besoin de choses qui ressemblent aux spermatozoïdes et aux ovules pour les plantes aussi puisqu'il est question de graines. On est tous là-dessus ? »

XXX (652) : « oui. »

Enseignant' (695) : « et je redis. On a besoin de quoi et de quoi pour faire une graine ? Troisième ou quatrième fois. »

Clémentine (696) : « l'ovule et le spermatozoïde. »

Concernant les contraintes sur l'empirique (CE), nous est-il permis de remarquer à l'évidence une relative richesse de l'objet d'étude travaillé, et tant les concepts quotidiens portant sur la fleur, le fruit et la graine sont déjà solidement ancrés : un intérêt d'abord, pour travailler l'articulation du registre empirique sur le registre du modèle [ou des modèles], une limite ensuite, pour dépasser lesdits concepts quotidiens, et accéder ainsi à toute la valeur explicative des concepts scientifiques. Aussi, pouvons-nous apprécier une tout autre articulation : celle de l'objet d'étude présentement travaillé, à savoir la reproduction sexuée des angiospermes, à l'objet d'étude antérieurement travaillé, à savoir la signification de la nutrition des végétaux chlorophylliens dans le cadre de la croissance et / ou du développement. C'est d'ailleurs et selon nous une condition nécessaire, mais non suffisante, à la pleine réalisation de notre objectif de prestation, lequel interrogera principalement la notion de cycle de développement / vie. Enfin, rappellerons-nous que notre attention se portera exclusivement sur les plantes supérieures⁴⁷² (terrestres), et plus particulièrement sur les spermatophytes, qui se composent de racine(s), de tige(s), de feuille(s) et, à la belle saison, de fleur(s) (annexe 7-2).

Concernant les contraintes sur le modèle [ou les modèles] (CM), nous est-il permis de remarquer qu'avant tout il faut, et puisqu'il est question de graines, qu'ait lieu la fécondation. Ou d'un point essentiel, là encore au regard de la notion de cycle de développement / vie : en effet, des deux mécanismes fondamentaux de la reproduction sexuée, y alternent et de façon systématique la méiose⁴⁷³ et la fécondation⁴⁷⁴, ce qui assure ainsi, génération après génération, la conservation du bagage⁴⁷⁵ chromosomique⁴⁷⁶ en jeu, caractéristique de l'espèce, et donc de son caryotype. Pareillement, pouvons-nous apprécier encore l'articulation décrite ci-avant, d'un objet d'étude à l'autre, et pour n'être pas hors-sujet lorsqu'une feuille, avec la lumière, transforme la sève brute en sève élaborée (= photosynthèse), laquelle est alors utile à la croissance et au développement d'une plante.

472 À savoir les cormophytes, lesquels comprennent les bryophytes (cryptogames cellulaires), les ptéridophytes (cryptogames vasculaires) et les spermatophytes (phanérogames).

473 Mécanisme de divisions cellulaires qui, à partir d'une cellule mère diploïde (c'est-à-dire à $2n$ chromosomes), donne naissance à quatre cellules filles haploïdes (c'est-à-dire à n chromosomes), et que sont les gamètes lorsque, bien entendu, ils sont arrivés à maturité.

474 Mécanisme de fusion cellulaire qui, à partir de deux gamètes (cellules n), donne naissance à un zygote (cellule $2n$), et que l'on peut qualifier d'unique en son genre.

475 On parle également de stock.

476 D'où la notion de cycle chromosomique.

Concernant les nécessités sur l'empirique (NE), nous est-il permis de remarquer une fois encore la pertinence du double dédoublement de la problématisation qui, nous l'avons bien compris, a amené à cette formulation nouvelle et riche d'intérêt des "nécessités empiriques", à savoir et dans le cas présent la nécessité pour la fleur de se composer de parties mâle et femelle. En effet, c'est bien parce qu'il est question de graines⁴⁷⁷, et par conséquent de fécondation⁴⁷⁸ (et donc d'un "spermatozoïde" et d'un "ovule")⁴⁷⁹ que, nécessairement, la fleur n'ait d'autre raison que de s'impliquer dans la reproduction de la plante, ses racines, tiges et feuilles étant déjà au service de sa nutrition.

Concernant les nécessités sur le modèle [ou les modèles] (NM), nous est-il permis de remarquer évidemment les conséquences de la fécondation envisagée, en termes de gamètes engendrés, et ce au regard du précédent projet d'enseignement-apprentissage mené dans le cadre des sciences expérimentales et technologie, et plus précisément dans le domaine des sciences de la vie et de la Terre, lorsque son thème d'étude portait sur la reproduction animale. Remarquons qu'il s'agit là pour nous d'une condition essentielle à la pleine émergence de la nécessité sur l'empirique décrite ci-avant, et qui organisera à elle seule l'ensemble des investigations empiriques menées sur ce projet d'enseignement-apprentissage. Pareillement, pouvons-nous apprécier encore l'articulation décrite ci-avant, d'un objet d'étude à l'autre, et pour n'être pas hors-sujet avec la nécessité de sève élaborée et, par voie de conséquence, de ressources nutritives (eau, substances minérales, CO₂) pour la transformation d'une fleur en un fruit ; de façon quelque peu analogue, Schneeberger (2002) a déjà pu remarquer que l'intérêt de « *certaines élèves dans l'étude de la structure de la graine est davantage la présence de nourriture, susceptible de nourrir la future plante, que la présence d'un embryon de plante dont ils ont des difficultés à admettre l'existence.* » (Schneeberger, 2002, p. 51).

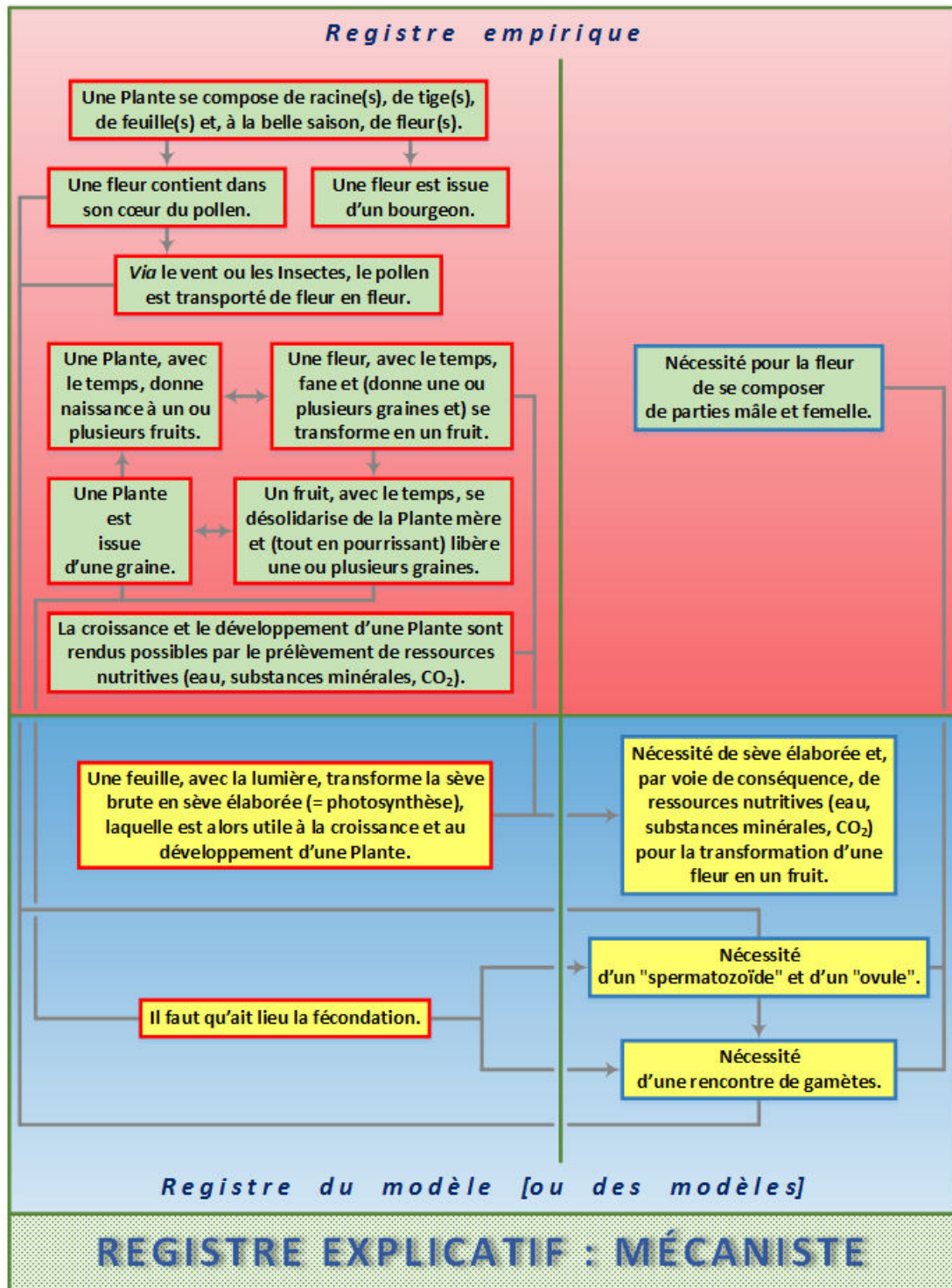
Telle est donc, à l'issue du débat scientifique portant sur le thème d'étude de la reproduction végétale, la schématisation possible de l'"espace contraintes et nécessités" de la classe de CM1 / CM2 (figure 7-6).

477 Nous pensons notamment aux contraintes sur l'empirique qui suivent : une plante est issue d'une graine & un fruit, avec le temps, se désolidarise de la plante mère et (tout en pourrissant) libère une ou plusieurs graines.

478 Nous pensons notamment à la contrainte sur le modèle [ou les modèles] qui suit : il faut qu'ait lieu la fécondation.

479 Nous pensons notamment aux nécessités sur le modèle [ou les modèles] qui suivent : nécessité d'un "spermatozoïde" et d'un "ovule" & nécessité d'une rencontre de gamètes.

Figure 7-6. Macrostructure du débat scientifique portant sur le thème d'étude de la reproduction végétale : schématisation possible de l'«espace contraintes et nécessités» de la classe de CM1 / CM2



- | | |
|---|--|
| contrainte sur l'empirique | nécessité sur l'empirique |
| contrainte sur le modèle [ou les modèles] | nécessité sur le modèle [ou les modèles] |

4. Analyse des investigations empiriques en termes de problématisation scientifique

Présentons d'emblée, pour mieux situer la progression de nos diverses intentions didactiques, le questionnement dont ont fait l'objet ces quelques investigations empiriques, avec :

la séance du mardi dix mars deux-mille-quinze, portant sur le concept de fleur, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pistil (annexe 7-7) ;

la séance du mardi dix-sept mars deux-mille-quinze, portant sur les concepts de fruit et de graine (annexe 7-8) ;

la séance du vendredi vingt mars deux-mille-quinze, portant sur le concept de fleur, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pollen (annexe 7-9).

Ajoutons également qu'à la façon d'une synthèse, la séance du mardi vingt-quatre mars deux-mille-quinze vint clore ces quelques séances d'investigations empiriques, et pour se concentrer plus généralement sur la conceptualisation scientifique de la reproduction sexuée des angiospermes (figure 7-3 ; Boyer, 2000, p. 167).

4.1. Séance du mardi dix mars deux-mille-quinze : le concept de fleur, et le pistil

4.1.1. Premier temps de la séance

Le premier temps de la séance se déroula en fin de matinée. Il s'agit là pour nous d'un moment essentiel puisque, de la bascule que nous opérons du temps du débat scientifique sur le temps des investigations empiriques, se doit d'être au plus vite remobilisé le travail précédemment engagé, en vue d'en poursuivre la problématisation, bien évidemment. Pour ce faire, nous sommes-nous et à l'évidence appuyés sur les diverses contraintes et nécessités, portant à la fois sur le registre empirique et le registre du modèle [ou des modèles], dont l'identification et la mise en concordance, en relation, en tension aboutit à la construction du problème en jeu. C'est ainsi que, pour amorcer la séance, l'enseignant rappela chronologiquement ces quelques contraintes sur l'empirique, et que sont :

une fleur, avec le temps, fane et (donne une ou plusieurs graines et) se transforme en un

fruit (Nora : « *la fleur se transformait en un fruit.* ») ;

un fruit, avec le temps, se désolidarise de la plante mère et (tout en pourrissant) libère une ou plusieurs graines (Baptiste H. : « *je trouve des graines à l'intérieur.* » ; Emma : « *il y a aussi des noyaux.* ») ;

une plante est issue d'une graine (Clara : « *une graine avec le temps et après qu'elle ait germé ça donne une plante.* »).

Nota bene : voyons dès à présent le statut quelque peu particulier de la première contrainte sur l'empirique, telle une hypothèse de travail à la présente séance, et puisque s'il est assurément partagé de toute la classe qu'une fleur, avec le temps, fane, il en devient déjà moins évident et pour nombre d'apprenants qu'une fleur, avec le temps, se transforme en un fruit.

À l'issue de quoi rappelle-t-on, et de judicieuse façon que l'on sait que, dans la reproduction humaine, un ovule et un spermatozoïde sont nécessaires à la formation de la graine (Manon : « *une (un) ovule et un spermatozoïde.* ») : c'est la fécondation (Malo : « *ils se fécondent.* »)... D'un raisonnement purement analogique, et s'il est question de graines dans la reproduction animale comme dans la reproduction végétale, alors nous faut-il conclure à la nécessité d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule” dans le cadre de ladite reproduction végétale. Reste donc à savoir l'organe de la plante qui peut être consacré à cette cause que représente la production de gamètes, d'où ces quelques propositions de la part de l'enseignant, et que sont :

les racines qui, finalement, sont impliquées dans le prélèvement de l'eau et des substances minérales (Margaux : « *les racines elles servent à absorber l'eau et les minéraux.* ») : en outre, une racine possède évidemment une fonction, un rôle d'ancrage ;

les tiges qui, finalement, assurent le lien entre les racines et les feuilles (Gabriel : « *c'est ce qui transporte un peu tout ce que la feuille fabrique en fait. Et ça alimente la feuille.* ») ;

les feuilles qui, finalement, sont impliquées dans le prélèvement du CO₂ : en effet, une feuille, avec la lumière (Baptiste H. : « *les feuilles elles servent à capter l'énergie solaire avec la chlorophylle.* »), transforme la sève brute en sève élaborée (= photosynthèse) (Baptiste H. : « *les feuilles elles servent à fabriquer de la sève sucrée, de la sève élaborée, de la matière.* »).

Nota bene : voyons que nous bénéficions là pleinement du projet d'enseignement-apprentissage mené sur le thème d'étude de la nutrition végétale, l'année passée et pour moitié⁴⁸⁰ de la classe concernée.

À l'issue de quoi n'envisage-t-on pas d'autre solution que la fleur (voir pour cela les interventions d'Aude, Gabriel et Margaux), et qui ne représente rien d'autre que l'appareil reproducteur de la plante à fleurs, en opposition de l'appareil végétatif (racine(s), tige(s), feuille(s)). Il s'agit là de l'élément qui cristallise à nos yeux la schématisation possible de l'"espace contraintes et nécessités" de la classe de CM1 / CM2 (figure 7-6), à savoir la nécessité pour la fleur de se composer de parties mâle et femelle, et qui organise à lui seul l'ensemble des investigations empiriques menées sur ce projet d'enseignement-apprentissage.

Enseignant' : « *alors qu'est-ce qu'il nous reste sur la plante à fleurs comme organe dont on a pas encore parlé ? Margaux ?* »

Margaux : « *des pétales.* »

Enseignant' : « *alors les pétales on les trouve sur un organe qui s'appelle... Aude ?* »

Aude : « *... la fleur.* »

Enseignant' : « *... la fleur. Donc je reviens à l'histoire de mes spermatozoïdes et de mes ovules. Est-ce que ça pourrait pas être la fleur qui les produit si c'est (ce sont) pas les feuilles, si c'est pas la tige, si c'est (ce sont) pas les racines ?* »

Gabriel : « *c'est obligatoirement ça.* »

Enseignant' : « *alors Gabriel me dit c'est obligatoirement ça. Moi je dirais c'est fort possible. Donc du coup on en a pas la preuve. Là pour l'instant on en parle, on essaie d'y réfléchir, on essaie de trouver ce qui peut être possible et ce qui ne l'est pas. D'accord. Ça pourrait être la fleur. Malo ?* »

Malo : « *oui. Sauf que quand tu prends une fougère elle a pas de fleurs et c'est une plante et elle se reproduit quand même.* »

Enseignant' : « *est-ce que c'est une plante à fleurs ?* »

Malo : « *non.* »

Enseignant' : « *non. Donc on s'y intéresse pas à ces plantes-là. D'accord. Donc du coup la séance d'aujourd'hui elle va servir à vérifier l'hypothèse... Est-ce que la fleur se transforme bel et bien en un fruit comme les derniers groupes nous l'ont dit lors du débat ? Premièrement. Et elle va aussi nous servir à vérifier l'hypothèse que je viens de vous dire à l'instant... Est-ce que par hasard la fleur ne servirait pas à produire des choses qui ressemblent un petit peu comme dans le cas de la reproduction humaine aux spermatozoïdes et puis aux ovules ? Vous voyez que là déjà on est partis assez loin. Pour l'instant on a pas fait d'expériences hein... D'accord.* »

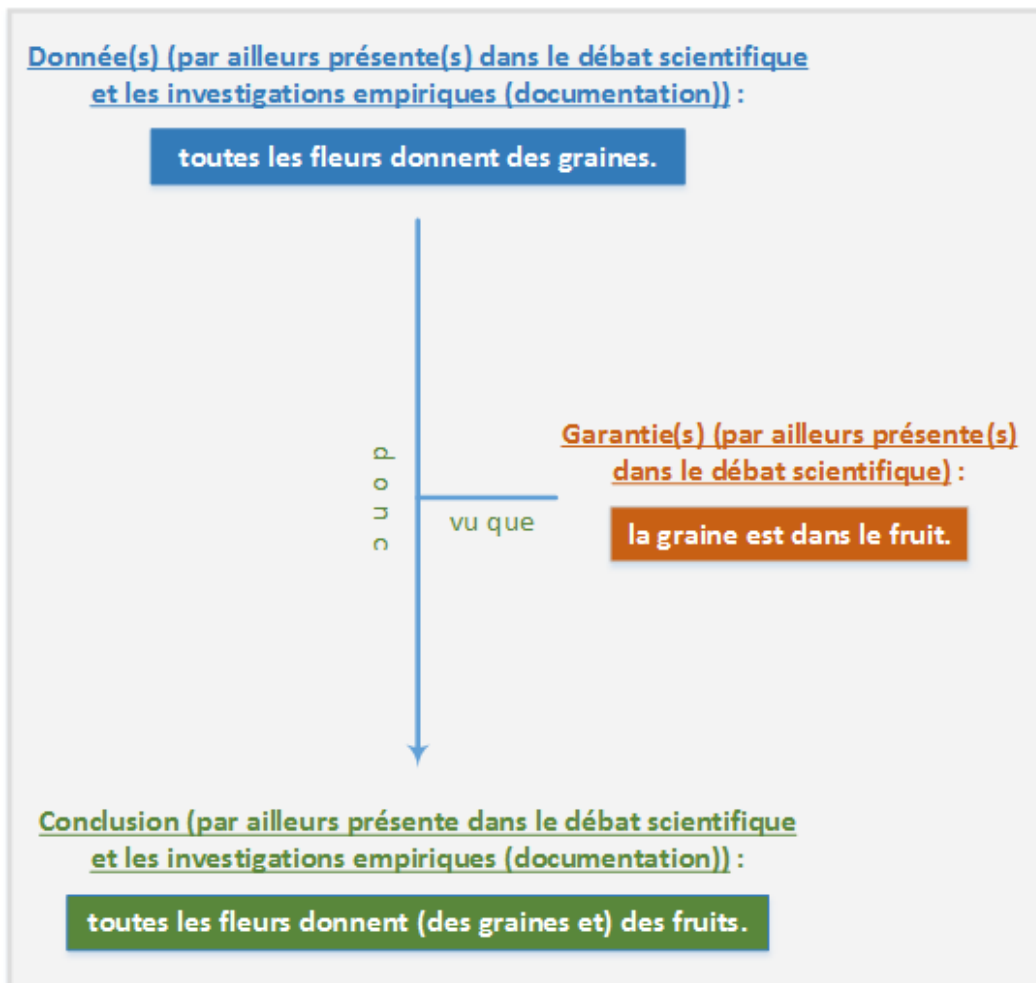
480 En effet, les CM1 de la classe de CM1 / CM2 de l'année scolaire 2013/2014 sont, on l'imagine fort bien, devenus les CM2 de la classe de CM1 / CM2 de l'année scolaire 2014/2015.

Enfin, et avant d'entamer à proprement parler nos activités d'investigation, sous la forme d'une documentation d'abord, l'enseignant prit soin de présenter⁴⁸¹ à l'ensemble des groupes de travail de la classe l'évolution⁴⁸² d'une fleur de cerisier, avec le temps, ce qui bien évidemment vise à asseoir et de façon définitive le fait constatable qu'une fleur, avec le temps, fane et (donne une ou plusieurs graines et) se transforme en un fruit. Malgré cela, et lors de la mise en commun du travail de groupes qui s'en est suivie, de nombreux désaccords sont apparus sur ce point, les uns pensant que toutes les fleurs donnent à la fois des fruits et des graines (groupes 4 et 5'), les autres ne le pensant pas (groupes 1, 3 et 5) : pour ces derniers, si la fleur donne bel et bien une graine, elle ne donne pas systématiquement un fruit. D'autres encore pensent que les fleurs ne donnent ni fruits, ni graines (groupe 2). Il fallut alors à l'enseignant et pour obtenir le consensus reprendre la lecture du document de travail (annexe 7-7) avec les apprenants (Baptiste H. : « *ben c'est (ce sont) des graines là.* » ; Clémentine : « *le titre c'est toutes les fleurs donnent des graines.* » ; Baptiste H. : « *c'est marqué là fruit rempli de graines.* »). Fondamentalement, retrouvions-nous là les classiques représentations initiales des apprenants à l'égard du fruit –tel qu'il puisse globalement se composer en partie de jus et / ou de sucre (Margaux : « *oui. Mais ceux-là ils se mangent pas.* » Gabriel : « *et alors ? Tous les fruits se mangent pas.* »). C'est alors que, remobilisant toujours le travail précédemment engagé sur le temps du débat scientifique, l'enseignant mit fin à la controverse et s'appuya sur un raisonnement purement logique, en vue de la conceptualisation scientifique de la contrainte sur l'empirique : une fleur, avec le temps, fane et (donne une ou plusieurs graines et) se transforme en un fruit (figure 7-7) ; preuve s'il en est que le registre empirique, tout autant que le registre du modèle [ou des modèles], est un registre construit (Lhoste, 2006 ; Orange, 2003).

481 Par le biais de l'ordinateur et du vidéoprojecteur.

482 Par le biais de (quatre) photographies successives.

Figure 7-7. Étapes de la conceptualisation scientifique de la contrainte sur l'empirique : une fleur, avec le temps, fane et (donne une ou plusieurs graines et) se transforme en un fruit



Enseignant : « après le débat on a dit qu'on trouvait quoi dans les fruits ? »

Aude : « les graines. »

Enseignant : « les graines. »

X : « et là c'est... »

Enseignant : « on a dit que les graines se trouvaient dans les fruits. Si toutes les fleurs donnent des graines... »

Clara : « ben les fruits ils ont des graines. »

Enseignant : « ... puisque les... Écoutez bien. Toutes les fleurs donnent des graines. Les graines se trouvent dans les... »

Énora : « ... fruits. »

Enseignant : « ... fruits. »

Gabriel : « si on mixe les deux ça fait... »

Enseignant : « si j'ai la fleur... Si on est tous d'accord pour dire... Regardez. Vous êtes tous d'accord pour dire que le fruit donne des graines ? Vous êtes tous d'accord pour dire que les fleurs donnent des graines ? Donc si les fleurs donnent des graines puisque les graines sont dans le fruit c'est que

les fleurs elles donnent des... »
 XXX : « ... fruits. »
 Enseignant : « ... fruits. *Que vous avez là. Ça c'est quoi ?* »
 XXX : « un fruit. »
 Enseignant : « un fruit. »
 XXX : « un fruit. »
 Enseignant : « un fruit. »
 XXX : « un fruit. »
 Enseignant : « un fruit. »
 XXX : « un fruit. »
 Enseignant : « un fruit. *Je pense que ce qui vous gêne c'est que pour vous un fruit c'est ce qu'on achète dans le commerce pour manger...* »
 Clara : « ... mais il y a des fruits qui se mangent pas. »
 Enseignant : « ... mais il y a des fruits qui se mangent pas. *Et il y a certainement plein de fruits que vous ne connaissez pas.* »

Sous la forme d'une expérimentation / observation ensuite, nos activités d'investigation se voulaient plus concrètes et, au travers de la dissection d'une fleur⁴⁸³ de tulipe, visaient la recherche des différents verticilles protecteurs, avec à la fois le calice (formé par l'ensemble des sépales) et la corolle (formée par l'ensemble des pétales), et des différents verticilles reproducteurs, avec à la fois l'androcée (formé par l'ensemble des étamines) et le gynécée ou pistil (formé par l'ensemble des carpelles). Lors de la mise en commun du travail de groupes qui s'en est suivie, l'enseignant en profita alors pour faire rappeler, d'une part que les sépales et les pétales se confondent ici-même (Aude : « *pétales et sépales sont identiques.* » ; Margaux : « *les sépales sont à l'extérieur et les pétales sont à l'intérieur.* »), et d'autre part que la graine (qui est issue de l'ovule du pistil de la fleur) est présente à l'intérieur du fruit, et non de la fleur.

Enfin, et venant clore le premier temps de la séance du jour, nous présentons ci-après l'énoncé «structurant» pour chaque groupe de travail.

Groupe 1 : Flavie (absente), Louna, Margaux, Rachel, Tom

Toutes les fleurs ont des fruits et des graines. La graine est issue de l'ovule, les fruits proviennent du pistil. Nous avons appris aussi que dans une fleur il y a : le pistil, les pétales,

483 À raison d'une fleur par binôme, en conservant les groupes de travail.

les étamines, les sépales.

Groupe 2 : Émile, Emma, Énora, Lorenzo

L'ovule vient du pistil de la fleur. Il n'y a que les trois pétales de l'extérieur qui sont des sépales, et les pétales de l'intérieur. Le fruit provient du pistil. L'étamine (dans les pétales) a plein de pollen.

Groupe 3 : Aude, Élise, Jordan, Manon, Raphaël

La fleur de la tulipe contient trois sépales à l'extérieur de la fleur et trois pétales à l'intérieur. Ensuite les étamines, puis le pistil. L'ovule est dans le pistil.

Groupe 4 : Baptiste G., Clara, Clémentine, Katia, Louis

Nous savons que les sépales sont les trois extérieurs et les pétales sont les trois intérieurs. Il y a aussi six étamines dans la fleur et un pistil. Le fruit provient du pistil et la graine est issue de l'ovule.

Groupe 5 : Anaëlle, Emmy, Isaure, Léonie, Nora

Le fruit provient du pistil et la graine est issue de l'ovule. Toutes les fleurs donnent des fruits et des graines sans exception. Nous avons aussi décortiqué une tulipe et nous avons trouvé : un sépale, un pétale, six étamines, un pistil et des ovules. On a appris que le sépale ressemblait à un pétale et que dans le pistil il y a plein d'ovules.

Groupe 5' : Baptiste H., Gabriel, Malo, Thomas

Nous avons appris que toutes les fleurs ont des fruits et des graines. Le pistil contient les ovules et le pistil forme la matière du fruit. L'ovule (= future graine) se transforme en graine pour le fruit.

Du lien que nous supposons entre activité langagière en sciences et activité cognitive (Jaubert, 2000, 2007 ; Jaubert & Rebière, 2000), nous nous proposons d'apprécier à sa juste mesure l'activité de problématisation de l'ensemble des groupes de travail de la classe, par le biais d'une analyse épistémologico-langagière, à la façon de Lhoste (2008a), voire Gobert (2014), de chaque énoncé “structurant” portant sur le concept de fleur, et le pistil. Aussi, et afin de mesurer à la fois l'impact de notre débat scientifique et du premier temps des investigations empiriques, nous prendrons soin de placer en vis-à-vis le schéma explicatif de chaque groupe de travail avant et après problématisation et investigation (tableau 7-8), c'est-à-dire à l'issue de la préparation du débat scientifique d'abord, et à l'issue du premier temps des investigations empiriques ensuite.

Tableau 7-8. Schéma explicatif de chaque groupe de travail avant et après problématisation et investigation

| |
|---|
| <p>Schémas explicatifs du groupe 1</p> <p><u>À l'issue de la préparation du débat scientifique</u> D'où vient la pomme qui est sur le pommier ? <i>Elle vient des graines du pommier qui sont à la racine du pommier.</i></p> <p><u>À l'issue du premier temps des investigations empiriques</u> Énoncé “structurant” : <i>toutes les fleurs ont des fruits et des graines. La graine est issue de l'ovule, les fruits proviennent du pistil. Nous avons appris aussi que dans une fleur il y a : le pistil, les pétales, les étamines, les sépales.</i></p> |
| <p>Schémas explicatifs du groupe 2</p> <p><u>À l'issue de la préparation du débat scientifique</u> D'où vient la pomme qui est sur le pommier ? <i>La pomme vient des racines.</i></p> <p><u>À l'issue du premier temps des investigations empiriques</u> Énoncé “structurant” : <i>l'ovule vient du pistil de la fleur. Il n'y a que les trois pétales de l'extérieur qui sont des sépales, et les pétales de l'intérieur. Le fruit provient du pistil. L'étamine (dans les pétales) a plein de pollen.</i></p> |
| <p>Schémas explicatifs du groupe 3</p> <p><u>À l'issue de la préparation du débat scientifique</u> D'où vient la pomme qui est sur le pommier ? <i>Elle vient du tronc mais de l'extérieur.</i></p> <p><u>À l'issue du premier temps des investigations empiriques</u> Énoncé “structurant” : <i>la fleur de la tulipe contient trois sépales à l'extérieur de la fleur et trois pétales à l'intérieur. Ensuite les étamines, puis le pistil. L'ovule est dans le pistil.</i></p> |
| <p>Schémas explicatifs du groupe 4</p> <p><u>À l'issue de la préparation du débat scientifique</u> D'où vient la pomme qui est sur le pommier ? <i>La pomme vient des feuilles du pommier.</i></p> |

À l'issue du premier temps des investigations empiriques

Énoncé “structurant” : *nous savons que les sépales sont les trois extérieurs et les pétales sont les trois intérieurs. Il y a aussi six étamines dans la fleur et un pistil. Le fruit provient du pistil et la graine est issue de l'ovule.*

Schémas explicatifs du groupe 5À l'issue de la préparation du débat scientifique

D'où vient la pomme qui est sur le pommier ? *La pomme vient d'un bourgeon qui se transforme en fleur, puis en pomme.*

À l'issue du premier temps des investigations empiriques

Énoncé “structurant” : *le fruit provient du pistil et la graine est issue de l'ovule. Toutes les fleurs donnent des fruits et des graines sans exception. Nous avons aussi décortiqué une tulipe et nous avons trouvé : un sépale, un pétale, six étamines, un pistil et des ovules. On a appris que le sépale ressemblait à un pétale et que dans le pistil il y a plein d'ovules.*

Schémas explicatifs du groupe 5'À l'issue de la préparation du débat scientifique

D'où vient la pomme qui est sur le pommier ? *La pomme vient d'une fleur qui pousse sur une branche.*

À l'issue du premier temps des investigations empiriques

Énoncé “structurant” : *nous avons appris que toutes les fleurs ont des fruits et des graines. Le pistil contient les ovules et le pistil forme la matière du fruit. L'ovule (= future graine) se transforme en graine pour le fruit.*

Tout d'abord, et concernant les productions antérieures au débat scientifique, constate-t-on sur le plan épistémologique la désyncrétisation de notre être, de l'organisme et pour chaque groupe de travail : la plante n'est pas envisagée tel un tout, mais bien tel un ensemble, et si ce n'est une somme de parties, à savoir les racines, les tiges, les feuilles... entre elles dans une relation que l'on peut qualifier de fonctionnelle. Ce point sera d'ailleurs réaffirmé sur le temps du débat scientifique, avec la contrainte sur l'empirique qui suit : une plante se compose de racine(s), de tige(s), de feuille(s) et, à la belle saison, de fleur(s). Sachons voir cependant que la question des organes, propre au domaine des sciences de la vie, n'est pour autant pas une fin en soi ; plus encore, et d'après Orange (2000), la « forte présence des organes dans les explications semble souvent bloquer une réflexion fonctionnelle. » (Orange, 2000, p. 139). Usant de cette communication, implicitement défendue, au sein même de la plante, les groupes 1, 2 et 3 avancent alors l'idée explicative d'une graine, libérée par la pomme dans un premier temps, récupérée par les racines du pommier dans un deuxième temps, et pour accéder⁴⁸⁴ aux parties aériennes de la plante, et redonner ainsi une pomme... en d'autres termes : si, dans l'espace, la graine est issue du fruit, alors, dans le temps, le fruit est issu de la graine. Du reste, la pomme est-elle issue de la feuille pour le groupe 4, et de la fleur⁴⁸⁵ pour

484 Via la sève, implicitement pour le groupe 1, explicitement pour le groupe 3.

485 Elle-même issue d'un bourgeon –floral, pour le groupe 5, et que l'on trouve sur une branche, pour le groupe 5'.

les groupes 5 et 5' ; sans doute, et pour le groupe 4, faut-il voir en la feuille une approximation de la fleur, quand la pomme est bel et bien issue des parties aériennes de la plante.

Ensuite, et concernant les productions postérieures au débat scientifique, constate-t-on sur le plan épistémologique et pour les groupes 1, 4, 5 et 5', les associations attendues, à savoir que le fruit est issu du pistil, et que la graine est issue de l'ovule ; le groupe 2, quant à lui, omettant cette seconde association, mais non la première. Aussi croit-on bon de rappeler que le pistil contient l'ovule pour les groupes 2 et 3, voire les ovules pour les groupes 4 et 5. Sur le plan langagier ou, plus justement, de la cohérence langagière, textuelle (Bronckart & *al.*, 1985) où, nous pouvons le rappeler, toute production langagière est, en plus de son attachement à son contexte d'élaboration, une production sociale, allons-nous mener notre analyse au regard de trois critères distincts, mobilisant alors le genre du texte, l'objet de savoir du texte, et l'architecture interne du texte. Ainsi fait, nous pouvons présenter l'analyse langagière du premier énoncé “structurant” de chaque groupe de travail (tableau 7-9).

Tableau 7-9. Analyse langagière du premier énoncé “structurant” de chaque groupe de travail

| Groupe | Genre du texte | Objet de savoir du texte | Architecture interne du texte |
|--------|--|--|--|
| 1 | Descriptif et explicatif | Vocabulaire riche et précis (étamines, fleur(s), fruits, graine(s), ovule, pétales, pistil, sépales) | Discours théorique. Permanence thématique assurée, informations nouvelles en nombre suffisant (voire plus), absence de contradictions entre les éléments, relation de congruence explicite (« aussi ») entre les éléments. Orchestration de l'hétéroglossie. |
| 2 | Descriptif et partiellement explicatif | Vocabulaire riche et précis (étamine, fleur, fruit, ovule, pétales, pistil, pollen, sépales) | Discours en situation et discours théorique. Permanence thématique non assurée, informations nouvelles en nombre suffisant (voire plus), présence d'une “contradiction” |

| | | | |
|----|--------------------------|---|--|
| | | | entre les éléments, relation de congruence implicite entre les éléments. Orchestration de l'hétéroglossie. |
| 3 | Descriptif | Vocabulaire riche et précis (étamines, fleur, ovule, pétales, pistil, sépales) | Discours en situation. Permanence thématique assurée, informations nouvelles en nombre insuffisant, absence de contradictions entre les éléments, relation de congruence explicite (« <i>Ensuite</i> », « <i>puis</i> ») entre les éléments. Orchestration de l'hétéroglossie. |
| 4 | Descriptif et explicatif | Vocabulaire riche et précis (étamines, fleur, fruit, graine, ovule, pétales, pistil, sépales) | Discours en situation et discours théorique. Permanence thématique assurée, informations nouvelles en nombre suffisant (voire plus), absence de contradictions entre les éléments, relation de congruence explicite (« <i>aussi</i> ») entre les éléments. Orchestration de l'hétéroglossie. |
| 5 | Descriptif et explicatif | Vocabulaire riche et précis (étamines, fleurs, fruit(s), graine(s), ovule(s), pétale, pistil, sépale) | Discours en situation et discours théorique. Permanence thématique assurée, informations nouvelles en nombre suffisant (voire plus), absence de contradictions entre les éléments, relation de congruence explicite (« <i>aussi</i> ») entre les éléments. Orchestration de l'hétéroglossie. |
| 5' | Explicatif | Vocabulaire riche et précis (fleurs, fruit(s), graine(s), ovule(s), pistil) | Discours théorique. Permanence thématique assurée, informations nouvelles en nombre suffisant, absence de contradictions entre les éléments, relation de |

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | | congruence implicite entre les éléments. Orchestration de l'hétéroglossie. |
|--|--|--|---|

Tout d'abord, et concernant le genre du texte, se sont vu attribuer un caractère explicatif les énoncés “structurants” qui permettaient de rendre compte des associations respectives de l'ovule et du pistil, à la graine et au fruit ; sans doute cela peut-il paraître quelque peu excessif, mais rappelons-nous que l'enjeu du travail sur un tel thème d'étude reste la mise en relation des différents concepts de fleur, de fruit et de graine, ce qui est ici plus que largement retrouvé : en effet, seul le groupe 3 n'y parvient alors pas. Du reste, le caractère descriptif de ces énoncés “structurants” se retrouvait-il dans l'énumération des différents verticilles protecteurs et reproducteurs ; remarquons seulement que seul le groupe 5' estime inutile un tel rappel de la morphologie de la fleur –alors même que la rédaction du premier énoncé “structurant” fit tout juste suite à la dissection d'une fleur de tulipe, ce qui nous laisse à croire qu'il distingue alors et au plus près l'explication de ce qui peut servir l'explication, à savoir la description.

Ensuite, et concernant l'objet de savoir du texte, force est de constater la relative richesse du vocabulaire que l'on est à même de retrouver dans les divers énoncés “structurants” : à l'évidence, se voit ici récolté le fruit de la dissection d'une fleur de tulipe, qui permet l'identification des différentes pièces florales, fertiles pour les unes, stériles pour les autres.

Enfin, et concernant l'architecture interne du texte, retrouvons-nous pour les groupes 1 et 5' un discours que l'on peut qualifier de théorique, car pleinement autonome, à la différence du groupe 3 qui, tout impliqué qu'il est dans son énoncé, mobilise un discours qui présente un lien assumé d'avec la situation d'énonciation, notamment lorsqu'est faite référence⁴⁸⁶ à la tulipe ; les groupes 2, 4 et 5, quant à eux, mélangeant les genres de discours. Afin de mieux comprendre la caractérisation de ces discours contrastés (Bain & *al.*, 1982), nous proposons-nous d'en présenter les caractéristiques morphosyntaxiques, au travers des bien connues conditions polaires de la production des textes (tableau 7-10 ; d'après Bronckart & *al.*, 1985).

⁴⁸⁶ Explicitement pour les groupes 3 et 5, implicitement pour les groupes 2, 3, 4 et 5, lorsqu'est donné le nombre de pétales et de sépales, et pour les groupes 2 et 5, lorsqu'est précisée la ressemblance du pétale et du sépale chez la fleur de tulipe.

Tableau 7-10. Conditions polaires de la production des textes (d'après Bronckart & *al.*, 1985)

| | Le discours en situation | Le discours théorique |
|---|---|---|
| Caractéristiques de l'acte de production | <p>Texte produit en relation directe avec le contexte, en particulier avec des interlocuteurs identifiables, un moment et un lieu d'énonciation précis, et qui s'organise par référence permanente à ce contexte ; dans sa forme extrême, le discours en situation est un dialogue à propos d'états ou d'événements présents dans le contexte énonciatif.</p> <p>Mode d'ancrage : impliqué et conjoint.</p> | <p>Produit lui aussi avec une référence au contexte, mais résultant d'un effort d'abstraction par rapport à ce dernier, ce discours se caractérise par son indépendance à l'égard d'une situation d'énonciation particulière. Bien qu'il ait été élaboré à un moment et à un endroit donnés, par un auteur-locuteur, et qu'il soit destiné à un public-interlocuteur, ce type de textes se définit par son absence presque complète de référence aux paramètres énonciatifs. Dans sa forme extrême, il se présente sous la forme d'un discours scientifique, vrai partout et toujours, pour n'importe quel interlocuteur.</p> <p>Mode d'ancrage : autonome et conjoint.</p> |
| Interaction sociale | <p>Lieu social : varie selon la représentation que les interlocuteurs ont de leurs rapports hiérarchiques ou institutionnels.</p> <p>But : agir sur et avec les coproducteurs du texte.</p> <p>Destinataires : ces mêmes coproducteurs, c'est-à-dire les interlocuteurs participant à l'acte même de fabrication du texte (acte de production).</p> | <p>Lieu social : celui de l'institution scientifique, au sens large et universel du terme.</p> <p>But : accroître la connaissance humaine dans un champ déterminé.</p> <p>Destinataires : la classe ou catégorie professionnelle concernée.</p> |

Nota bene : ne nous intéressant pas ici, Bronckart et *al.* (1985) ajoutent cependant la narration aux discours en situation et théorique.

Traitant maintenant des mécanismes de textualisation, avons-nous jugé et dans l'ensemble une permanence thématique assurée, et même si les procédés de reprise ne sont pas toujours explicites ; en effet, travaillant les concepts de fleur, de fruit et de graine, la probabilité de les

discuter en lien est, de fait, assez importante. Si les différents groupes de travail apportent un lot d'informations nouvelles largement suffisant, à l'exception du groupe 3, seul le groupe 5' effectue, de notre point de vue, la part de ce qui est essentiel et de ce qui ne l'est pas, notamment lorsqu'il estime accessoire de discuter ici la question des verticilles protecteurs. Aussi, et pour ce qui a trait aux contradictions éventuelles, relevons-nous seulement l'énoncé "structurant" du groupe 2, lorsqu'il affirme que l'ovule vient du pistil, et que le fruit provient du pistil ; néanmoins, et selon toute vraisemblance, s'agit-il ici d'une erreur de langage, plus que d'autre chose. Terminant au sujet de la congruence, et dans le même ordre d'idées que la permanence thématique, nous semble-t-il pouvoir l'apprécier, tantôt de façon explicite⁴⁸⁷, tantôt de façon implicite.

Faisant pleinement écho à la question du langage dans les activités scientifiques, que nous avons pu développer ci-avant, ces énoncés "structurants" présentent une assez bonne homogénéité quant aux informations convoquées de la part de tel ou tel groupe de travail ; ou d'une certaine orchestration de la polyphonie (Jaubert, 2000, 2007) du discours, et donc de l'hétéroglossie (Bakhtine, 1978, 1984), et ce d'autant plus si l'on en revient aux productions antérieures au débat scientifique. En effet, d'une question à l'autre et pour un même groupe de travail, avait-on observé à ce moment-ci une certaine hétérogénéité dans les réponses apportées, et pour différents objets de savoir(s), points sur lesquels nous n'avions d'ailleurs pas manqué de revenir sur le temps du débat scientifique. C'est pourquoi, et avant d'aller plus loin, nous rappellerons les schémas explicatifs contradictoires de différents groupes de travail sur différents objets de savoir(s) avant problématisation et investigation (tableau 7-11).

Tableau 7-11. Schémas explicatifs contradictoires de différents groupes de travail sur différents objets de savoir(s) avant problématisation et investigation

| |
|---|
| <p>Schémas explicatifs contradictoires des groupes 1 et 2</p> <p>À la question Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende, la graine –que donne la fleur– donne une autre fleur.</p> <p>À la question D'où vient la pomme qui est sur le pommier ?, la graine de la pomme –après avoir été récupérée par les racines du pommier– donne une autre pomme, et donc un autre fruit.</p> |
| <p>Schémas explicatifs contradictoires des groupes 5 et 5'</p> <p>À la question Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende, la fleur fane et disparaît : elle n'a donc <i>a priori</i> aucune fonction, aucun rôle.</p> |

487 Au moyen de divers connecteurs ou organisateurs.

À la question D'où vient la pomme qui est sur le pommier ?, la fleur du pommier donne une pomme : elle a donc *a priori* une fonction, un rôle.

Nota bene : en plus des groupes 1 et 2, et à la question D'où vient la pomme qui est sur le pommier ?, le groupe 3 avancera également que la graine de la pomme –après avoir été récupérée par les racines du pommier– donne une autre pomme, et donc un autre fruit.

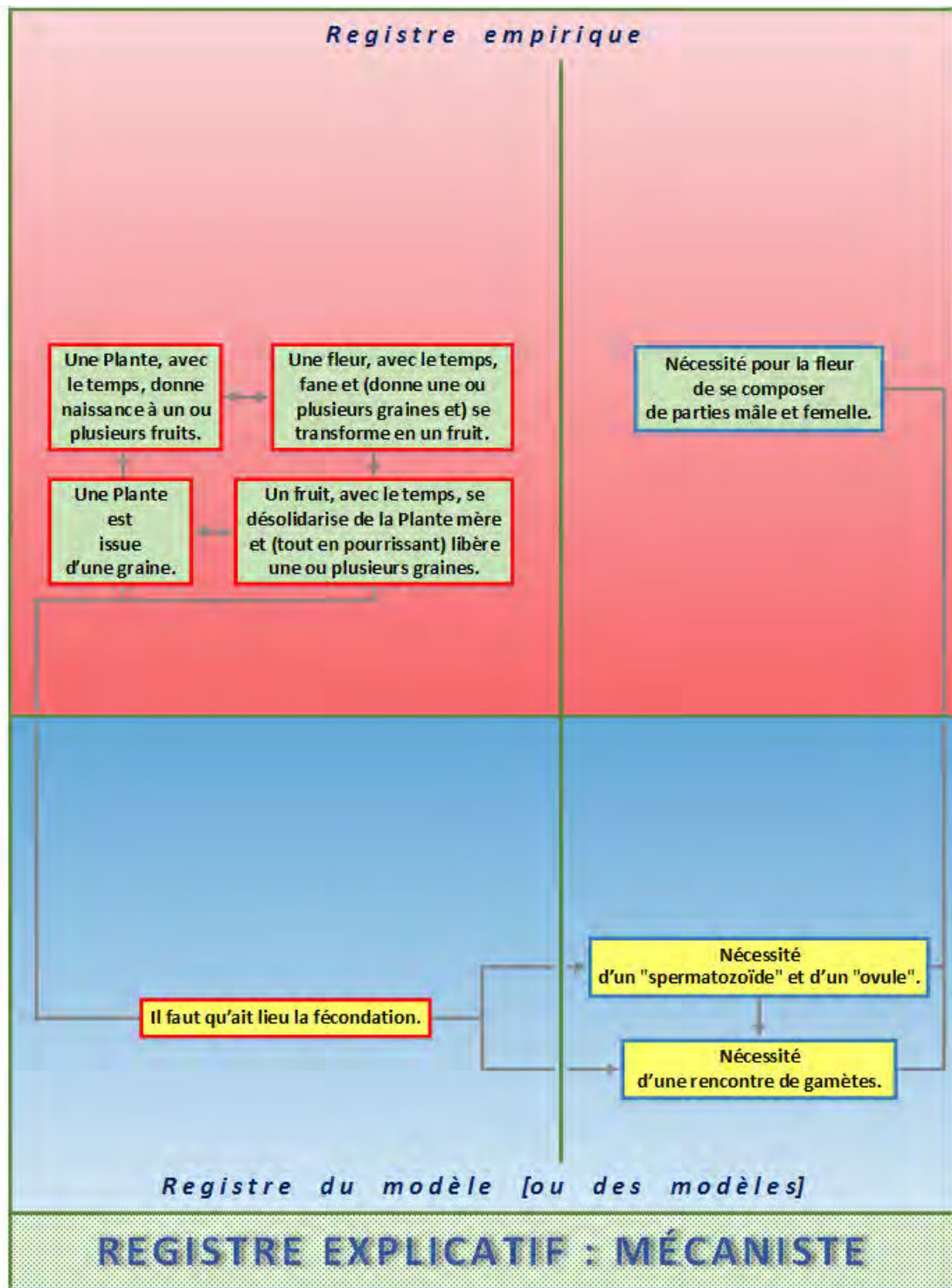
Ainsi, on le comprend bien, le débat scientifique dans un premier temps, et le premier temps des investigations empiriques dans un second temps, auront à cœur d'asseoir définitivement la contrainte sur l'empirique d'une fleur qui, avec le temps, fane et (donne une ou plusieurs graines et) se transforme en un fruit, ce que laisse à voir l'orchestration de l'hétéroglossie (Bakhtine, 1978, 1984) de nos différents énoncés “structurants”, du groupe 1 au groupe 5' ; ainsi fait, tirons-nous tout le bénéfice de ce premier temps des investigations empiriques, où la problématisation engagée sur le temps du débat scientifique semble se poursuivre. Les énoncés “structurants” étudiés attestent en effet d'une certaine autonomisation vis-à-vis de leur contexte de production ; leur ancrage s'affirme au sein de la communauté scientifique, voire de la communauté discursive scientifique, notamment de par un apport conséquent de vocables spécifiques. Finalement, l'on assiste bien là à la secondarisation du discours, non achevée cependant, bien évidemment, et puisqu'entre autres persiste encore et pour quelques groupes de travail du discours en situation, et non seulement du discours théorique, fonctionnant selon une logique purement argumentative. Pour preuve, et du chemin qu'il reste à parcourir, proposerons-nous l'énoncé “structurant” type qui suit, et qui tente de respecter la question de l'hétéroglossie, des différents mécanismes de textualisation, et à la façon d'un discours théorique.

La fleur se compose de sépale(s), de pétale(s), d'étamine(s) et de pistil(s). De ces différentes parties, une seule donnera le fruit, et il s'agit du pistil. Si le fruit renferme une ou plusieurs graines, le pistil, quant à lui, renferme un ou plusieurs ovules. Ainsi, et nous le devinons déjà, c'est l'ovule du pistil qui donnera la graine du fruit.

4.1.2. Second temps de la séance

Le second temps de la séance se déroula en début d'après-midi. À l'image de la démarche d'investigation qui, à l'issue de l'investigation conduite par les apprenants, pense et laisse place à l'acquisition et la structuration des connaissances (tableau 2-2 ; d'après Lhoste, 2007), nous souhaitons et sur le temps d'une même séance voir apparaître de tels moments structurants, et pour ainsi nous inscrire pleinement dans le modèle d'“investigation-structuration” : passés le temps du tâtonnement et de la recherche, nous sommes bel et bien là dans le temps de la synthèse ou, plus justement, d'une nécessaire articulation de différents concepts scientifiques. Ne délaissant en rien notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation, la gestion même de ce moment structurant s'opéra par le biais d'une centration portant sur une partie de la schématisation possible de l'“espace contraintes et nécessités” de la classe de CM1 / CM2 (figure 7-8), centration notamment organisée autour de la nécessité d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule”.

Figure 7-8. Macrostructure du débat scientifique portant sur le thème d'étude de la reproduction végétale : centration portant sur une partie de la schématisation possible de l'«espace contraintes et nécessités» de la classe de CM1 / CM2



- | | |
|---|--|
| contrainte sur l'empirique | nécessité sur l'empirique |
| contrainte sur le modèle [ou les modèles] | nécessité sur le modèle [ou les modèles] |

Suite au premier temps de la séance, l'ensemble des groupes de travail de la classe a accouché d'un énoncé que l'on espère scientifique et qui résumerait le savoir nouvellement acquis, voire la recherche de l'explication en jeu ; c'est donc à l'appui de celui-ci que l'enseignant, dans une logique argumentative, entame auprès de chaque groupe le travail de la nécessité d'un "spermatozoïde" et d'un "ovule" et, en définitive, le travail de la justification de l'explication en jeu (tableau 4-5). C'est alors que, pour chaque groupe de travail, nous présentons ci-après la formalisation des activités langagières en jeu (figure 7-9 ; figure 7-10 ; figure 7-11 ; figure 7-12 ; figure 7-13 ; figure 7-14).

Figure 7-9. Formalisation des activités langagières en jeu pour le groupe 1

Groupe 1 : Flavie (absente), Louna, Margaux, Rachel, Tom

Une fleur se transforme en un fruit.
→
La graine est dans le fruit.

Q : quel organe de la Plante donne la graine ? Les racines ? Les tiges ? Les feuilles ?

R : la fleur.

Q : quelle partie de la fleur ?

R : le pistil.

Q : quelle partie du pistil ?

R : l'ovule.

Q : l'ovule à lui seul peut-il donner la graine ?

R : non, il manque le "spermatozoïde".

Q : qui apporte le "spermatozoïde" ?

R : ...

On sait que, dans la reproduction humaine, un ovule et un spermatozoïde sont nécessaires à la formation de la graine.

Figure 7-10. Formalisation des activités langagières en jeu pour le groupe 2



Figure 7-11. Formalisation des activités langagières en jeu pour le groupe 3

Groupe 3 : Aude, Élise, Jordan, Manon, Raphaël

Une fleur se transforme en un fruit.
→
La graine est dans le fruit.

Q : quel organe de la Plante donne la graine ? Les racines ? Les tiges ? Les feuilles ?

R : la fleur.

Q : quelle partie de la fleur ?

R : l'ovule.

On sait que, dans la reproduction humaine, un ovule et un spermatozoïde sont nécessaires à la formation de la graine.

Q : l'ovule à lui seul peut-il donner la graine ?

R : non.

Q : que manque-t-il ?

R1 : de l'eau, du soleil...

O : il s'agit là des ressources nutritives des Végétaux chlorophylliens

R2 : le "spermatozoïde".

Figure 7-12. Formalisation des activités langagières en jeu pour le groupe 4

Groupe 4 : Baptiste G., Clara, Clémentine, Katia, Louis

Une fleur¹ se transforme en un fruit.

→

La graine est dans le fruit.

Q : quelle partie de la Plante donne la graine ?

R : la fleur.

Q : quelle partie de la fleur ?

R : le cœur de la fleur.

Q : quelle partie du pistil ? (qui correspond au cœur de la fleur)

R1 : le pollen.

R2 : l'ovule.

On sait que, dans la reproduction humaine, un ovule et un spermatozoïde sont nécessaires à la formation de la graine.

Q : l'ovule à lui seul peut-il donner la graine ?

R1 : non, la taille d'une graine est inférieure à la taille d'un ovule.

O : la taille d'une graine est supérieure à la taille d'un ovule.

R2 : non, il manque le "spermatozoïde".

Q : qui apporte le "spermatozoïde" ?

R1 : la graine (de la fleur).

O : il s'agit là de l'ovule.

R2 : le pistil.

O : il s'agit là de la partie de la fleur qui contient l'ovule.

R3 : ...

1 Ou, plus justement, un pistil.

Figure 7-13. Formalisation des activités langagières en jeu pour le groupe 5

Groupe 5 : Anaëlle, Emmy, Isaure, Léonie, Nora

Une fleur¹ se transforme en un fruit.
→
La graine est dans le fruit.

Q : quelle partie de la Plante donne la graine ?

R : l'ovule.

On sait que, dans la reproduction humaine, un ovule et un spermatozoïde sont nécessaires à la formation de la graine.

Q : l'ovule (qu'on trouve dans le pistil) à lui seul peut-il donner la graine ?

R : non, il manque le "spermatozoïde".

Q : qui apporte le "spermatozoïde" ?

R : les petit(e)s grain(e)s jaunes...

Q : ... qui venaient de quelle partie ?

R : à côté, autour du pistil.

Q : ... qui venaient de quelle partie ? Les pétales ? Les sépales ? Les étamines ? Le pistil ?

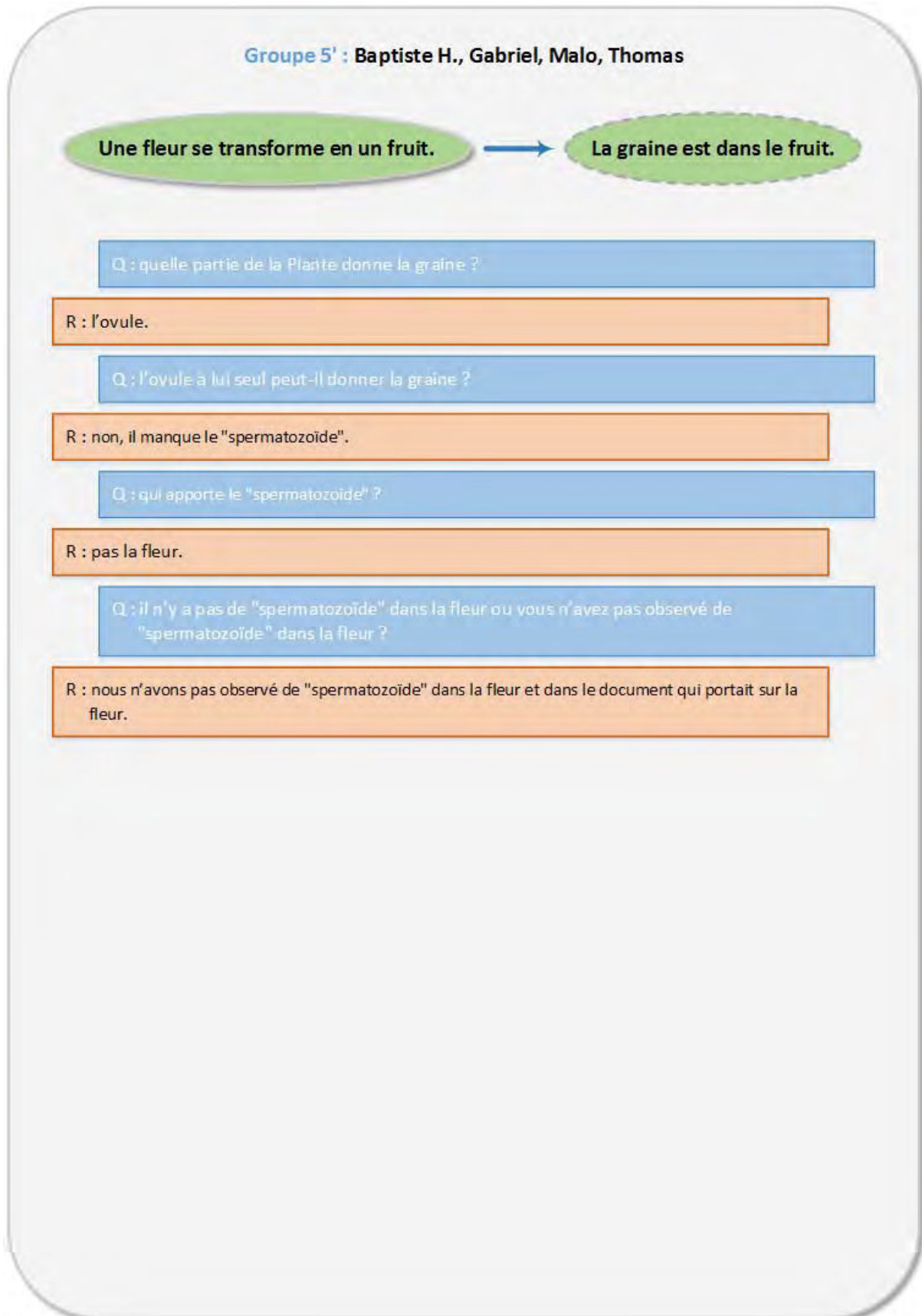
R : des étamines.

Q : comment appelle-t-on ces petit(e)s grain(e)s jaunes ? (dont on a parlé durant le débat scientifique)

R : le pollen.

1 Ou, plus justement, un pistil.

Figure 7-14. Formalisation des activités langagières en jeu pour le groupe 5'



Mobilisés de judicieuse façon par l'enseignant, les savoirs scientifiques portant sur le thème d'étude de la reproduction animale, et plus justement humaine, permettent systématiquement la mise à jour de la nécessité d'un "spermatozoïde", alors même que le premier temps de la séance n'en fait jamais écho, et ne suggère à lui seul que la nécessité d'un "ovule". Ainsi résumé : nos activités d'investigation sur le thème d'étude de la reproduction végétale nous apprennent qu'une graine est issue d'un ovule or, et de ce que nous savons sur le thème d'étude de la reproduction animale, une graine est issue de la réunion d'un spermatozoïde et d'un ovule ; d'où le bénéfice de nos activités de structuration, et qui aboutissent à la nécessité d'un "spermatozoïde" et d'un "ovule". Il apparaît donc que de tels moments structurants permettent, à l'appui de l'outil que représente notre "espace contraintes et nécessités", de poursuivre sur le temps des investigations empiriques la problématisation engagée sur le temps du débat scientifique, ce qui est, faut-il le reconnaître, pleinement satisfaisant. Après cela, avons-nous malgré tout remarqué quelques différences entre groupes de travail, et quant à l'émission d'une possible hypothèse au sujet de la nature de ce qui apporte le "spermatozoïde" : en effet, seuls les groupes 2 et 5 émettent respectivement l'hypothèse de l'étamine et du pollen à ce sujet ce qui, au demeurant, sera bien évidemment confirmée / validée par l'expérience, mais ultérieurement.

4.2. Séance du mardi dix-sept mars deux-mille-quinze : les concepts de fruit et de graine

4.2.1. Premier temps de la séance

Sur le mode même du second temps de la séance du mardi dix mars deux-mille-quinze, et donc de la séance précédente, avons-nous ici pensé une nouvelle fois la mise en place d'un moment structurant et qui, par ailleurs, n'avait d'autre objectif que de rappeler le premier temps de la séance précédente : nos activités d'investigation, sous la forme d'une documentation d'abord, nous apprenaient entre autres que si le fruit est issu de la fleur, il est plus précisément issu du pistil de la fleur. Passé l'exemple de la fleur de cerisier, l'enseignant prit donc soin de présenter⁴⁸⁸ successivement et à chaque groupe de travail de la classe l'évolution⁴⁸⁹ d'une fleur de tomate, avec le temps, et pour revenir encore au fait constatable qu'une fleur, avec le temps, fane et (donne une ou plusieurs graines et) se transforme en un fruit. Au-delà de l'intérêt d'un exemple autre, à savoir la fleur de tomate vis-à-vis de la fleur de

⁴⁸⁸ Par le biais de l'ordinateur.

⁴⁸⁹ Par le biais de photographies successives.

cerisier, reprenons-nous ici à l'échelle du groupe de travail ce qui s'est (ou non) précédemment joué à l'échelle de la classe ; plus simplement encore, réactivons-nous les contenus d'enseignement de la séance précédente. Encore une fois, et du vécu de chacun qui reste fondamentalement singulier, qui ne peut être échangeable, pourrions-nous montrer que le registre empirique, tout autant que le registre du modèle [ou des modèles], est un registre construit (Lhoste, 2006 ; Orange, 2003). Finalement, et de ce qui se joue depuis le début de nos investigations empiriques, tentons-nous de dépasser la simple succession d'états que représentent la fleur et le fruit, et pour les mettre véritablement en relation : les concepts quotidiens de fleur et de fruit commencent à s'organiser au sein même d'un système, et pour devenir de véritables concepts scientifiques, témoins alors d'une amorce de conceptualisation scientifique (Boyer, 1998, 2000). C'est alors que, pour chaque groupe de travail, nous présentons ci-après la formalisation des activités langagières en jeu (figure 7-15 ; figure 7-16 ; figure 7-17 ; figure 7-18 ; figure 7-19 ; figure 7-20).

Figure 7-15. Formalisation des activités langagières en jeu pour le groupe 1

Groupe 1 : Flavie, Louna, Margaux, Rachel, Tom

Enseignant : qu'est-ce que c'est ?

Groupe : une fleur.

Enseignant : c'est une fleur de quoi ?

Groupe : une fleur de Tomate.

Enseignant : très bien ; qu'est-ce qu'il s'est passé pour la fleur ?

Groupe : elle a pourri.

Enseignant : non.

Groupe : elle a fané.

Enseignant : très bien ; qu'est-ce qu'il s'est passé ensuite ?

Groupe : la Tomate est en train de pousser.

Enseignant : très bien ; à partir de quoi ?

Groupe : du pistil.

Enseignant : très bien ; donc le fruit se forme à partir du...

Groupe : ... pistil.

- - - - - *lecture du diaporama* - - - - -

Enseignant : et la Tomate est mûre et est prête à...

Groupe : ... être mangée.

Figure 7-16. Formalisation des activités langagières en jeu pour le groupe 2

Groupe 2 : Émile, Emma, Énora, Lorenzo

Enseignant : c'est une fleur de quoi ? (avec ses poils...)

Groupe : une fleur de Tomate.

Enseignant : très bien ; qu'est-ce qu'il s'est passé pour la fleur ?

Groupe : elle a fané.

Enseignant : très bien ; qu'est-ce qu'on voit apparaître ensuite ?

Groupe : elle se désintègre pour se réintégrer plus tard.

Enseignant : elle a fané ; qu'est-ce qu'on voit apparaître ensuite ?

Groupe : une Tomate.

Enseignant : très bien ; à partir de quoi ?

Groupe : de la tige.

Enseignant : non ; du milieu de la fleur.

Groupe : du pistil.

Enseignant : très bien ; donc le fruit se forme à partir de quelle partie de la fleur ?

Groupe : du pistil.

— — — — — *lecture du diaporama* — — — — —

Enseignant : et la Tomate est mûre et est prête à être mangée.

Figure 7-17. Formalisation des activités langagières en jeu pour le groupe 3

Groupe 3 : Aude, Élise, Jordan, Manon, Raphaël

Enseignant : c'est une fleur de quoi ? (avec ses poils...)

Groupe : une fleur de Tomate.

Enseignant : très bien ; qu'est-ce qu'il s'est passé pour la fleur ?

Groupe : elle a pourri.

Enseignant : non.

Groupe : elle a fané. La Tomate est en train de pousser.

Enseignant : très bien ; à partir de quoi ?

Groupe : de la tige.

Enseignant : non ; du milieu de la fleur.

Groupe : de l'ovule.

Enseignant : non ; est-ce que ce sont les étamines ?

Groupe : oui.

Enseignant : non ; c'est le PIs...

Groupe : ...-senlit.

Enseignant : non ; c'est le pistil. Donc le fruit se forme à partir du pistil.

— — — — — *lecture du diaporama* — — — — —

Enseignant : et la Tomate est mûre et est prête à être mangée.

Figure 7-18. Formalisation des activités langagières en jeu pour le groupe 4

Groupe 4 : Baptiste G., Clara, Clémentine, Katia, Louis

Enseignant : c'est une fleur de quoi ? (avec ses poils...)

Groupe : une fleur de Tomate.

Enseignant : très bien ; qu'est-ce qu'il s'est passé pour la fleur ?

Groupe : elle a fané.

Enseignant : très bien ; qu'est-ce qu'il s'est passé ensuite ?

Groupe : la Tomate est en train de pousser.

Enseignant : très bien ; à partir de quoi ?

Groupe : du cœur de la fleur.

Enseignant : c'est-à-dire ?

Groupe : de la tige.

Enseignant : non.

Groupe : du pistil.

Enseignant : très bien ; donc le fruit se forme à partir de quelle partie de la fleur ?

Groupe : du pistil.

----- *lecture du diaporama* -----

Enseignant : et la Tomate est mûre et est prête à être mangée.

Figure 7-19. Formalisation des activités langagières en jeu pour le groupe 5

Groupe 5 : Anaëlle, Emmy, Isaure, Léonie, Nora

Enseignant : c'est une fleur de quoi ? (avec ses poils...)

Groupe : une fleur de Tomate.

Enseignant : très bien ; qu'est-ce qu'il s'est passé pour la fleur ?

Groupe : elle a fané.

Enseignant : très bien ; qu'est-ce qu'il s'est passé ensuite ?

Groupe : la Tomate est en train de pousser.

Enseignant : très bien ; à partir de quoi ?

Groupe : de la fleur.

Enseignant : de quelle partie de la fleur ?

Groupe : du centre de la fleur.

Enseignant : c'est-à-dire ?

Groupe : du pistil.

Enseignant : très bien ; donc le fruit se forme à partir du pistil.

— — — — *lecture du diaporama* — — — —

Enseignant : et la Tomate est mûre et est prête à être mangée.

Figure 7-20. Formalisation des activités langagières en jeu pour le groupe 5'

Groupe 5' : Baptiste H., Gabriel, Malo, Thomas

Enseignant : c'est une fleur de quoi ? (avec ses poils...)

Groupe : une fleur de Courgette.

Enseignant : non.

Groupe : une fleur de Tomate.

Enseignant : très bien ; qu'est-ce qu'il s'est passé pour la fleur ?

Groupe : elle a fané.

Enseignant : très bien ; qu'est-ce qu'il s'est passé ensuite ?

Groupe : la Tomate est en train de pousser.

Enseignant : très bien ; à partir de quoi ?

Groupe : de la tige.

Enseignant : non.

Groupe : du pistil.

Enseignant : très bien ; donc le fruit se forme à partir de quelle partie de la fleur ?

Groupe : du pistil.

— — — — — *lecture du diaporama* — — — — —

Enseignant : et la Tomate est mûre et est prête à...

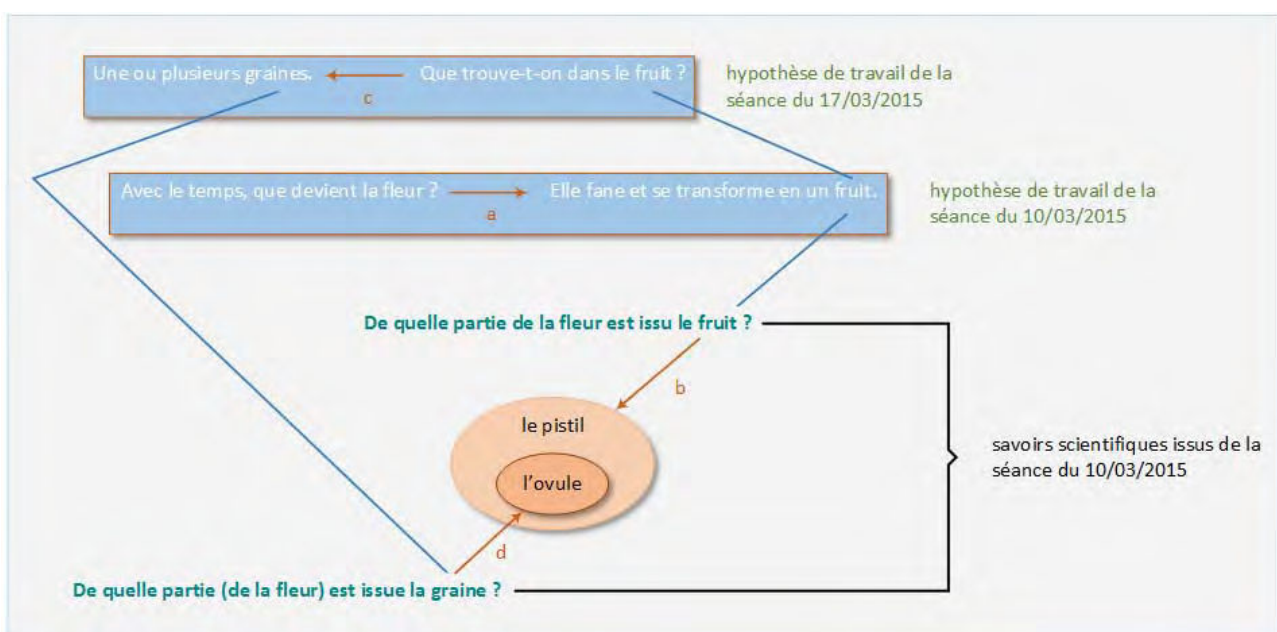
Groupe : ... être mangée.

Nota bene : à l'issue du passage de son groupe de travail, Gabriel nous expliquera avoir récemment appris que l'étamine et le pistil correspondent respectivement à l'organe femelle et à l'organe mâle de la plante à fleurs (Gabriel : « *ben maître j'ai appris sur mon truc que l'étamine c'était l'organe femelle et que le pistil c'était l'organe mâle de la plante...* ») ; de même, il ajoutera que les animaux et le vent sont impliqués dans la reproduction de ladite plante à fleurs, en déposant notamment le pollen du pistil sur l'étamine (Gabriel : « *... et que pour se reproduire il y avait les animaux, le vent et tout ça qui prenaient sur le pistil quand ils sortaient les grains de pollen. C'est-à-dire ce que le pistil produit. Et ça l'amène sur les étamines de la fleur.* »)...

4.2.2. Second temps de la séance

S'adressant maintenant à l'ensemble des groupes de travail de la classe, l'enseignant chercha dans un premier temps la reformulation, claire et précise, des questions traitées lors de nos investigations empiriques passées, lesquelles portaient sur le concept de fleur, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pistil. De cela, pouvons-nous d'ailleurs proposer une schématisation des interactions langagières en jeu, visant à articuler les hypothèses de travail des séances du 10/03/2015 et du 17/03/2015 (figure 7-21).

Figure 7-21. Schématisation des interactions langagières en jeu, visant à articuler les hypothèses de travail des séances du 10/03/2015 et du 17/03/2015



Nota bene : sachons voir que lorsque Gabriel répond « *Du pistil.* » à la question « *De quelle partie (de la fleur) est issue la graine ?* », nous sommes bel et bien encore sur un registre explicatif de type mécaniste. En effet, et de son propre raisonnement, si le fruit est issu du pistil, et que le fruit contient la graine, alors la graine est issue du pistil. Plus justement donc, la graine qui est contenue dans le fruit, est issue de l'ovule qui est contenu dans le pistil.

Ainsi fait, se trouvent là successivement rappelées et présentées les hypothèses de travail de la séance précédente et de la séance du jour ; plus encore, et comme annoncé déjà, nous organisons progressivement les concepts quotidiens de fleur, de fruit et de graine en système, en vue d'une conceptualisation désirée de ces mêmes concepts (Boyer, 1998, 2000). Finalement, et du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, nous poursuivons ainsi l'exploitation de la schématisation possible de l'«espace contraintes et nécessités» de la classe de CM1 / CM2 (figure 7-8), avec la mise au travail de deux de ses contraintes sur l'empirique, et que sont :

une fleur, avec le temps, fane et (donne une ou plusieurs graines et) se transforme en un fruit ;

un fruit, avec le temps, se désolidarise de la plante mère et (tout en pourrissant) libère une ou plusieurs graines.

Nota bene : telles des hypothèses de travail, les deux contraintes sur l'empirique en question ont été mises à l'épreuve d'égale façon lors de la séance précédente et de la séance du jour, et bien que la seconde contrainte sur l'empirique était déjà et pour ainsi dire partagée de toute la classe.

Malgré le positionnement épistémologique du cadre conceptuel de la problématisation, force est de reconnaître que la présente séance s'inscrit quelque peu dans le très contesté courant empiriste de l'activité scientifique, car usant du principe fondamental de l'induction : si de nombreux éléments x, possédant la propriété y, sont observés dans de multiples conditions, alors l'ensemble des éléments x possède la propriété y.

Enseignant : « *alors je vais donner de façon complètement aléatoire un fruit par groupe. Sachant que pour être sûr qu'il y ait bien des graines dans tous les fruits...* »

Isaure : « *... c'est (ce sont) pas les mêmes fruits.* »

Enseignant : « *... je n'ai pas pris les mêmes fruits. Tout à fait. Parce qu'en prenant... Si... Pour vérifier qu'on trouve bien des graines dans tous les fruits. Alors bien sûr vous allez me dire on va pas tester tous les fruits qui existent. Mais déjà en en prenant plusieurs... Potentiellement ça permet de mieux vérifier. Il y a des étiquettes dessus. Comme ça vous avez le nom précis. D'accord.* »

En effet, restant fidèle à l'esprit qui anime la démarche d'investigation, les apprenants ont ici conceptualisé l'investigation à conduire pour valider et / ou invalider l'hypothèse de travail de la séance du jour ; nous sommes là par ailleurs sur la validation de l'action de la “situation de pratique scolaire” (tableau 2-2 ; d'après Lhoste, 2007).

Enseignant : « *qu'est-ce qu'on pourrait faire pour savoir si dans les fruits il y a des graines ?* »

Clémentine : « *on coupe un fruit en deux.* »

Enseignant : « *on coupe des fruits en deux et...* »

Clémentine : « *... on regarde.* »

Enseignant : « *... on regarde. Avant de le manger...* »

Baptiste H. : « *... eh ben on regarde s'il y a des graines dedans.* »

Enseignant : « *on regarde s'il y a des graines dedans. OK.* »

C'est ainsi que, à raison d'un fruit⁴⁹⁰ par groupe de travail, nous nous sommes efforcés de confirmer, de valider par l'expérience notre hypothèse de travail, avec :

pour le groupe 1, la pomme qui comporte des “pépins” (Margaux : « *des pépins.* ») ;

pour le groupe 2, la tomate qui comporte des “pépins” (Emma : « *des pépins.* ») ;

pour le groupe 3, la poire qui comporte des “pépins” (Aude : « *des mini graines.* ») ;

pour le groupe 4, le citron qui comporte des “pépins” (Clara : « *on trouve des pépins.* ») ;

pour le groupe 5, le kiwi qui comporte des “grains” (Emmy : « *on a trouvé plein de petites graines noires.* ») ;

pour le groupe 5', la mangue qui comporte un “noyau” (Gabriel : « *eh ben nous on a trouvé un noyau dans une mangue pourrie. Un gros, gros noyau.* »).

⁴⁹⁰ Que l'on scindera en deux parties équivalentes.

Nota bene : ne sont pas ici proposés de fruits secs, mais seulement des fruits charnus ; certains d'entre eux, lorsque l'endocarpe se lignifie, sont à noyau et l'on parle de drupes, d'autres, lorsque l'endocarpe ne se lignifie pas, sont à pépins et l'on parle de baies.

Sous la forme d'une expérimentation / observation d'abord, nos activités d'investigation nous amènent donc, après avoir ensemble apprécié la variabilité qualitative⁴⁹¹ (“grains”, “noyaux” et “pépins”) (Enseignant : « *donc qu'est-ce que ça veut dire ? Ça veut dire que dans les fruits on va trouver toujours des graines qui peuvent avoir plusieurs formes...* ») et quantitative⁴⁹² (Enseignant : « *... et ces graines elles peuvent être en nombres différents.* ») des graines, à l'intégration du double constat qui veut que les fruits, qui proviennent des fleurs, contiennent tous, mis à part quelques rares exceptions⁴⁹³, des graines.

Enseignant : « *ça veut dire que dès que vous allez trouver quelque chose dans lequel il y a des graines...* »

Énora : « *... c'est un fruit.* »

Enseignant : « *... vous êtes sûrs d'avoir trouvé quoi ?* »

Énora : « *un fruit.* »

Enseignant : « *un fruit. Quel que soit ce que vous trouviez... À partir du moment où à l'intérieur vous allez trouver des...* »

XXX : « *... graines.* »

Enseignant : « *... graines c'est que vous êtes en présence...* »

XXX : « *... d'un fruit.* »

Enseignant : « *... d'un fruit.* »

Souhaitant lutter pleinement contre le *primat de la perception* (Peterfalvi, 2001), se trouvera ici mis en valeur le fait constatable que les fruits, loin de là, ne sont pas tous comestibles (Gabriel : « *pas toujours comestible.* ») : ainsi fait, et du quotidien vers le scientifique, la commutation de sens pour le fruit s'opère.

491 Qui, de notre point de vue, est importante à relever, et pour mieux souligner que malgré sa diversité de formes, la structure de la graine reste commune (Enseignant : « *donc vous voyez bien que les graines peuvent avoir différents aspects. Mais pour nous on parlera toujours de graines. Voilà.* »).

492 Qui, et pour une même espèce, peut n'être pas tout à fait constante (mais uniquement pour les “grains” et “pépins”) (Gabriel : « *ça varie des fois. Dans le citron la dernière fois j'en avais trois / quatre.* » ; Baptiste H. : « *dans les oranges quand je presse le jus d'orange des fois il y en a zéro, des fois il y en a deux / trois ou quatre.* » ; Enseignant : « *donc effectivement variable dans un même fruit sauf quand c'est un noyau. OK.* »).

493 Telle la banane.

Nota bene : volontairement, nous éluderons ici quelques cas particuliers, tel celui de la banane (Emma : « *et la banane aussi.* »), ou encore de l'ananas (Énora : « *mais maître l'ananas ça a pas de noyau et pourtant c'est un fruit.* »), fruit multiple donc, où ledit fruit est issu de plusieurs fleurs d'une même inflorescence.

Afin de compléter nos activités d'investigation, sous la forme d'une documentation ensuite, l'enseignant prit soin de présenter enfin tout aussi bien des fruits charnus que des fruits secs, et qu'ils soient déhiscents ou indéhiscents. Au classement attendu et par la voix d'Énora, le groupe 2 proposa dans un premier temps de distinguer les “fleurs des arbres” des “fleurs qui font des fruits”, ce à quoi :

le groupe 5', par la voix de Malo, rappela que les “fleurs qui font des fruits” peuvent correspondre aux “fleurs des arbres” ;

le groupe 1, par la voix de Louna, rappela qu'il était maintenant acquis, au vu de nos investigations empiriques passées, que toutes les fleurs faisaient des fruits.

Et l'enseignant d'acquiescer et de rajouter que les “fleurs des arbres” font bel et bien des fruits : le cerisier fait des cerises⁴⁹⁴, le poirier fait des poires⁴⁹⁵, le pommier fait des pommes⁴⁹⁶... et que l'on ne répond en rien à la question posée ; nous ne classons pas là les vecteurs de fruits, mais les fruits eux-mêmes (Enseignant : « *on t'a demandé un classement des supports des fruits ou un classement des fruits ? Des fruits. Pas de ce qui porte un fruit. Parce que dans ce cas-là on pourrait faire cinq cent mille choses.* »). Par la voix de Margaux, le groupe 1 proposa dans un second temps le classement attendu : les fruits charnus d'un côté, les fruits secs de l'autre. C'est alors que de façon malheureuse et par la voix de Clémentine, le groupe 4 associa la notion d'indéhiscence aux fruits charnus (Enseignant : « *fruits secs / fruits charnus. Pourquoi tu veux rajouter fruits charnus indéhiscents.* » Clémentine : « *ben c'est ce qui est marqué.* » Margaux : « *oui. Mais c'est la même chose.* »), d'où l'explication qui devait être apportée de la part de l'enseignant au sujet de la déhiscence et de l'indéhiscence du fruit

494 Qui sont des fruits (Enseignant : « *cerisier ? La fleur du cerisier elle fait quoi ?* » Margaux : « *une cerise.* » Enseignant : « *une cerise. La cerise c'est quoi ?* » Anaëlle : « *un fruit.* » Enseignant : « *un fruit.* »).

495 Qui sont des fruits (Enseignant : « *poirier ? Est-ce que le poirier il a des fleurs ?* » Jordan : « *oui.* » Enseignant : « *les fleurs font quoi ?* » Jordan : « *poires.* » Enseignant : « *c'est (ce sont) quoi les poires ?* » Jordan : « *ben des fruits.* » Enseignant : « *un fruit.* »).

496 Qui sont des fruits (Enseignant : « *pommier ?* » Clémentine : « *ça fait des pommes.* » Enseignant : « *ça fait des pommes. C'est quoi la pomme ?* » Clémentine : « *ben c'est un fruit.* » Enseignant : « *c'est un fruit.* »).

sec (Enseignant : « *indéhiscents ça veut dire qui ne va pas s'ouvrir tout seul. Quand il va tomber, il va pourrir.* »). Ne restait plus qu'à caractériser les fruits charnus et / ou les fruits secs ; parmi d'autres et par les voix de Baptiste H. et de Louna, les groupes 5' et 1 apprécièrent respectivement les fruits charnus tels qu'ils puissent globalement se composer en partie de jus, tel qu'il y ait de la matière autour de la graine : par la voix de Malo, le groupe 5' parla d'ailleurs explicitement de chair. Remarquons dès lors que la tentation d'associer le fruit charnu au fruit comestible opère ici pleinement pour quelques uns (Baptiste H. : « *un fruit charnu ce serait un fruit qui a du jus, qui est mangeable.* » ; Gabriel : « *un fruit charnu ce serait un fruit qui est comestible.* »), ce qui engage alors l'enseignant⁴⁹⁷ à dénoncer cette association malencontreuse, y revenant même, nécessairement sans doute, de nombreuses fois. Sous la forme d'un tableau, les types de fruits proposés peuvent alors être classés : aux fruits charnus (énoncés *via* le groupe 3, par la voix de Jordan) les baies (raisin, tomate...) et drupes (abricot, pêche, prune...), aux fruits secs⁴⁹⁸ (énoncés *via* le groupe 4, par la voix de Clémentine) les akènes (fruits secs indéhiscents), gousses (fruits secs déhiscents) et samares (fruits secs indéhiscents). Apparemment, et plus que de participer à la construction du problème en jeu, de telles investigations empiriques pourraient permettre d'apporter un certain nombre de précisions au modèle travaillé, et à sa structure même, le rendant ainsi et au final plus opérationnel : si, au regard des différentes fonctions des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003), la phase première d'expérimentation / observation pourrait viser la mise à l'épreuve d'un modèle, la phase seconde de documentation pourrait quant à elle embrasser "l'instanciation" des modèles. En serait donnée pour preuve la fin de la séance du jour, laquelle interroge le cas particulier de la fraise, qui est à la fois un fruit agrégé, composé, en cela qu'il est issu de plusieurs ovaires d'une même fleur (nous faisons ici référence aux akènes de la fraise), et un "faux" fruit, en cela qu'il est issu exclusivement de la transformation du réceptacle floral (nous faisons ici référence à la partie charnue de la fraise). Sur ce point et si, à l'initiale, le groupe 2 et par la voix d'Énora s'en étonne, nous en arrivons et par la voix de Baptiste H. à ce que le groupe 5', à l'aide de l'enseignant, puisse ainsi conclure : ce que nous prenions pour être des graines s'avère être des fruits, et plus particulièrement des fruits secs indéhiscents, comme vu précédemment.

497 Et, par la voix de Gabriel, le groupe 5'.

498 Qui ne correspondent pas à des fruits que l'on a fait sécher, comme le suggéra le groupe 1, et par la voix de Margaux, mais protègent (Baptiste H. : « *pour protéger...* ») toujours bien la graine (Malo : « *... les pépins.* ») en raison du fait constatable qu'il y ait de la matière autour de la graine (Baptiste H. : « *ben dans un fruit sec aussi il y a de la matière autour.* »), à la façon d'une "peau" (Malo : « *il y a juste de la peau.* »), d'une sorte de peau mais pas de chair, à proprement parler, et comme le souligne l'enseignant.

Enfin, et venant clore la séance du jour, nous présentons ci-après l'énoncé "structurant" pour chaque groupe de travail.

Groupe 1 : Flavie, Louna, Margaux, Rachel, Tom

On a appris que tous les fruits ont des graines : noyaux, pépins. Et que tous les fruits sont classés en deux catégories : les fruits secs (qui n'ont pas de chair), les fruits charnus (qui ont de la chair). Et aussi on a appris que les graines sont dans un fruit.

Groupe 2 : Émile, Emma, Énora, Lorenzo

Il y a plusieurs sortes de fruits (fruits charnus, fruits secs). Il existe plusieurs sortes de graines (pépins, grains noirs et les noyaux).

Groupe 3 : Aude, Élise, Jordan, Manon, Rapahaël

Nous avons appris que toutes les fleurs avaient un fruit et que tous les fruits ont des graines. On sait que les fleurs poussent avant les fruits. On sait que les fruits sont classés en deux catégories : les fruits secs et les fruits charnus. Il n'y a pas la même quantité de graines dans chaque fruit.

Groupe 4 : Baptiste G., Clara, Clémentine, Katia, Louis

Dans tous les fruits il y a des graines. Il y a des fruits secs ou charnus.

Groupe 5 : Anaëlle, Emmy, Isaure, Léonie, Nora

Il y a des graines dans tous les fruits, qu'ils soient charnus ou secs. On a aussi appris que les graines n'étaient pas toutes pareilles ; exemples : noyaux, pépins, grains (noirs). Et on a aussi appris que dans la fraise il y a plusieurs fruits au lieu d'un seul fruit. On a décortiqué un kiwi puis on a trouvé plus de cinquante ou cent grains noirs.

Groupe 5' : Baptiste H., Gabriel, Malo, Thomas

Nous avons appris que tous les fruits ont des graines, que ce soit des fruits secs ou charnus. La quantité de graines peut varier. Il existe plusieurs sortes de graines : le noyau, le pépin...

ANALYSE ÉPISTÉMOLOGICO-LANGAGIÈRE DES ÉNONCÉS “STRUCTURANTS”

Du lien que nous supposons entre activité langagière en sciences et activité cognitive (Jaubert, 2000, 2007 ; Jaubert & Rebière, 2000), nous nous proposons d'apprécier à sa juste mesure l'activité de problématisation de l'ensemble des groupes de travail de la classe, par le biais d'une analyse épistémologico-langagière de chaque énoncé “structurant” portant sur les concepts de fruit et de graine. Ainsi fait, nous pouvons présenter l'analyse langagière du deuxième énoncé “structurant” de chaque groupe de travail (tableau 7-12).

Tableau 7-12. Analyse langagière du deuxième énoncé “structurant” de chaque groupe de travail

| Groupe | Genre du texte | Objet de savoir du texte | Architecture interne du texte |
|--------|----------------------------|--|---|
| 1 | Descriptif et “explicatif” | Vocabulaire riche et précis (fruit(s) charnus / secs, graines, noyaux, pépins) | Discours théorique. Permanence thématique assurée, informations nouvelles en nombre suffisant (voire plus), absence de contradictions entre les éléments, relation de congruence explicite (« <i>On a appris que tous les fruits</i> », « <i>Et que tous les fruits</i> », « <i>qui n'ont pas de [la] chair</i> », « <i>qui ont de la chair</i> », « <i>Et aussi on a appris que</i> ») entre les éléments. Orchestration de l'hétéroglossie. |
| 2 | Descriptif | Vocabulaire riche et précis (fruits charnus / secs, graines, grains, noyaux, pépins) | Discours théorique. Permanence thématique non assurée, informations nouvelles en nombre insuffisant, |

| | | | |
|---|----------------------------|--|--|
| | | | absence de contradictions entre les éléments, relation de congruence implicite (« <i>Il y a plusieurs sortes de</i> », « <i>Il existe plusieurs sortes de</i> ») entre les éléments. Orchestration de l'hétéroglossie. |
| 3 | Descriptif et “explicatif” | Vocabulaire riche et précis (fleurs, fruit(s) charnus / secs, graines) | Discours théorique. Permanence thématique assurée, informations nouvelles en nombre suffisant (voire plus), absence de contradictions entre les éléments, relation de congruence implicite (« <i>Nous avons appris que</i> », « <i>et que</i> », « <i>On sait que les</i> », « <i>On sait que les</i> ») entre les éléments. Non orchestration de l'hétéroglossie. |
| 4 | Descriptif et “explicatif” | Vocabulaire moins riche et précis (fruits charnus / secs, graines) | Discours théorique. Permanence thématique assurée, informations nouvelles en nombre suffisant (voire plus), absence de contradictions entre les éléments, relation de congruence implicite (« <i>il y a des</i> », « <i>Il y a des</i> ») entre les éléments. Orchestration de l'hétéroglossie. |
| 5 | Descriptif et “explicatif” | Vocabulaire riche et précis (fruit(s) charnus / secs, graines, grains, noyaux, pépins) | Discours en situation et discours théorique. Permanence thématique assurée, informations nouvelles en nombre suffisant (voire plus), absence de contradictions entre les éléments, relation de congruence explicite (« <i>Il y a</i> », « <i>On a aussi appris que</i> », « <i>Et on a aussi appris que</i> », « <i>il y</i> |

| | | | |
|----|----------------------------|--|--|
| | | | <i>a</i> », « <i>On a</i> », « <i>puis on a</i> ») entre les éléments. Orchestration de l'hétéroglossie. |
| 5' | Descriptif et “explicatif” | Vocabulaire riche et précis (fruits charnus / secs, graines, noyau, pépin) | Discours théorique. Permanence thématique assurée, informations nouvelles en nombre suffisant (voire plus), absence de contradictions entre les éléments, relation de congruence implicite entre les éléments. Orchestration de l'hétéroglossie. |

Tout d'abord, et concernant le genre du texte, se sont vu attribuer un caractère “explicatif” les énoncés “structurants” qui permettaient d'intégrer le constat qui veut que les fruits contiennent tous, mis à part quelques rares exceptions, des graines, ce qui est ici plus que largement retrouvé : en effet, seul le groupe 2 n'y parvient alors pas, le groupe 3 allant même un peu plus loin, lorsqu'il laisse entendre que les fruits proviennent des fleurs. Bien évidemment, cela n'est en soi pas explicatif, à moins peut-être, et dans une certaine mesure, de l'inscrire dans le raisonnement suivant, mais qui n'a cependant pas été mené : partant des contraintes sur l'empirique du fruit qui est issu du pistil et du fruit qui renferme une ou plusieurs graines, et les articulant à la contrainte sur le modèle [ou les modèles] de la graine qui est issue de l'ovule, nous concluons à la nécessité sur l'empirique du pistil qui renferme un ou plusieurs ovules. Du reste, le caractère descriptif de ces énoncés “structurants” se retrouvait-il dans la distinction des fruits charnus et des fruits secs d'une part, et des différents types de graines d'autre part ; remarquons seulement que seuls les groupes 3 et 4 estiment inutile un tel rappel des différents types de graines.

Ensuite, et concernant l'objet de savoir du texte, force est de constater la relative richesse du vocabulaire que l'on est à même de retrouver dans les divers énoncés “structurants” : à l'évidence, se voit ici récolté le fruit de la “dissection” de quelques fruits⁴⁹⁹, qui permet notamment d'apprécier la variabilité qualitative⁵⁰⁰ et quantitative⁵⁰¹ des graines.

499 Charnus au demeurant.

500 Que les énoncés “structurants” des groupes 1, 2, 5 et 5' soulignent.

501 Que les énoncés “structurants” des groupes 3(, 5) et 5' soulignent.

Enfin, et concernant l'architecture interne du texte, retrouvons-nous pour les groupes 1, 2, 3, 4 et 5' un discours que l'on peut qualifier de théorique, car pleinement autonome, à la différence du groupe 5 qui, plus impliqué qu'il est dans son énoncé, mobilise un discours qui présente un lien plus assumé d'avec la situation d'énonciation, notamment lorsqu'est explicitement fait référence à la fraise et au kiwi ; c'est pourquoi il nous semble que le groupe 5 mélange les genres de discours, c'est-à-dire à la fois le discours en situation et le discours théorique.

Traitant maintenant des mécanismes de textualisation, avons-nous jugé et dans l'ensemble une permanence thématique assurée, et même si les procédés de reprise ne sont pas toujours explicites ; en effet, et comme nous avons déjà pu le dire pour le premier énoncé “structurant”, travaillant les concepts de fleur, de fruit et de graine, la probabilité de les discuter en lien est, de fait, assez importante. Si les différents groupes de travail apportent un lot d'informations nouvelles largement suffisant, à l'exception du groupe 2, seul le groupe 4 effectue presque, de notre point de vue, la part de ce qui est essentiel et de ce qui ne l'est pas, notamment lorsqu'il estime accessoire de discuter ici la question de la variabilité qualitative et quantitative des graines. Aussi, et pour ce qui a trait aux contradictions éventuelles, n'en relevons-nous pas. Terminant au sujet de la congruence, et dans le même ordre d'idées que la permanence thématique, nous semble-t-il pouvoir l'apprécier, tantôt de façon explicite⁵⁰², tantôt de façon implicite, par le biais de répétitions de langage notamment.

Faisant pleinement écho à la question du langage dans les activités scientifiques, que nous avons pu développer ci-avant, ces énoncés “structurants” présentent une assez bonne homogénéité quant aux informations convoquées de la part de tel ou tel groupe de travail ; ou d'une certaine orchestration de la polyphonie (Jaubert, 2000, 2007) du discours, et donc de l'hétéroglossie (Bakhtine, 1978, 1984). En effet, seul l'énoncé “structurant” du groupe 3 nous laisse à voir une certaine hétérogénéité dans la réponse apportée, et pour les objets de savoir(s) de la fleur et du fruit, points sur lesquels nous n'avons d'ailleurs pas manqué d'insister sur le temps du débat scientifique : et pour cause, les groupes 5 et 5' seuls envisageaient que la fleur se transforme en un fruit, lors des productions antérieures au débat

502 Au moyen de divers connecteurs ou organisateurs.

scientifique. C'est pourquoi nous nous proposons de présenter les schémas explicatifs contradictoires du groupe 3 sur les objets de savoir(s) de la fleur et du fruit après problématisation et investigation (tableau 7-13).

Tableau 7-13. Schémas explicatifs contradictoires du groupe 3 sur les objets de savoir(s) de la fleur et du fruit après problématisation et investigation

| Schémas explicatifs contradictoires du groupe 3 |
|---|
| <p><u>À l'issue du deuxième temps des investigations empiriques</u></p> <p>Énoncé “structurant” : <i>nous avons appris que toutes les fleurs avaient un fruit et que tous les fruits ont des graines. On sait que les fleurs poussent avant les fruits. On sait que les fruits sont classés en deux catégories : les fruits secs et les fruits charnus. Il n'y a pas la même quantité de graines dans chaque fruit.</i></p> <p><i>Nous avons appris que toutes les fleurs avaient un fruit et que tous les fruits ont des graines : les fleurs ont un fruit au sens de la fleur donne le fruit (et les fruits ont des graines au sens de le fruit renferme la graine), idée explicative d'une mise en relation fonctionnelle de la fleur et du fruit.</i></p> <p><i>On sait que les fleurs poussent avant les fruits : la fleur précède le fruit, idée explicative d'une mise en relation temporelle de la fleur et du fruit.</i></p> |

Ainsi, on le comprend bien, le débat scientifique dans un premier temps, et le deuxième temps des investigations empiriques dans un second temps, travailleront ou, plus justement, vérifieront la contrainte sur l'empirique d'un fruit qui, avec le temps, se désolidarise de la plante mère et (tout en pourrissant) libère une ou plusieurs graines ; peu de divergences de points de vue à ce sujet et à l'initial, mais une connaissance conceptuelle, ou connaissance-en-acte à construire tout de même : est un fruit tout ce qui renferme une ou plusieurs graines. Finalement, et si un apport conséquent de vocables spécifiques est là encore constaté, remarquons qu'il ne concerne que la classification des fruits (charnus, secs) et des graines (“grains”, “noyaux”, “pépins”) et, en définitive, qu'il est plus au service de la description que de l'explication. Plus sûrement, l'autonomisation du texte produit doit donc être déduite de l'abondance nouvelle du discours théorique et puisque, de notre point de vue, seul le groupe 5 se risquera ici à marier les genres, à savoir le discours en situation et le discours théorique : la secondarisation du discours semble donc se poursuivre, nous permettant ainsi de glisser progressivement de discours de genre premier à des discours de genre second. Du reste, ne proposerons-nous pas un nouvel énoncé “structurant” type, et puisque le précédent mentionnait déjà le fait constatable d'un fruit qui renferme une ou plusieurs graines.

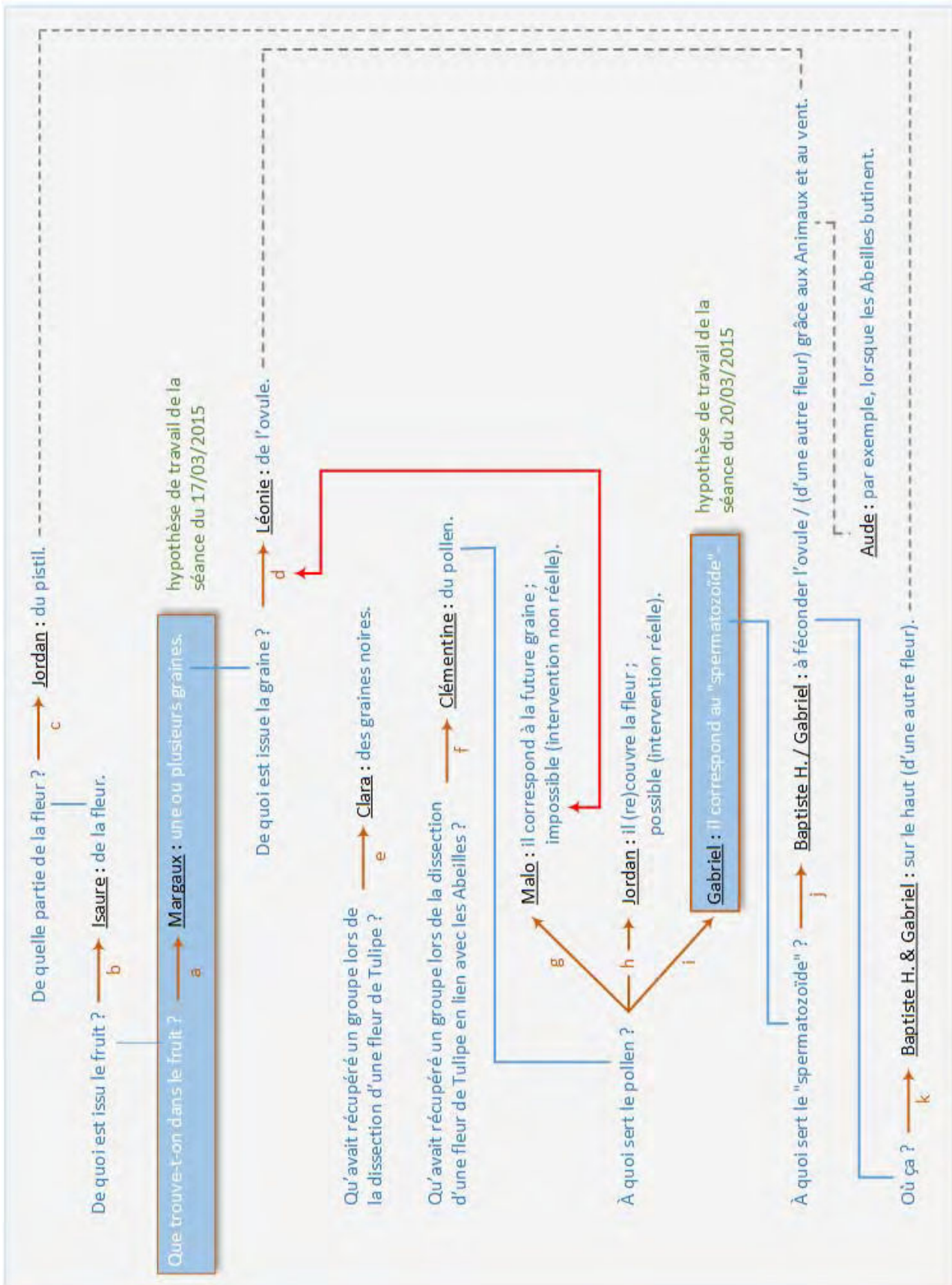
4.3. Séance du vendredi vingt mars deux-mille-quinze : le concept de fleur, et le pollen

S'adressant à l'ensemble des groupes de travail de la classe, l'enseignant chercha dans un premier temps la reformulation, claire et précise, des questions traitées lors de nos investigations empiriques passées, lesquelles portaient sur le concept de fleur d'abord, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pistil, et les concepts de fruit et de graine ensuite. Cela fait, ne nous restait-il plus qu'à amorcer la question de la séance du jour, portant sur le concept de fleur, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pollen, au travers de la question À quoi sert le pollen ? (figure 7-5 ; figure 7-6). Ici même, est-ce pour nous l'occasion d'articuler une séance d'investigations empiriques à l'autre⁵⁰³, et puisque du pollen a déjà nécessairement été observé lors de la dissection d'une fleur de tulipe, et plus encore d'articuler la problématisation engagée sur le temps du débat scientifique, à l'investigation. De par l'exploration du champ des explications possibles (Orange, 2002a, 2005a, 2007b), en arrive-t-on finalement, et telle une hypothèse de travail, à la correspondance du pollen et du “spermatozoïde”, établie par Gabriel⁵⁰⁴ (Gabriel : « *pour moi c'est (ce sont) les spermatozoïdes de la plante.* ») : nous sommes bien là, même implicitement, dans la mobilisation conjointe d'une nécessité sur le modèle [ou les modèles], à savoir la nécessité d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule”, qui amène à une nécessité sur l'empirique, à savoir la nécessité pour la fleur de se composer de parties mâle et femelle. D'où la prudence de l'enseignant, même lorsque nos investigations empiriques passées l'affirment, lorsqu'il rappelle que la graine est “apparemment” issue de l'ovule (Enseignant : « *donc... Voilà où on en est aujourd'hui. La fleur donne le fruit. Le fruit vient du pistil. Et dans le fruit on va trouver les graines qui apparemment viendraient des ovules.* »)... Là encore, sachons voir que nos actions didactiques poursuivent la mise en système des concepts de fleur, de fruit et de graine, témoin d'une amorce de conceptualisation scientifique (Boyer, 1998, 2000). De tout cela, pouvons-nous alors proposer une schématisation des interactions langagières en jeu, visant à articuler les hypothèses de travail des séances du 17/03/2015 et du 20/03/2015 (figure 7-22).

503 En l'occurrence, la séance du mardi dix mars deux-mille-quinze à la séance du vendredi vingt mars deux-mille-quinze.

504 Membre du groupe 5', qui associait pourtant lors de la séance précédente, l'étamine et le pistil à, respectivement, l'organe femelle et l'organe mâle de la plante à fleurs. Plus encore, et lors du second temps de la séance du mardi dix mars deux-mille-quinze, seuls les groupes 2 et 5 ont respectivement émis l'hypothèse de l'étamine et du pollen au sujet de la nature de ce qui pourrait apporter le “spermatozoïde”.

Figure 7-22. Schématisation des interactions langagières en jeu, visant à articuler les hypothèses de travail des séances du 17/03/2015 et du 20/03/2015



Nota bene : pour ce qui est de la fonction, du rôle du pollen, l'hypothèse de Malo⁵⁰⁵ (Malo : « *ben il pourrait servir par exemple... C'est (Ce sont) les futures graines du fruit.* ») n'aurait pas dû être acceptée par l'enseignant, et ce parce qu'elle entre en totale contradiction avec nos investigations empiriques passées, et notamment la séance du mardi dix mars deux-mille-quinze. L'hypothèse de Jordan (Jordan : « *pour se couvrir. Ben le pollen peut recouvrir la plante.* »), quant à elle, relève d'un schéma bien connu, où reconnaître revient à connaître, où exprimer revient à expliquer (Bachelard, 1938/1986).

Sous la forme d'une documentation d'abord, nos activités d'investigation nous amènent donc à nous interroger sur la fonction, le rôle du pollen dans la reproduction sexuée des angiospermes (Enseignant : « *donc on va travailler sur des documents. Et le but de ces documents va être... Par rapport aux hypothèses qui viennent d'être formulées... Quel sera le rôle de ce pollen qu'on a vu dans la formation des fruits et donc des graines ?* »), usant alors de la mise à l'épreuve d'un modèle, ou première fonction des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003) (Enseignant : « *le but de la séance aujourd'hui... Après avoir eu une première expérience pour voir qui est-ce qui dans la fleur pouvait correspondre au fruit... Pour après avoir été voir dans le fruit et on avait bien des graines... Là on est sur ce qu'on vient de dire. C'est-à-dire quel est le rôle du pollen ? Et on verra si dans les deux hypothèses qui ont été formées... Une par Malo. L'autre par Baptiste et Gabriel. On ira voir s'il y en a une qui est validée. Ou si aucune n'est validée on est sur autre chose...* »). Afin de varier notre pratique pédagogique, nous faisons ici le choix de proposer à l'ensemble des groupes de travail de la classe des travaux de nature différente (Enseignant : « *... il y aura deux types de documents différents...* »), avec :

pour les groupes 1, 2 et 3, des questions portant sur un ensemble de deux textes (Enseignant : « *... ces trois groupes-là vous aurez un document avec du texte. Vous trouverez un texte qui s'appelle la pollinisation du pommier. Pollinisation ça vient de pollen. Et vous aurez un texte sur la pollinisation du chêne. Avec deux questions. S'il y a des choses que vous ne comprenez pas dans le texte vous pouvez nous demander. Sachant qu'on ne sera pas là pour vous donner les réponses aux questions. On sera là pour vous expliquer du vocabulaire si besoin ou vous aider à recentrer sur... Mais en tout cas on viendra pas faire le travail à votre place. D'accord. Et vous avez deux questions...* ») ;

505 Qui, et aussi surprenant que cela puisse paraître, de par son niveau de connaissances générales, se révèle être animalculiste, ou spermatiste.

pour les groupes 4, 5 et 5', des questions portant sur un ensemble de deux expérimentations schématisées (Enseignant : « ... *trois autres groupes de ce côté-là. Pas de texte mais des schémas. Premier schéma avec juste une légende. Quelle conclusion vous pouvez en tirer ?* »).

Si les deux textes proposés visent à mettre en évidence les différentes formes de la pollinisation, et selon les agents de transport mobilisés, les deux expérimentations schématisées montrent à l'évidence que le pollen est indispensable dans la transformation du pistil en fruit. Nous pouvons alors rappeler le principe desdites expérimentations schématisées.

Expérimentation 1 : avant que la fleur ne soit épanouie, on entoure le pistil d'un sachet. Quand la fleur est épanouie, on dépose sur le pistil du pollen, à l'aide d'un pinceau, puis on referme le sachet. Quelques jours plus tard, la fleur fane et le pistil se développe en fruit. Puis le fruit mûr libère des graines.

Expérimentation 2 : avant que la fleur ne soit ouverte (épanouie), on entoure le pistil d'un sachet. Celui-ci laisse passer l'air mais pas le pollen. Quelques jours plus tard, la fleur s'épanouit, puis fane, mais le pistil ne se développe pas et il n'y a pas de production de graines.

Choix est d'ailleurs fait, lors de la mise en commun du travail de groupes, de commencer par le travail des deux expérimentations schématisées ; le groupe 5', par la voix de Baptiste H., commença par les décrire (Baptiste H. : « *alors en fait il y a une personne qui a mis du pollen sur le pistil de la fleur et plusieurs semaines après le pistil il a grossi, il a formé un fruit et des graines.* » puis « *alors en fait il y a une personne qui a couvert le pistil d'une gaze pour éviter que le pollen se dépose sur le pistil et puis plusieurs semaines après la fleur elle a fané et il n'y a ni fruit ni graines...* ») aux groupes 1, 2 et 3, et pour ensuite en interpréter leurs résultats, et conclure, tel que nous l'a toujours enseigné la fameuse et coûteuse démarche OHERIC, que nous dénonçons au demeurant. Si, des trois groupes de travail concernés, aucun ne se démarque de l'idée explicative qu'en présence de pollen, la fleur fane et produit fruit et graines et, qu'en absence de pollen, la fleur fane et ne produit ni fruit ni graines, il n'est

pourtant pas si difficile de provoquer l'échec (Nora : « *ben en fait le pollen va pas sur le pistil.* »), lorsqu'est notamment demandé ce qui différencie l'une et l'autre expérimentation (Enseignant : « *... entre les deux expériences quelle est la chose qui est différente, quel est l'élément qu'on a enlevé ?* ») : c'est alors que l'on parvient à dégager le paramètre du pollen (Isaure : « *le pollen.* »), et dont la présence de la gaze dans le second cas évite mécaniquement son dépôt au-dessus du pistil, comme rappelé auparavant (Baptiste H. : « *la gaze elle sert à faire que le pollen n'aille pas sur le pistil, à protéger le pistil.* »). Ainsi fait, et toujours par la voix de Baptiste H., nous parvenons à la conclusion qui suit : quand le pistil est privé de pollen, il ne produit rien, mais quand il n'en est pas privé, il produit un fruit avec des graines (Enseignant : « *c'est bon. Sauf que tu vois en fait ils ont déjà une logique un peu scientifique. Ils ont la première conclusion, la deuxième conclusion. Et du coup ils en font une troisième conclusion qui regroupe tout.* »). Puis vint le travail des deux textes proposés ; le groupe 1, par la voix de Margaux, commença par décrire aux groupes 4, 5 et 5' la nature même, du point de vue de la reproduction sexuée des angiospermes, du pistil, en tant qu'organe femelle de la plante à fleurs (Margaux : « *le pistil. Organe femelle.* »), et de l'étamine, en tant qu'organe mâle de la plante à fleurs (Margaux : « *les étamines. Organes mâles.* »). Aussi, et toujours par la voix de Margaux, parvenons-nous à distinguer les deux formes principales de la pollinisation : l'une par le biais des animaux (Margaux : « *c'est grâce à l'abeille car le pollen se colle sur ses poils et lorsqu'elle va visiter une autre fleur ce pollen se colle sur le pistil...* »), ou zoogamie, majoritaire⁵⁰⁶ chez les angiospermes, l'autre par le biais du vent (Margaux : « *... et c'est grâce au vent qui transporte le pollen.* »), ou anémogamie, minoritaire⁵⁰⁷ chez les angiospermes. De cela, remarquerons-nous la confusion totale du groupe 2, par la voix d'Emma, et lorsqu'il associe une première forme de pollinisation à la cellule femelle⁵⁰⁸, et une seconde forme de pollinisation à la cellule mâle⁵⁰⁹ ; confusion que ne releva d'ailleurs pas réellement l'enseignant, qui s'empressa de déclarer que ladite cellule mâle “correspondait” au grain de pollen. Plus habilement, reprit-il ensuite à l'appui d'un raisonnement purement logique et des deux textes proposés, la conceptualisation scientifique du rôle du pollen dans la formation (des fruits et) des graines (figure 7-23) laquelle, et nous pouvons justement le remarquer, fait alors pleinement écho aux diverses contraintes et nécessités en jeu, avec :

le registre du modèle [ou des modèles] d'abord, lorsqu'il est question de la nécessité d'un

506 Car il s'agit là de la méthode la moins simple, mais la plus efficace.

507 Car il s'agit là de la méthode la plus simple, mais la moins efficace.

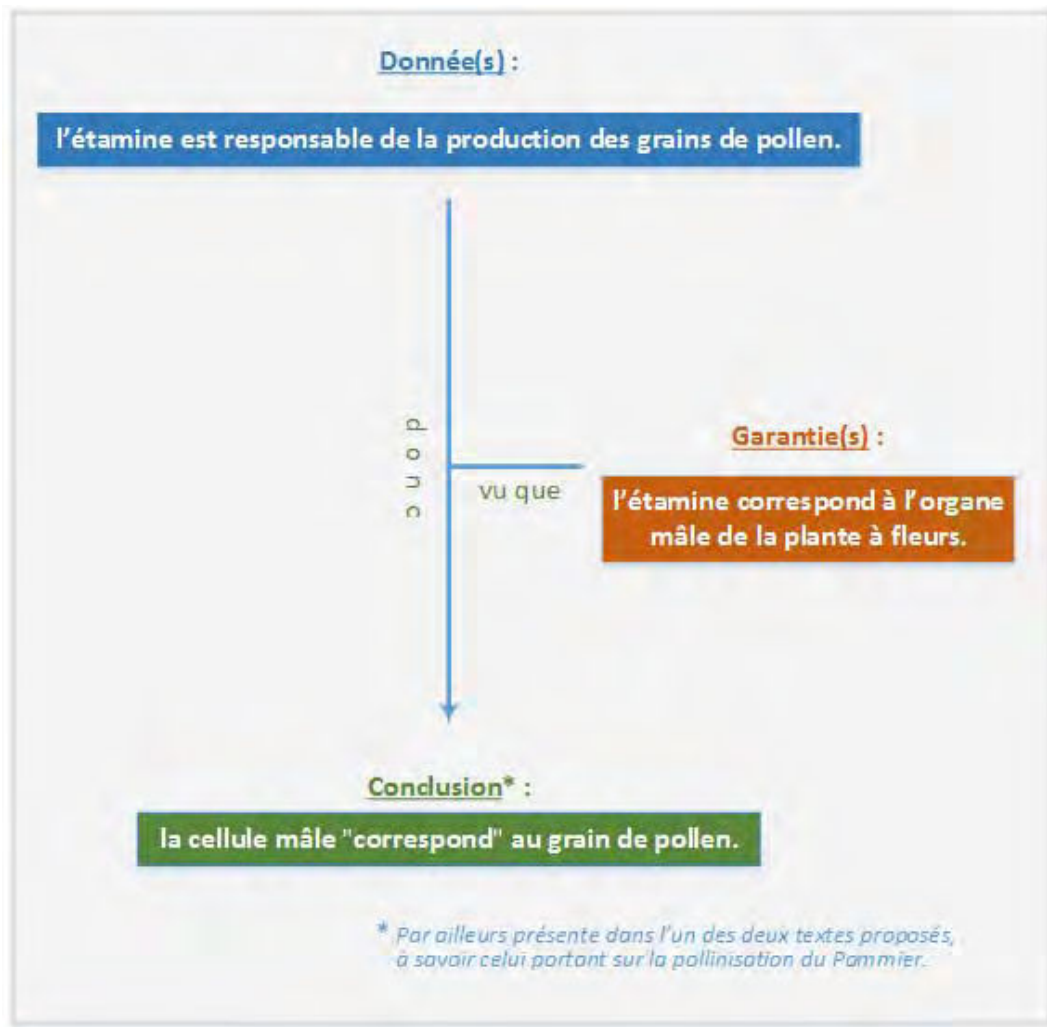
508 Terme présent dans les deux textes proposés.

509 Terme présent dans les deux textes proposés.

“spermatozoïde” et d'un “ovule”, ainsi que de la nécessité d'une rencontre de gamètes ;

le registre empirique ensuite, lorsqu'il est question de la nécessité pour la fleur de se composer de parties mâle et femelle.

Figure 7-23. Conceptualisation scientifique du rôle du pollen dans la formation (des fruits et) des graines



Nota bene : “transposition didactique” oblige, nous acceptons sans peine de confondre le grain de pollen avec le gamète mâle, et quand bien même s'agit-il en réalité du gamétophyte mâle, quand le gamétophyte femelle est lui représenté par le sac embryonnaire.

Afin de compléter nos activités d'investigation, sous la forme d'une expérimentation / observation ensuite, l'enseignant prit soin d'assurer à nouveau, et face à l'ensemble des

groupes de travail de la classe, la dissection d'une fleur de tulipe ; se trouvent alors enlevés les verticilles protecteurs, que sont les sépales et les pétales, et pour mieux mettre à jour les verticilles reproducteurs, avec le pistil au centre, que reconnaît Raphaël, et les étamines autour, que reconnaît Emma. C'est aussi l'occasion, bien évidemment, de donner à chaque groupe de travail un peu de pollen de la fleur de tulipe disséquée.

Enseignant : « *le pollen comment on pouvait savoir que c'était la cellule mâle par rapport aux réponses qu'on a ? Énora ?* »
 Énora : « *parce que c'est l'étamine.* »
 Enseignant : « *oui. Les étamines c'est (ce sont) l'organe (les organes) mâle (mâles). Le pollen il vient de quel organe du coup ? Le pollen dans la fleur ? Tiens on va regarder. On regarde ? J'enlève quoi là ?* »
 Margaux : « *les pétales.* »
 Enseignant : « *faux.* »
 XXX : « *les sépales.* »
 Enseignant : « *les sépales. J'enlève les sépales. Ensuite ?* »
 XXX : « *les pétales.* »
 Enseignant : « *c'est quoi ça ? Là au milieu ? Raphaël ?* »
 Raphaël : « *le pistil.* »
 Enseignant : « *le pistil. Vous êtes d'accord avec lui ?* »
 XXX : « *oui.* »
 Enseignant : « *les petits sacs qui sont autour ? Emma ?* »
 Emma : « *les étamines.* »
 Enseignant : « *les étamines. Si le pollen il se dépose sur le pistil est-ce que le pollen peut être sur le pistil ?* »
 XXX : « *oui.* »
 Enseignant : « *enfin est-ce que c'est le pistil qui produit le pollen ?* »
 XXX : « *non.* »
 Enseignant : « *non. Puisque c'est sur lui que ça va aller. Donc ce qui produit le pollen ce sont les...* »
 XXX : « *... étamines.* »
 Enseignant : « *... étamines.* »

Là encore, et sur le mode de la mise à l'épreuve d'un modèle (Orange, 2000, 2003), de telles investigations empiriques permettent d'infirmier / invalider et de confirmer / valider par l'expérience les hypothèses respectives de Malo⁵¹⁰ et de Gabriel⁵¹¹, auxquelles on peut d'ailleurs ajouter celle de Baptiste H. À l'appui de l'enseignant maintenant, d'une façon plus que systématique et normative, et qui n'est pas sans rappeler les activités de structuration...

510 À quoi sert le pollen ? Il correspond à la future graine.

511 À quoi sert le pollen ? Il correspond au "spermatozoïde".

l'ensemble des groupes de travail de la classe entreprend alors la synthèse de la séance du jour et, finalement, du projet d'enseignement-apprentissage tout entier ; en d'autres termes, avons-nous ici la mise en relation pleine et entière des concepts de fleur, de fruit et de graine (figure 7-24), de laquelle et nous appuyant sur nos diverses nécessités sur le modèle [ou les modèles], nous dégageons et distinguons avec insistance deux phénomènes essentiels à la reproduction sexuée des angiospermes, à savoir :

le phénomène de la pollinisation, ou transport du gamète mâle au gamète femelle, lorsqu'il est question de la nécessité d'une rencontre de gamètes ;

le phénomène de la fécondation, ou fusion du gamète mâle et du gamète femelle, lorsqu'il est question de la nécessité d'un "spermatozoïde" et d'un "ovule".

Nota bene : à sa façon⁵¹³, Baptiste H. n'envisagea qu'une pollinisation de type allogame⁵¹⁴ qui, effectivement, reste majoritaire, quand il existe également une pollinisation de type autogame⁵¹⁵ qui, de fait, reste minoritaire. Nous décidâmes alors de trancher, et de lui en expliquer la réalité.

Enseignant : « *donc si je résume... Enfin c'est pas si je résume. Si je regarde ça... Essayons d'en faire maintenant une super conclusion tous ensemble. Le pistil c'est l'organe femelle. Et je trouve quoi dedans ?* »

Baptiste H. : « *l'ovule.* »

Enseignant : « *l'ovule. Très bien. Les étamines c'est (ce sont) l'organe (les organes) mâle (mâles). Je trouve quoi dedans ?* »

Margaux : « *le pollen.* »

Enseignant : « *le pollen. Pistil. Organe femelle. Je vais trouver les ovules. Étamines. Organes mâles. Je vais trouver le pollen. Pour se rencontrer qui aide le pollen à aller rencontrer l'ovule ?* »

Margaux : « *l'abeille.* »

Enseignant : « *soit l'abeille...* »

Nora : « *... soit le vent.* »

Enseignant : « *... soit le vent. Si le pollen arrive sur le pistil il se passe quoi ? Élise ?* »

Élise : « *ça donne un fruit...* »

Enseignant : « *... avec des...* »

Élise : « *... graines.* »

Enseignant : « *bien. Si le pollen n'arrive pas sur le pistil ? Clémentine ?* »

Clémentine : « *ben il y a pas de fruit et de graines.* »

Enseignant : « *d'accord. Donc ça veut dire quoi ?* »

Baptiste H. : « *en fait les étamines et le pistil de la même fleur sont un peu comme frères et sœur. Ils peuvent pas se faire de graines ni de fruit. Et les abeilles elles transportent à d'autres fleurs comme si...* »

Gabriel : « *ben là il y en a qui ont le contraire Baptiste, qui disent que xxx.* »

Malo : « *c'est la production des étamines xxx.* »

Baptiste H. : « *ben oui. C'est pas le problème.* »

Enseignant : « *ce que veut dire Baptiste c'est qu'une propre fleur ne peut pas utiliser son propre pollen. Et ça...* »

Enseignant' : « *... on peut peut-être trancher. Donc pour certaines espèces c'est le cas, pour d'autres ce n'est pas le cas. Ce que tu dis c'est vrai parfois et faux d'autres fois. D'accord. On tranche ce point-là.* »

Enseignant : « *voilà. Il y a des fleurs qui peuvent prendre leur propre pollen et il y en a d'autres c'est forcément le pollen d'une autre fleur. OK. Donc du coup si j'ai du pollen qui arrive sur le pistil où il y a les ovules j'ai un fruit et une graine. Si j'ai pas de pollen, j'ai pas de fruit et de graines. Donc si je mets la graine là... Faut combien de choses pour faire une graine ? Jordan ?* »

513 Lorsqu'il emploie notamment les termes de “frères” et “sœur” pour désigner les étamines et le pistil d'une plante à fleurs.

514 Ou allogamie, telle une pollinisation indirecte qui assure le dépôt du grain de pollen sur le stigmate d'une fleur d'un autre pied.

515 Ou autogamie, telle une pollinisation directe qui assure le dépôt du grain de pollen sur le stigmate d'une fleur du même pied, ou de la fleur en question.

Jordan : « *l'ovule.* »

Enseignant : « *il faut combien de choses ? Une ? Deux ? Trois ?* »

Jordan : « *je sais pas.* »

Enseignant : « *ben réfléchis. C'est facile hein...* »

Jordan : « *ah... Le pollen et le pistil.* »

Enseignant : « *il faut deux choses. Quelles sont ces deux choses ?* »

Jordan : « *le pollen.* »

Enseignant : « *le pollen. Et la deuxième chose ?* »

Emma : « *l'ovule...* »

Enseignant : « *l'ovule...* »

Gabriel : « *... qui est dans le pistil.* »

Enseignant : « *... qui est dans le pistil.* »

Malo : « *en fait le pistil c'est un peu l'utérus ?* »

Enseignant : « *en fait le pistil c'est un peu l'utérus. Oui. On peut le dire comme ça. Le pollen plus l'ovule donne une...* »

XXX : « *... graine.* »

Enseignant : « *si vous empêchez le pollen d'arriver à l'ovule il n'y a ni fruit ni graines...* »

Margaux : « *... et la fleur elle va faner.* »

Baptiste H. : « *... et la fleur meurt.* »

Enseignant : « *... et la fleur...* »

XXX : « *... fane.* »

Enseignant : « *... fane sans avoir donné de fruit et de graines. Comment est-ce qu'on appelle ce phénomène-là les CM2 ?* »

Baptiste H. : « *la fanition.* »

Enseignant : « *la fanition. Non. Quand on a le pollen... C'est-à-dire la...* »

Enseignant' : « *on peut peut-être... Comment dire ? Le pollen c'est la petite poudre jaune ? Oui. Bon. Si on voulait être un petit peu plus précis qu'est-ce qu'on trouve à l'intérieur dans cette petite poudre jaune d'après vous ? Qu'est-ce qu'on y trouve ? Si le pollen c'est produit par les organes mâles qu'est-ce qu'on devrait trouver à l'intérieur les CM2 ?* »

Baptiste H. : « *les spermatozoïdes.* »

Enseignant' : « *on peut peut-être le mettre entre parenthèses.* »

Enseignant : « *d'accord.* »

Enseignant' : « *voilà.* »

Enseignant : « *donc dans le pollen c'est comme si on avait des spermatozoïdes. Ah... Tiens ça me rappelle une hypothèse. C'est l'hypothèse de qui ?* »

XXX : « *de Gabriel.* »

Enseignant : « *de Gabriel. Donc spermatozoïdes. Le pollen va avec l'ovule pour donner une graine.* »

Baptiste H. : « *ils se fécondent.* »

Enseignant : « *et donc s'ils se fécondent on appelle ça la...* »

XXX : « *... fécondation.* »

Enseignant : « *donc là c'est quelle hypothèse qui est la bonne ? Celle de Baptiste...* »

Baptiste H. : « *... et de Gabriel.* »

Enseignant : « *si tu dis que Gabriel c'était ça ben ça c'est toi. Ou alors on dit la... Celle des deux. D'accord. Est-ce que celle de Malo qui disait que le pollen était la future graine... Est-ce que c'est bon ?* »

Baptiste H. : « *oui.* »
 Margaux : « *non.* »
 Baptiste H. : « *ben oui. Ben si. Parce qu'après...* »
 X : « *ben non.* »
 Enseignant : « *Malo a dit que le pollen c'est la future graine.* »
 Emmy : « *non. Parce qu'il faut ajouter le pistil.* »
 Enseignant : « *il faut ajouter...* »
 Malo : « *... l'ovule.* »
 Enseignant : « *... l'ovule. Donc...* »
 Malo : « *... une partie de la graine.* »
 Enseignant : « *c'en est une partie mais pas la graine. D'accord. Ça c'est ce qu'on appelle la fécondation. Alors les enfants... Oui. Vas-y.* »
 Emma : « *en tous les cas l'ovule est femelle...* »
 Enseignant : « *oui.* »
 Emma : « *... parce que même dans les Humains c'est aussi l'ovule.* »
 Enseignant : « *oui. Sauf que tu vois nous quand on parle de spermatozoïdes chez les hommes on va plutôt parler de pollen pour les fleurs. Mais par contre le mot ovule reste. On est bien d'accord ? Quand le pollen plus l'ovule donne la graine ça s'appelle la fécondation. Et comment est-ce qu'on dit quand le pollen va sur le pistil ? Ça s'appelle comment ? Vous l'avez au tableau. Quand le pollen va donc sur le pistil ? Clémentine ?* »
 Clémentine : « *la pollinisation.* »
 Enseignant : « *la pollinisation. Ce n'est pas la même chose. La pollinisation c'est quand le pollen arrive sur le pistil. La fécondation c'est quand le pollen et l'ovule se mélangent. Les CM2 la fécondation c'est la même chose. Qu'est-ce qui correspondrait à la pollinisation pour l'Homme ?* »
 Malo : « *l'accouplement.* »
 Enseignant : « *l'accouplement.* »

Enfin, et venant clore la séance du jour, nous présentons ci-après l'énoncé "structurant" pour chaque groupe de travail.

Groupe 1 : Flavie, Louna, Margaux, Rachel, Tom

On a appris que l'organe femelle est le pistil et que l'organe mâle sont les étamines pour la reproduction. Et on a appris qu'il y avait deux types de pollinisation : via l'abeille (le pollen donne une autre fleur), via le vent (le pollen donne une autre fleur). (c'est la pollinisation)

pollen (spermatozoïde) + ovule = graine (c'est la fécondation)

pollen + pistil = fruit + graines

pollen + pistil = fruit + graines

Groupe 2 : Émile, Emma, Énora, Lorenzo

Nous avons appris que le pistil plus le pollen font une fleur. Nous avons appris que sans le pollen le pistil ne fait ni de plante ni de fruit.

Groupe 3 : Aude, Élise, Jordan, Manon, Raphaël

Nous avons appris que le pollen se fait transporter par l'abeille et le vent et que les abeilles raffolent du nectar. Le pollen fait un fruit puis des graines. Que le pistil → organe femelle → ovule.

Groupe 4 : Baptiste G., Clara, Clémentine, Katia, Louis

L'abeille emmène le pollen d'une fleur à l'autre et le vent aussi emmène le pollen d'une fleur à l'autre. Le pollen est égal au spermatozoïde et avec l'ovule ils font une graine et c'est égal à la fécondation.

Groupe 5 : Anaëlle, Emmy, Isaure, Léonie, Nora

On a appris que si on met du pollen sur un pistil, plus tard on obtiendra un fruit avec des graines à l'intérieur. Mais si on ne met pas de pollen sur le pistil, on n'obtiendra pas de fruit. Il ne peut y avoir que l'abeille ou le vent qui peut emmener le pollen sur une autre fleur. Il faut le pollen (spermatozoïde) plus l'ovule pour faire des graines parce qu'ils se fécondent.

Groupe 5' : Baptiste H., Gabriel, Malo, Thomas

Nous avons appris que quand le pistil est privé du pollen il ne produit rien mais quand il n'en est pas privé il produit un fruit et des graines. Le pistil est l'organe femelle qui produit l'ovule, les étamines sont les organes mâles qui produisent le pollen.

pollen + ovule = graines + fruits (c'est la fécondation)

*Les abeilles transportent le pollen de fleur en fleur. Le vent fait pareil que les abeilles.
(c'est la pollinisation)*

ANALYSE ÉPISTÉMOLOGICO-LANGAGIÈRE DES ÉNONCÉS “STRUCTURANTS”

Du lien que nous supposons entre activité langagière en sciences et activité cognitive (Jaubert, 2000, 2007 ; Jaubert & Rebière, 2000), nous nous proposons d'apprécier à sa juste mesure l'activité de problématisation de l'ensemble des groupes de travail de la classe, par le biais d'une analyse épistémologico-langagière de chaque énoncé “structurant” portant sur le concept de fleur, et le pollen. Ainsi fait, nous pouvons présenter l'analyse langagière du troisième énoncé “structurant” de chaque groupe de travail (tableau 7-14).

Tableau 7-14. Analyse langagière du troisième énoncé “structurant” de chaque groupe de travail

| Groupe | Genre du texte | Objet de savoir du texte | Architecture interne du texte |
|--------|--------------------------|--|--|
| 1 | Descriptif et explicatif | Vocabulaire riche et précis (étamines, fécondation, fleur, fruit, graine(s), organe femelle / mâle, ovule, pistil, pollen, pollinisation, reproduction, spermatozoïde) | Discours en situation et discours théorique. Permanence thématique non assurée, informations nouvelles en nombre presque suffisant (voire plus), présence d'une “contradiction” entre les éléments, relation de congruence implicite (« On a appris que l'organe », « et que l'organe », « Et on a appris qu' », « le pollen donne une autre fleur », « le pollen donne une autre fleur ») entre les éléments. Non orchestration de l'hétéroglossie. |

| | | | |
|---|--------------------------|--|---|
| 2 | Explicatif | Vocabulaire moins riche et précis (fleur, fruit, pistil, plante, pollen) | Discours en situation. Permanence thématique assurée, informations nouvelles en nombre insuffisant, présence d'une "contradiction" entre les éléments, relation de congruence implicite (« <i>Nous avons appris que</i> », « <i>Nous avons appris que</i> ») entre les éléments. Orchestration de l'hétéroglossie. |
| 3 | Descriptif et explicatif | Vocabulaire riche et précis (fruit, graines, nectar, organe femelle, ovule, pistil, pollen) | Discours en situation et discours théorique. Permanence thématique assurée, informations nouvelles en nombre insuffisant, présence d'une "contradiction" entre les éléments, relation de congruence explicite (« <i>Nous avons appris que</i> », « <i>et que</i> », « <i>puis</i> ») entre les éléments. Orchestration de l'hétéroglossie. |
| 4 | Descriptif et explicatif | Vocabulaire riche et précis (fécondation, fleur, graine, ovule, pollen, spermatozoïde) | Discours théorique. Permanence thématique assurée, informations nouvelles en nombre suffisant, absence de contradictions entre les éléments, relation de congruence explicite (« <i>abeille emmène le pollen d'une fleur à l'autre</i> », « <i>vent aussi emmène le pollen d'une fleur à l'autre</i> ») entre les éléments. Orchestration de l'hétéroglossie. |
| 5 | Descriptif et explicatif | Vocabulaire riche et précis (fécondent, fleur, fruit, graines, ovule, pistil, pollen, spermatozoïde) | Discours en situation et discours théorique. Permanence thématique assurée, informations nouvelles en nombre suffisant (voire plus), absence de contradictions entre les |

| | | | |
|----|--------------------------|---|--|
| | | | éléments, relation de congruence explicite (« <i>si on met</i> », « <i>on obtiendra</i> », « <i>Mais si on ne met pas</i> », « <i>on n'obtiendra pas</i> », « <i>parce qu'</i> ») entre les éléments. Orchestration de l'hétéroglossie. |
| 5' | Descriptif et explicatif | Vocabulaire riche et précis (étamines, fécondation, fleur, fruit(s), graines, organe(s) femelle / mâles, ovule, pistil, pollen, pollinisation, spermatozoïde) | Discours en situation et discours théorique. Permanence thématique assurée, informations nouvelles en nombre suffisant (voire plus), absence de contradictions entre les éléments, relation de congruence explicite (« <i>est privé... il ne produit</i> », « <i>mais</i> », « <i>est pas privé il produit</i> », « <i>est l'organe... qui produit</i> », « <i>sont les organes... qui produisent</i> ») entre les éléments. Orchestration de l'hétéroglossie. |

Tout d'abord, et concernant le genre du texte, se sont vu attribuer un caractère explicatif les énoncés “structurants” qui, à leur manière, définissaient le phénomène de la fécondation (comme pour les groupes 1, 4, 5 et 5') et / ou de la pollinisation (comme pour les groupes 4, 5 et 5') ; aussi, le rappel des deux expérimentations schématisées valait-il explication (comme pour les groupes 1, 2, 3⁵¹⁶, 5 et 5') : c'est ainsi que, d'une façon ou d'une autre, chaque énoncé “structurant” se réclamera ici du caractère explicatif. Du reste, le caractère descriptif de ces énoncés “structurants” se retrouvait-il dans la distinction des différents types de pollinisation (comme pour les groupes 1, 3, 4, 5 et 5'), et que sont l'allogamie et l'autogamie ; remarquons seulement que seul le groupe 2 estime inutile un tel rappel des différents types de pollinisation.

Ensuite, et concernant l'objet de savoir du texte, force est de constater la relative richesse

⁵¹⁶ Le rappel des deux expérimentations schématisées est ici cependant incomplet.

du vocabulaire que l'on est à même de retrouver dans les divers énoncés “structurants” : à l'évidence, se voit ici récolté le fruit du travail des deux phénomènes essentiels à la reproduction sexuée des angiospermes, à savoir les phénomènes de la fécondation et de la pollinisation.

Enfin, et concernant l'architecture interne du texte, retrouvons-nous pour le groupe 4 un discours que l'on peut qualifier de théorique, car pleinement autonome, à la différence du groupe 2 qui, tout impliqué qu'il est dans son énoncé, mobilise un discours qui présente un lien assumé d'avec la situation d'énonciation, notamment lorsqu'est fait référence aux deux expérimentations schématisées ; les groupes 1, 3, 5 et 5', quant à eux, mélangeant les genres de discours.

Traitant maintenant des mécanismes de textualisation, avons-nous jugé et dans l'ensemble une permanence thématique assurée, et même si les procédés de reprise ne sont pas toujours explicites ; en effet, et comme nous avons déjà pu le dire pour le premier et le deuxième énoncés “structurants”, travaillant les concepts de fleur, de fruit et de graine, la probabilité de les discuter en lien est, de fait, assez importante. Si les différents groupes de travail apportent un lot d'informations nouvelles⁵¹⁷ largement suffisant, à l'exception des groupes 2 et 3, seul le groupe 4 effectue, de notre point de vue, la part de ce qui est essentiel et de ce qui ne l'est pas, notamment lorsqu'il estime accessoire de discuter ici la question des deux expérimentations schématisées. Aussi, et pour ce qui a trait aux contradictions éventuelles, relevons-nous les énoncés “structurants” des groupes 1⁵¹⁸, 2⁵¹⁹ et 3⁵²⁰ ; néanmoins, et selon toute vraisemblance, s'agit-il ici d'abus de langage, plus que d'autre chose. Terminant au sujet de la congruence, et dans le même ordre d'idées que la permanence thématique, nous semble-t-il pouvoir l'apprécier, tantôt de façon explicite⁵²¹, tantôt de façon implicite, par le biais de répétitions de langage notamment.

517 Qui, précisons-le, doivent discuter ici les phénomènes de la fécondation et de la pollinisation.

518 Lorsqu'il affirme que le pollen donne une autre fleur dans un premier temps, puis une graine dans un second temps.

519 Lorsqu'il affirme que le pistil et le pollen font une fleur dans un premier temps, puis une plante et un fruit dans un second temps.

520 Lorsqu'il affirme que le pollen fait un fruit puis des graines, alors que le premier temps des investigations empiriques nous a appris que le fruit est issu du pistil, et que la graine est issue de l'ovule (du pistil).

521 Au moyen de divers connecteurs ou organisateurs.

Faisant pleinement écho à la question du langage dans les activités scientifiques, que nous avons pu développer ci-avant, ces énoncés “structurants” présentent une assez bonne homogénéité quant aux informations convoquées de la part de tel ou tel groupe de travail ; ou d'une certaine orchestration de la polyphonie (Jaubert, 2000, 2007) du discours, et donc de l'hétéroglossie (Bakhtine, 1978, 1984). En effet, et des contradictions éventuelles discutées ci-avant, seul l'énoncé “structurant” du groupe 1 nous laisse à voir une certaine hétérogénéité dans la réponse apportée, et pour l'objet de savoir du pollen, point sur lequel nous n'avions d'ailleurs pas manqué d'insister sur le temps du débat scientifique : et pour cause, avait-il été avancé à ce moment-ci que le pollen servait à faire pousser d'autres plantes en étant transporté (*via* le vent ou les insectes) sur d'autres fleurs, ou bien ailleurs (figure 7-5). C'est pourquoi nous nous proposons de présenter les schémas explicatifs contradictoires du groupe 1 sur l'objet de savoir du pollen après problématisation et investigation (tableau 7-15).

Tableau 7-15. Schémas explicatifs contradictoires du groupe 1 sur l'objet de savoir du pollen après problématisation et investigation

| Schémas explicatifs contradictoires du groupe 1 |
|---|
| <p><u>À l'issue du troisième temps des investigations empiriques</u> Énoncé “structurant” : <i>on a appris que l'organe femelle est le pistil et que l'organe mâle sont les étamines pour la reproduction. Et on a appris qu'il y avait deux types de pollinisation : via l'abeille (le pollen donne une autre fleur), via le vent (le pollen donne une autre fleur). (c'est la pollinisation)</i> <i>pollen (spermatozoïde) + ovule = graine (c'est la fécondation)</i> <i>pollen + pistil = fruit + graines</i> <i>pollen + pistil = fruit + graines</i></p> <p><i>Et on a appris qu'il y avait deux types de pollinisation : via l'abeille (le pollen donne une autre fleur), via le vent (le pollen donne une autre fleur). (c'est la pollinisation) : le pollen est seul nécessaire à la formation de la nouvelle plante, et donc d'une nouvelle fleur.</i></p> <p><i>pollen (spermatozoïde) + ovule = graine (c'est la fécondation) : le pollen n'est pas seul nécessaire à la formation de la nouvelle graine, et donc d'une nouvelle plante.</i></p> |

Ainsi, on le comprend bien, le débat scientifique dans un premier temps, et le troisième temps des investigations empiriques dans un second temps, (re)travailleront l'hypothèse au sujet de la nature de ce qui apporte le “spermatozoïde” : en effet, lors du second temps de la séance du mardi dix mars deux-mille-quinze, seuls les groupes 2 et 5 émettaient respectivement l'hypothèse de l'étamine et du pollen à ce sujet. C'est alors qu'à l'appui de l'outil que représente notre “espace contraintes et nécessités”, nous revenons ici à la mise au travail de la nécessité d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule”, comme de la nécessité d'une

rencontre de gamètes. Aussi, et de l'apport antérieur de vocables spécifiques, tels ceux de l'étamine et du pistil, pouvons-nous maintenant et judicieusement les mobiliser au service de la nécessité pour la fleur de se composer de parties mâle et femelle, lorsque le troisième temps des investigations empiriques nous apprend donc que l'étamine correspond à l'organe mâle, et le pistil à l'organe femelle. C'est alors que nous vérifions que si, sur le plan épistémologique, la problématisation permet une certaine forme d'autonomisation, lors du passage de l'assertorique à l'apodictique, la secondarisation permet pareillement, mais sur le plan langagier cette fois, l'autonomisation du texte produit, et lors du passage de discours de genre premier à des discours de genre second. Enfin, et puisque nombreux sont ceux qui mobilisent encore et malgré tout, de notre point de vue, du discours en situation, proposerons-nous l'énoncé "structurant" type qui suit, et qui tente de respecter la question de l'hétéroglossie, des différents mécanismes de textualisation, et à la façon d'un discours théorique.

La fleur se compose de sépale(s), de pétale(s), d'étamine(s) et de pistil(s). De ces différentes parties, une seule donnera le fruit, et il s'agit du pistil. Si le fruit renferme une ou plusieurs graines, le pistil, quant à lui, renferme un ou plusieurs ovules. Ainsi, et nous le devinons déjà, c'est l'ovule du pistil qui donnera la graine du fruit.

Reste que, de ce que l'on sait sur la reproduction humaine, l'ovule (♀) seul ne peut donner la graine : c'est alors la fonction, le rôle du grain de pollen de l'étamine, que d'apporter via l'animal ou le vent (c'est la pollinisation) le "spermatozoïde" (♂) nécessaire à la formation de la future graine (c'est la fécondation), et donc de la future plante.

4.4. Séance du mardi vingt-quatre mars deux-mille-quinze

4.4.1. Premier temps de la séance

S'adressant à l'ensemble des groupes de travail de la classe, l'enseignant chercha dans un premier temps à effectuer un retour sur chacune de nos investigations empiriques passées ; pour ce faire, avons-nous donc procédé chronologiquement à diverses synthèses, avec :

la synthèse de la séance portant sur le concept de fleur, et le pistil, à l'appui de l'énoncé "structurant" du groupe 5' (figure 7-25) ;

la synthèse de la séance portant sur les concepts de fruit et de graine, à l'appui de l'énoncé

“structurant” du groupe 2 (figure 7-26) ;

la synthèse de la séance portant sur le concept de fleur, et le pollen, à l'appui de l'énoncé
“structurant” du groupe 5 (figure 7-27).

Figure 7-25. Formalisation des activités langagières en jeu lors de la synthèse de la séance portant sur le concept de fleur, et le pistil, à l'appui de l'énoncé "structurant" du groupe 5'

Point d'appui : lecture, par Baptiste H., de l'énoncé "structurant" du groupe 5'

Enseignant : oui ; manque-t-il quelque chose d'autre ?

Clara : on pourrait rajouter que la fleur (de Tulipe) est formée de trois sépales à l'extérieur (du périanthe) et de trois pétales à l'intérieur (du périanthe).

Enseignant : oui (bien que la quantité importe peu) ; à quoi servent-ils ?

Gabriel : à protéger le pistil.

Enseignant : oui ; manque-t-il quelque chose d'autre ?

Clara : on pourrait rajouter que la fleur (de Tulipe) est formée de six étamines.

Enseignant : oui (bien que la quantité importe peu) ; que contiennent-elles ?

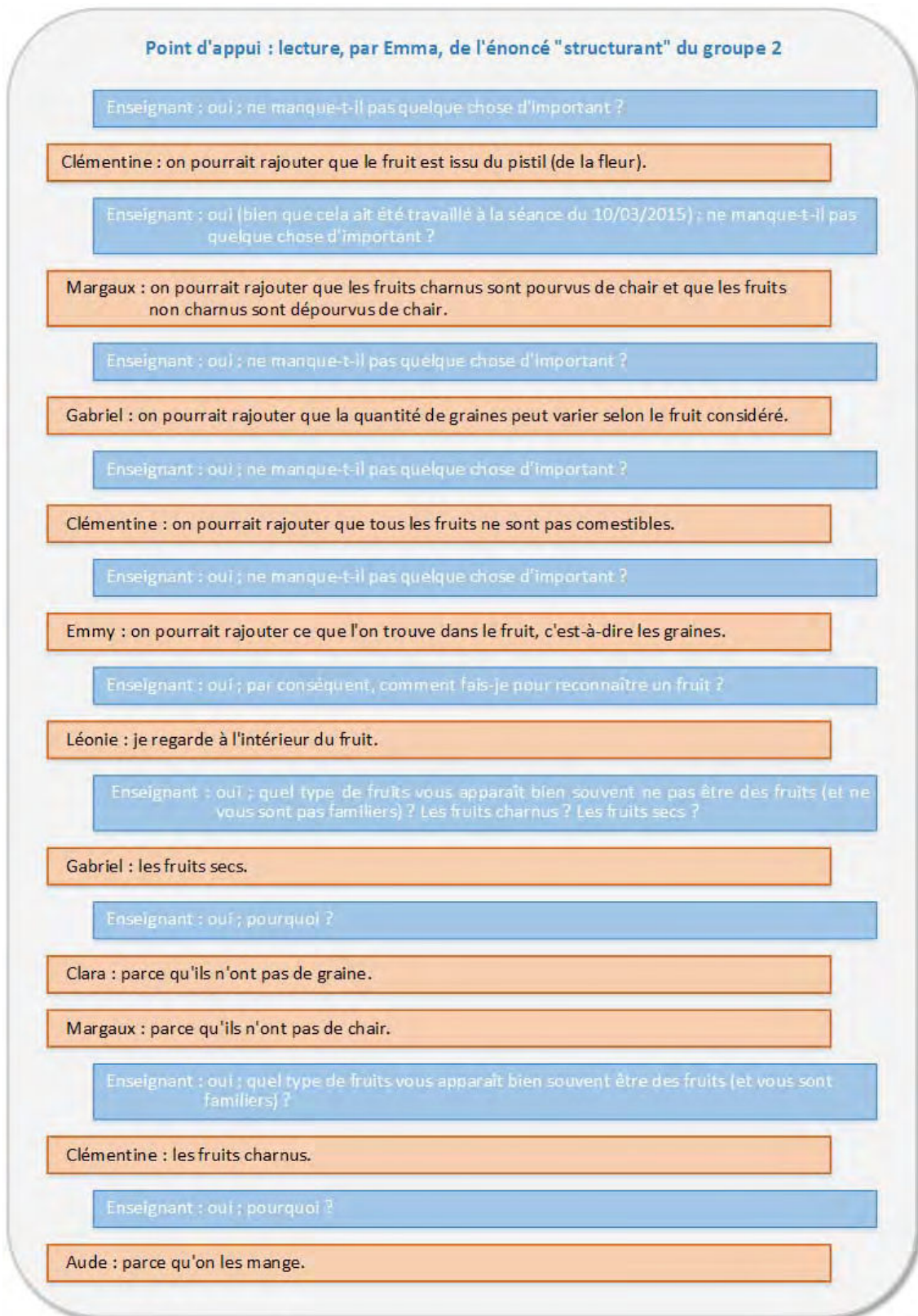
Anaëlle : des grains de pollen.

Enseignant : oui (bien que cela n'ait pas été travaillé à la séance du 10/03/2015) ; à quoi servent les sépales et les pétales ?

Anaëlle : à protéger les étamines.

Enseignant : oui.

Figure 7-26. Formalisation des activités langagières en jeu lors de la synthèse de la séance portant sur les concepts de fruit et de graine, à l'appui de l'énoncé "structurant" du groupe 2



Point d'appui : lecture, par Emma, de l'énoncé "structurant" du groupe 2

Enseignant : oui ; pour certains.

Gabriel : parce qu'on les trouve dans le commerce.

Enseignant : oui ; pour certains. Pourquoi les fruits secs vous apparaissent bien souvent ne pas être des fruits (et ne vous sont pas familiers) ?

Baptiste H. : parce qu'ils sont très peu nombreux.

Enseignant : non.

Clémentine : parce qu'on ne les mange pas, on ne les connaît pas.

Enseignant : oui ; encore une fois, comment fais-je pour reconnaître un fruit ?

Jordan : je regarde à l'intérieur de la Plante.

Enseignant : non.

Jordan : je regarde à l'intérieur du fruit.

Baptiste H. : car les fruits charnus comme les fruits secs contiennent des graines.

Enseignant : oui ; manque-t-il quelque chose d'autre ?

Clara : on pourrait rajouter que la graine est issue de l'ovule (de la fleur).

Enseignant : oui (bien que cela ait été travaillé,...

Isaure : ... à la séance du 10/03/2015).

Baptiste H. : on pourrait rajouter que la quantité de graines peut varier selon le fruit considéré.

Enseignant : oui ; par conséquent, on pourrait préciser ce que l'on trouve dans le fruit, c'est-à-dire une ou plusieurs graines.

Figure 7-27. Formalisation des activités langagières en jeu lors de la synthèse de la séance portant sur le concept de fleur, et le pollen, à l'appui de l'énoncé "structurant" du groupe 5



Point d'appui : lecture partielle, par Anaëlle, de l'énoncé "structurant" du groupe 5

Enseignant : de quel organe ?

Isaure : de l'ovule et du pistil.

Enseignant : soit de l'ovule, soit du pistil.

Manon : de l'organe femelle.

Enseignant : quel est son nom ?

Margaux : le pistil.

Enseignant : qu'obtient-on si le grain de pollen rencontre l'ovule ? Un fruit et...

Isaure : ... des graines.

Baptiste H. : car les fruits contiennent des graines.

Enseignant : pourquoi ?

Emmy : pour donner...

Enseignant : oui ; de quel est issue la graine ?

Manon : de la fleur.

Emmy : du pistil et de l'ovule.

Enseignant : soit du pistil, soit de l'ovule. Que donne le pistil ?

Emmy : le fruit.

Enseignant : que donne l'ovule ?

Emmy : la graine.

Enseignant : quel est le nom de ce phénomène ?

Baptiste H. : la pollini... la fécondation.

Enseignant : oui ; qu'est-ce que la pollinisation (vis-à-vis de la fécondation) ?

Baptiste H. : la pollinisation c'est quand les Animaux ou le vent permet la rencontre du grain de pollen et du pistil.

Point d'appui : lecture partielle, par Anaëlle, de l'énoncé "structurant" du groupe 5

Enseignant : oui ; qu'est-ce que la fécondation (vis-à-vis de la pollinisation) ?

Nora : la fécondation c'est quand le grain de pollen et le pistil...

Enseignant : non.

Nora : la fécondation c'est quand le grain de pollen et l'ovule se rencontrent.

Enseignant : oui ; par conséquent, comment fais-je pour nommer la rencontre du grain de pollen et de l'ovule ? Je parle de la pollinisation ou de la fécondation ?

Élise : je parle de la pollini... de la fécondation.

Enseignant : oui.

De cela, et pour chaque séance concernée, retiendrons-nous les quelques observations qui suivent, avec :

pour la séance portant sur le concept de fleur, et le pistil, la densité relative⁵²² de savoirs scientifiques liés à notre hypothèse de travail (Avec le temps, que devient la fleur ? Elle fane et se transforme en un fruit.) ;

pour la séance portant sur les concepts de fruit et de graine, la difficulté à retrouver à proprement parler notre hypothèse de travail (Que trouve-t-on dans le fruit ? Une ou plusieurs graines.) ;

pour la séance portant sur le concept de fleur, et le pollen, la difficulté à penser au mieux la correspondance entre l'ovule (qui est dans le pistil) et la graine (qui est dans le fruit), pourtant déjà présente dans les savoirs scientifiques issus de la séance portant sur le concept de fleur, et le pistil.

Sur le mode d'un type d'apprentissage systématique et d'un style pédagogique normatif, l'enseignant s'essaya donc, à l'aide de l'ensemble des groupes de travail de la classe, et par le biais de l'ordinateur et du vidéoprojecteur, à une synthèse qui, au regard de la “situation de pratique scolaire”, équivaut à la stabilisation du savoir, et au regard de la démarche d'investigation, équivaut à l'acquisition et la structuration des connaissances (tableau 2-2 ; d'après Lhoste, 2007).

ÉNONCÉ “STRUCTURANT”

La fleur

Toutes les fleurs donnent des fruits et des graines.

Le pistil qui contient les ovules se transforme en fruit et l'ovule donnera la graine.

Les pétales et les sépales servent à protéger le pistil et les étamines.

Le fruit

On reconnaît le fruit (charnu ou sec) car il contient toujours une ou plusieurs graines

⁵²² En cela qu'à bien y réfléchir, et même s'il reste encore, à ce stade de notre projet d'enseignement-apprentissage, deux séances d'investigations empiriques, l'essentiel du problème scientifique en jeu n'est pas loin d'être traité.

(noyau, pépins...).

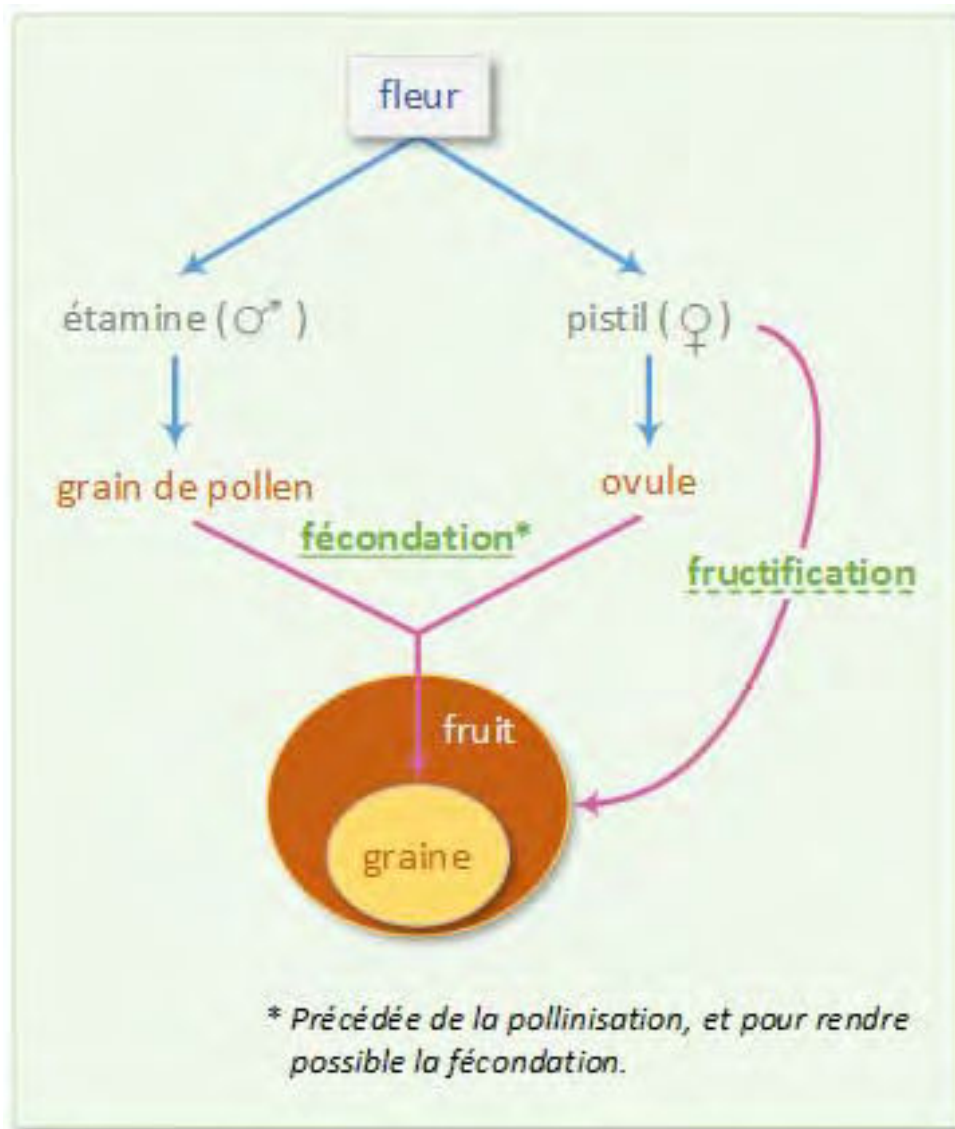
Le pollen

Le pollen doit rencontrer l'ovule grâce au vent ou aux abeilles pour que le pistil se transforme en fruit et pour que l'ovule se transforme en graine.

C'est la fécondation.

Preuve en est le schéma (simplifié) de la fécondation chez les angiospermes (figure 7-28) où, finalement, nous retrouvons la nécessité d'une rencontre de gamètes (Emma : « *tous les deux.* »), et en cela la nécessité d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule”(Emma : « *de l'ovule et du pollen.* ») : à l'étamine le grain de pollen (Anaëlle : « *des étamines.* »), au pistil l'ovule (Gabriel : « *du pistil.* »), l'un et l'autre correspondant respectivement aux organes mâle et femelle (Gabriel : « *ah... Ben c'est l'organe femelle...* » Enseignant : « *c'est l'organe femelle.* » Gabriel : « *... et l'étamine c'est l'organe mâle.* ») ; la rencontre du grain de pollen et de l'ovule entraînant la formation du fruit (Jordan : « *... le fruit.* ») et de la graine (Louna : « *une graine.* »).

Figure 7-28. Schéma (simplifié) de la fécondation chez les angiospermes



Enseignant : « si je faisais ça sous forme d'un petit schéma... Je pourrai faire quoi comme petit schéma ? Alors ça va pas être facile à l'ordinateur. On va le faire au tableau. Si je faisais un schéma appelé fécondation... J'ai besoin de quoi ? J'ai besoin de combien de choses ? »

Emma : « tous les deux. »

Enseignant : « oui. Deux choses. J'ai besoin de quoi ? »

Emma : « de l'ovule et du pollen. »

Enseignant : « très bien. J'ai besoin de l'ovule et du pollen. Est-ce qu'on peut rappeler l'ovule d'où elle (il) vient ? »

Gabriel : « du pistil. »

Enseignant : « du pistil. Le pollen il vient d'où ? »

Anaëlle : « des étamines. »

Enseignant : « des étamines. Si je reviens à la reproduction humaine... Les étamines ce serait comme quoi ? Le pistil ce serait comme quoi ? »

Gabriel : « *ben le pistil c'est comme l'ovule. Et les étamines du coup...* »
 Enseignant : « *ah... Ben non. Le pistil il donne l'ovule.* »
 Gabriel : « *oui. Ben le pistil c'est comme l'ovule.* »
 Enseignant : « *ben non.* »
 XXX : « *mais non.* »
 Gabriel : « *ah... Ben c'est l'organe femelle...* »
 Enseignant : « *c'est l'organe femelle.* »
 Gabriel : « *... et l'étamine c'est l'organe mâle.* »
 Enseignant : « *très bien. Là j'aurai l'organe femelle. Organe mâle. Donc le pistil c'est l'organe femelle. Ça donne l'ovule. Les étamines c'est (ce sont) l'organe (les organes) mâle (mâles). Ça donne le pollen. Et quand ils se rencontrent... Là je suis bien sur la fécondation. Et quand l'ovule et le pollen se rencontrent ça donne... Jordan ?* »
 Jordan : « *... le fruit.* »
 Margaux : « *non. Ça donne autre chose.* »
 Enseignant : « *non. Enfin... Oui. Le fruit va se développer autour mais ça donne quoi ?* »
 Louna : « *une graine.* »
 Enseignant : « *une graine.* »

Faisant pleinement écho aux questions organisatrices de notre débat scientifique (figure 7-5), nous terminons ce premier temps de la séance avec la pleine volonté d'articuler l'investigation à la problématisation, et par les quelques associations qui suivent, avec :

pour la séance portant sur le concept de fleur, et le pistil, les questions *À quoi sert la fleur ?* et *D'où vient le fruit ?* (Énora : « *d'où vient le fruit ?* ») ;

pour la séance portant sur les concepts de fruit et de graine, les questions *À quoi sert le fruit ?* et *D'où vient la graine ?* (Louna : « *qu'est-ce qu'il y a dans le fruit ?* ») ;

pour la séance portant sur le concept de fleur, et le pollen, la question *À quoi sert le pollen ?* (Margaux : « *ben c'était comment... Ben où va le pollen ?* »).

Enseignant' : « *là on a rappelé ce qu'on avait fait au cours des trois dernières séances. Avant de passer à la seconde phase on pourrait peut-être juste pour chaque séance essayer de comprendre à quelle question répondait la séance. Si je reviens sur la séance qui travaillait sur la fleur... Cette séance-là elle visait à répondre à quelle question d'après vous ? Énora ?* »
 Énora : « *d'où vient le fruit ?* »
 Enseignant' : « *d'où vient le fruit ? À quoi sert la fleur ? On était là-dessus effectivement. Pour la deuxième séance... Celle qui portait sur le fruit ? Louna ?* »
 Louna : « *qu'est-ce qu'il y a dans le fruit ?* »
 Enseignant' : « *à quoi reconnaît-on un fruit ? Donc c'est ce que tu es en train de me dire. Parce que j'y trouve une ou des graines. Et pour la dernière séance... Celle qui portait sur le pollen ? Cette séance-là ? Margaux ?* »

Margaux : « *ben c'était comment... Ben où va le pollen ?* »

Enseignant' : « *à quoi...* »

Margaux : « *... sert le pollen ?* »

Enseignant' : « *... sert le pollen ? Et vous avez bien compris que lorsque l'on a travaillé le pollen hein... Sur la troisième séance... Si le pollen n'est pas là le pistil de la fleur ne se transforme pas en fruit. Vous avez tous bien compris ça. D'accord. Ça à la première séance on ne le savait pas. On vous disait simplement que la fleur fane et se transforme en fruit. Il faut absolument que le pollen soit présent. D'accord. Donc... À quoi sert la fleur ? À quoi reconnaît-on le fruit ? À quoi sert le pollen ? On a répondu à ces trois questions-là.* »

4.4.2. Second temps de la séance

S'adressant toujours à l'ensemble des groupes de travail de la classe, l'enseignant revint dans un second temps sur l'énoncé de départ qui, nous l'espérons, aiderait à la position, et si ce n'est à la perception du problème par les apprenants ; nous le représentons ici-même : lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du bleuet en fleur dans la nature. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le bleuet ? Est-ce le même bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre bleuet ? C'est alors que, à l'appui de nos investigations empiriques passées, nous souhaitons traiter à nouveau le problème de départ car les savoirs scientifiques, ne l'oublions pas, s'ils sont raisonnés et partagés, soumis à la critique, n'en restent pas moins des compétences pour maîtriser des problèmes (Fabre & Orange, 1997). En somme, s'agit-il ici d'expliquer, à l'aide d'un cycle et de mots, la vie du bleuet d'un printemps à l'autre (Enseignant : « *maintenant ce que je vais vous demander c'est... Grâce à un cycle comme le cycle de l'eau que je vais vous rappeler et à des mots que je vais vous donner... D'essayer de me refaire la vie du bleuet. C'est-à-dire qu'est-ce qui s'est passé pour la vie du bleuet entre les deux printemps ?* ») ; ou d'une certaine formulation de notre but de tâche. Côté contraintes de réalisation, leur est aussi proposé, ou plutôt imposé, une liste de mots⁵²³, parmi lesquels (Enseignant : « *donc vous pour m'expliquer ce qui est arrivé à mon bleuet... D'accord. Voilà de quels mots vous allez avoir le droit d'utiliser.* ») : croissance, fécondation, fleur (étamine (grain de pollen), pistil (ovule)), fruit, germination⁵²⁴, graine, plante adulte, plante jeune et,

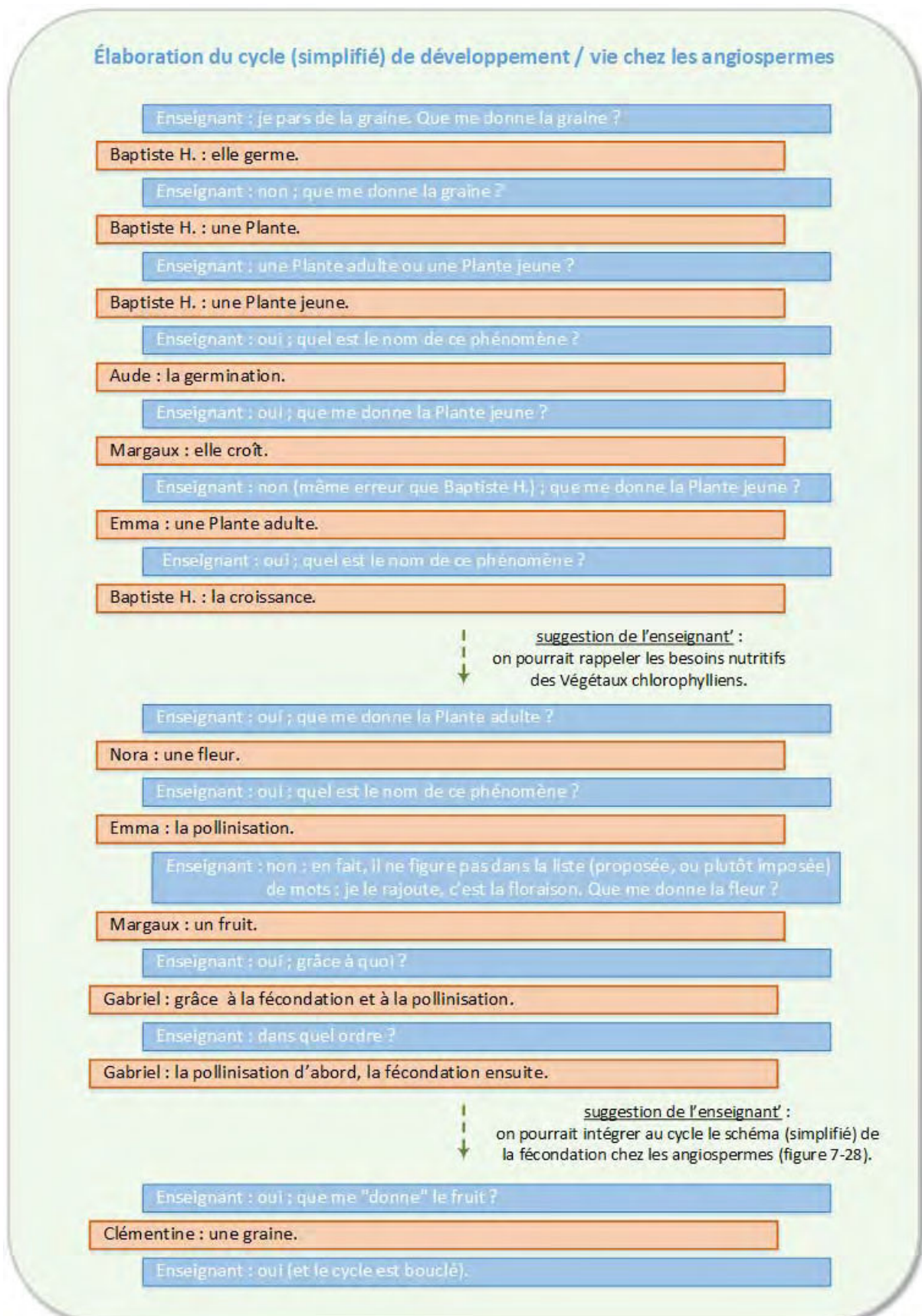
523 Qui doivent n'être utilisés qu'une fois seule (Enseignant : « *tous les mots doivent être employés. Vous n'en avez pas besoin d'autres. Tous les mots vont vous servir. D'accord.* » Malo : « *qu'une fois ?* » Enseignant : « *qu'une fois.* »).

524 Que, pour Énora et, finalement d'autres, nous avons dû expliquer (Enseignant : « *germination. Tu entends quoi dans germination ? Ça germe. Qu'est-ce qui germe ? Qui veut expliquer à Énora ce qui germe ? Parce que si vous savez pas ce que c'est que la germination...* » Anaëlle : « *c'est la plante qui germe.* » Enseignant : « *non. C'est pas la plante qui germe.* » Anaëlle : « *c'est ben la fleur qui est en train de...* » Enseignant : « *non. C'est pas la fleur qui germe.* » Clémentine : « *la graine.* » Enseignant : « *la graine. Une graine quand tu la plantes elle germe.* »).

pollinisation. Bien évidemment, les mots en question peuvent être le destinataire ou le destinataire de la flèche, et quand ce n'est pour caractériser ladite flèche (Enseignant : « *dans un cycle il y a forcément des flèches qui arrivent à des choses. Et il y a forcément des mots à côté des flèches. Vous voyez ici de la flaque je passe au nuage et ça s'appelle l'évaporation. Du nuage je reviens à la flaque et ça s'appelle la pluie. Donc dans un cycle il y a à la fois des mots dedans et des mots sur les flèches.* »). Aussi, le cycle tournera-t-il dans le sens des aiguilles d'une montre (Enseignant : « *et le cycle tourne toujours dans le sens des aiguilles d'une montre. On le fait pas tourner dans l'autre sens. Il tourne toujours comme ça.* »). S'il est aberrant de parler d'un quelconque point de départ (Enseignant' : « *ben il y a pas de premier mot. Tu pars d'où tu veux. C'est un cycle. Me comprends-tu...* »), nous suggérons malgré tout de commencer le travail⁵²⁵ par la graine (Enseignant' : « *... alors on peut vous conseiller de commencer par la graine si ça peut vous aider.* » ; Enseignant : « *vous pouvez commencer par la graine. Dire... Voilà. Après la graine qu'est-ce qu'il se passe...* »), voire la fleur (Enseignant : « *... vous pouvez aussi décider de commencer par la fleur. Moi j'arrive, je vois la fleur et elle va disparaître et je la retrouve.* »). Ne nous reste plus que les critères de réussite, quand le cycle proposé apportera une solution, sans contestation possible, au problème de départ. Puisque de cycle il est question, et pour favoriser l'engagement de tous dans la tâche proposée, l'enseignant prit soin de rappeler et pour la forme le cycle de l'eau, antérieurement travaillé de tous (Enseignant : « *qu'est-ce qu'un cycle ? On va essayer de se rappeler ce qu'est un cycle. Alors le cycle de l'eau.* ») : comme ont déjà pu le recommander Host, Deman et Deunff (1974), le cycle physique est ici un excellent moyen pour aborder l'esprit même du cycle biologique. Ainsi fait, sommes-nous ici dans l'esprit même des activités de structuration : pour la forme d'abord, lorsque nous travaillons le cycle de vie des angiospermes (figure 7-2 ; Boyer, 2000, p. 153) par analogie au cycle de l'eau, pour le fond ensuite, lorsque nous généralisons la mise en relation de différents concepts, à savoir les concepts de fleur, de fruit et de graine (Boyer, 1998, 2000), issus d'activités heuristiques. De tout cela, pouvons-nous alors proposer une formalisation des interactions langagières en jeu, visant à élaborer le cycle (simplifié) de développement / vie chez les angiospermes (figure 7-29).

525 Qui, soit dit en passant, sera individuel.

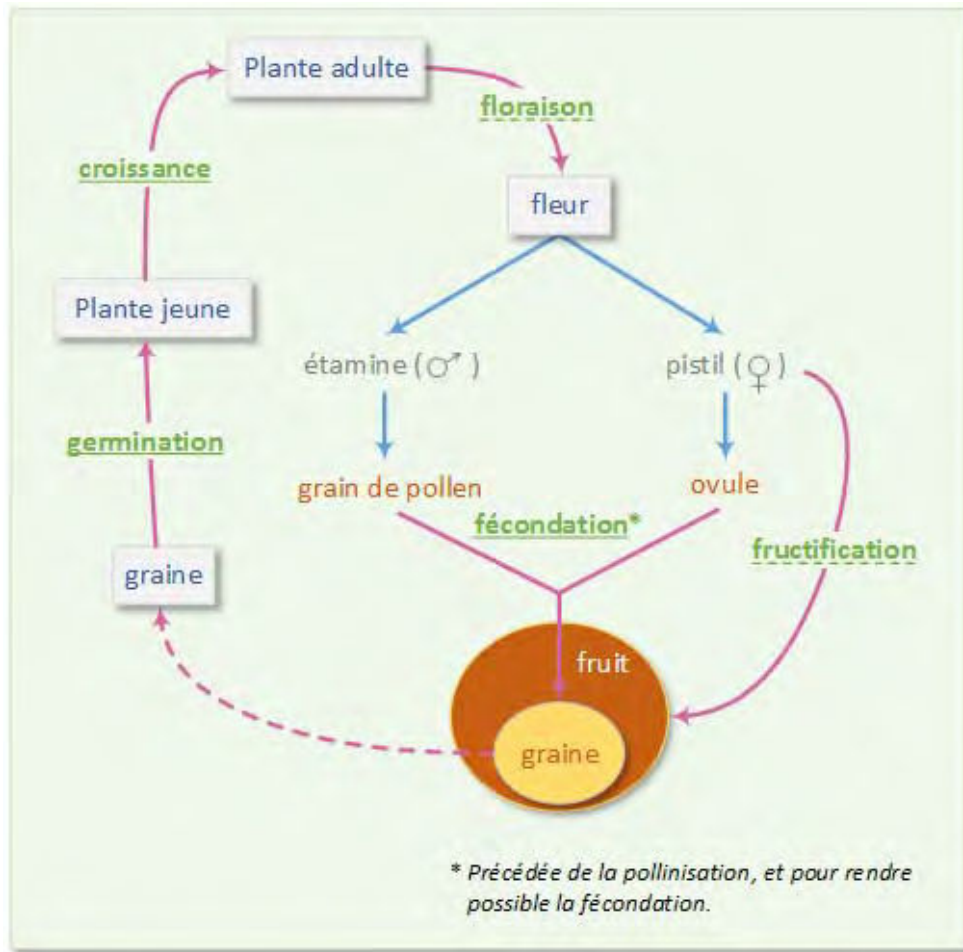
Figure 7-29. Formalisation des interactions langagières en jeu, visant à élaborer le cycle (simplifié) de développement / vie chez les angiospermes



Tout d'abord, ce moment structurant a été pour nous l'occasion de revenir, et plus particulièrement pour les CM2 de la classe de CM1 / CM2, sur le projet d'enseignement-apprentissage de l'année passée, et qui constituait notre premier recueil de données, lorsqu'il portait sur le thème d'étude de la nutrition végétale. Bien que les ressources nutritives des végétaux chlorophylliens aient été rappelées durant le débat scientifique, la sève élaborée dans un premier temps (Malo : « *de la sève élaborée.* »), et l'azote dans un second temps (Gabriel : « *c'est pas de l'azote ?* »), prennent une fois de plus la place de la réponse attendue et quant à ce qui peut être prélevé par le système aérien de la plante, à savoir le CO₂ (Nora : « *le gaz carbonique.* » Enseignant' : « *merci.* » Enseignant : « *le gaz carbonique. L'azote a la vie dure.* » Enseignant' : « *oui.* » Enseignant : « *eau. Minéraux. Soleil. Gaz carbonique.* » Enseignant' : « *donc vous... C'est vraiment... Voilà. Ce qu'on a fait l'année dernière c'était sur cette partie-là. D'accord.* »). Sachons voir néanmoins que l'eau (Aude : « *de l'eau.* ») et les substances minérales (Clémentine : « *de minéraux.* ») ne sont pas oubliées par ce qui peut être prélevé par le système souterrain de la plante, de même que le Soleil (Énora : « *du Soleil.* »), et bien qu'il ne soit pas un aliment, mais de l'énergie.

Ensuite, ce moment structurant a également été pour nous l'occasion de revenir sur la contrainte sur le modèle [ou les modèles] qui organise à lui seul l'ensemble des investigations empiriques menées sur ce projet d'enseignement-apprentissage, à savoir l'idée explicative qu'il faut qu'ait lieu la fécondation et puisque, justement, nous initions le cycle par la graine : ainsi fait, nous intégrons audit cycle le schéma (simplifié) de la fécondation chez les angiospermes (figure 7-28), et pour aboutir au cycle (simplifié) de développement / vie chez les angiospermes (figure 7-30).

Figure 7-30. Cycle (simplifié) de développement / vie chez les angiospermes



C'est alors que, de notre énoncé de départ, nous cherchons à situer le bleuet sur le cycle (simplifié) de développement / vie chez les angiospermes (figure 7-30) : sera d'abord proposé le stade de plante adulte (Clara : « *plante adulte.* »), puis la phase de croissance (Isaure : « *à la croissance.* »), pour qu'enfin soit entrevue la phase de floraison (Anaëlle : « *à la floraison.* ») et puisque, comme le souligne l'enseignant, nous nous intéressons bel et bien à une plante en fleur. Il est alors maintenant possible de situer notre bleuet aux diverses saisons que nous connaissons⁵²⁶, comme de répondre aux questions de notre énoncé de départ :

que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le bleuet ? D'un printemps à l'autre, le bleuet s'est reproduit ;

est-ce le même bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre bleuet ? C'est

526 À savoir l'été, l'automne, l'hiver (Enseignant : « *du coup l'hiver j'étais où ?* » Margaux : « *à la germination.* » Enseignant : « *j'étais certainement dans ce coin-là. C'est-à-dire que je ne voyais...* » Gabriel : « *... plus rien.* » Enseignant : « *... plus rien.* »)...

un autre (individu⁵²⁷) bleuet qui réapparaît au printemps suivant.

Enseignant : « là on est bien sur un cycle de vie d'une espèce. C'est-à-dire que... Est-ce que le bleuet que je vois là une fois que j'ai tourné... Est-ce que c'est le même individu ? Exactement le même bleuet que je revois ? »

XXX : « non. »

Enseignant : « Aude ? »

Aude : « non. »

Enseignant : « non. C'est un autre bleuet fait à partir de quoi ? »

Manon : « de graine. »

Enseignant : « de graine. »

Énora : « de la plante qui nous... qui a... »

Enseignant : « de la fleur qui a... »

Énora : « ... fané. »

Enseignant : « ... fané. »

Gabriel : « ... succédé. »

Enseignant : « voilà. Vous voyez que je le prends où je veux ce cycle. Si on voulait reprendre le cycle par rapport au problème que moi je vous ai posé... J'ai vu la fleur au moment où elle était certainement en train... Il y avait la pollinisation, la fécondation. Quand la fleur a fané... Que le fruit s'est ouvert... Que les graines sont tombées... Je ne voyais plus rien. Elle a refait une petite plante, une plante adulte. Et moi au printemps suivant je suis repassé à la fleur. D'accord. »

Jordan : « mais ça aurait fait quoi si on aurait (avait) enlevé graine et si on aurait (avait) mis fleur ? »

Enseignant : « je comprends pas. »

Margaux : « si à la place de graine tu avais mis fleur ? »

Jordan : « oui. »

Enseignant : « où ça ? »

XXX : « ben là. »

Enseignant : « là ? Si j'avais mis fleur là ? Eh ben tu prends et tu tournes. C'est-à-dire que ça fait ça. Et ça change rien. Regarde. Si je pars de la fleur là... Tu vois je pars de là... Après la fécondation, le fruit, la graine, la jeune plante, la plante adulte et je reviens à la fleur. C'est la même chose. Tu vois en fait c'est ça et je le tourne. »

De l'importance enfin, dans un cadre bachelardien, d'un registre empirique riche, tel un point d'ancrage solide au registre du modèle [ou des modèles], quand Malo peut alors narrer à ses camarades les pratiques familiales de jardinage –pour ce qui est du pois, et qui se basent précisément et sans le dire sur le cycle (simplifié) de développement / vie chez les angiospermes (figure 7-30). De l'importance aussi, dans un cadre vygotkien, de la tension qui peut exister entre concepts quotidiens et concepts scientifiques, quand Emma laisse alors

527 Alors que, comme le souligne l'enseignant, la notion de cycle de développement / vie impose de ne plus raisonner à l'échelle de l'individu, mais à l'échelle de l'espèce (qui, nous pouvons le rappeler, se définit *via* les critères d'interfécondité et de similitude).

entendre qu'une gousse de pois ne peut être un fruit, et puisqu'elle l'assimile à un légume. C'est pour nous l'occasion de rappeler encore que le fruit du botaniste correspond à la transformation du pistil de la fleur, après pollinisation et fécondation ; le légume, quant à lui, correspondant à un terme du langage courant en relation avec l'alimentation. En effet, si certains légumes sont des fruits, d'autres sont des racines (carotte), des tiges (cardon), des feuilles (épinard), voire des fleurs (artichaut).

Nota bene : reconnaissons toutefois qu'autrefois, le légume désignait bel et bien le fruit d'une famille de plantes, à savoir la famille des légumineuses (fève, haricot, pois...). Cependant, et par extension, l'ensemble des végétaux chlorophylliens consommés de semblable façon ont désormais ainsi été appelés, d'où le glissement de sens maintenant constaté.

Enseignant : « *qui a un parent qui fait du jardin et qui va utiliser ce cycle pour ne pas avoir à racheter de semences ? Malo ?* »

Malo : « *ben en fait il prend ceux qui sont bons. Il les met et ensuite il attend que la plante fane. Et donc les gousses de petits pois qui sont secs eh ben à l'intérieur il y a les graines. Et comme elles se sont ouvertes toutes seules eh ben il prend les graines et puis il les remet dans le sol.* »

Enseignant : « *très bien. L'année suivante qu'est-ce qu'il fait ?* »

Malo : « *il fait pareil.* »

Enseignant : « *il plante ses graines ?* »

Malo : « *il plante ses graines.* »

Enseignant : « *les graines donnent des...* »

Malo : « *... fruits.* »

Enseignant : « *... plantes. La plante donne des fleurs...* »

Malo : « *... et ensuite des fruits. Et il fait pareil.* »

Enseignant : « *et est-ce que vous en mangez ou il garde tout ?* »

Malo : « *on en mange.* »

Enseignant : « *ils en mangent mais ils en gardent un petit peu. Il garde quelques gousses de petits pois. Il garde des graines. Il les met de côté. L'année suivante au lieu de racheter des graines à la jardinerie il reprend ces graines-là. Il les replante et du coup il a besoin de personne.* »

Emmy : « *en fait il y va qu'un an.* »

Enseignant : « *en fait il y va la première fois pour acheter les premières graines et après il se débrouille tout seul.* »

Gabriel : « *non. Mais il y a des fois maître où ça marche pas ça.* »

Clara : « *oui. Il y a des fois où ça repousse pas.* »

Enseignant : « *ah... Ben quand tu plantes une graine tu as toujours le risque qu'il y ait un petit vers qui te l'ait croquée ou... Bien sûr. Moi l'année dernière j'ai planté plein de petits pois, plein de haricots verts. Les petits pois il y en a un quart qui a poussé. Les haricots verts... Sur une centaine de graines... Un. Les autres ils ont été mangés avant. J'ai recommencé. Là ça a marché. Ou ils ont*

eu trop froid. Je sais pas. Emma ? »

Emma : « mais comme les petits pois c'est (ce sont) des légumes ? »

Enseignant : « oui. »

Emma : « eh ben c'est pas un fruit. Alors comment ça se fait que ben ça fasse aussi une fleur si c'est un légume ? »

Enseignant : « eh ben parce qu'en fait ce que tu appelles... Ce que nous dans notre langage on appelle légumes ce sont les fruits de la plante. Sauf qu'on les appelle légumes. Parce que c'est une façon de parler. C'est comme quand tu disais les fruits il y a quelques temps et que pour toi la fleur de tulipe quand elle allait faire un fruit sec avec des petites graines dedans tu disais que c'était pas un fruit. Et en fait... Parce qu'il était pas charnu et que tu le croquais pas avec plein de jus. Eh ben c'est la même chose. Ce que tu appelles un légume... Attention. Pas tous les légumes hein... Pour les pommes de terre, les carottes c'est pas ça. Mais à partir du moment où tu as un légume qui a des graines à l'intérieur c'est que c'est pas... C'est qu'en fait c'est un... »

Emma : « ... fruit. »

Enseignant : « ... fruit. »

Margaux : « comme la tomate ? »

Enseignant : « comme la tomate. Comme les petits pois. En fait quand vous mangez des petits pois vous mangez quoi ? »

XXX : « des graines. »

Enseignant : « vous mangez des graines. Vous mangez les graines du petit pois. Et quand vous mangez des haricots verts vous mangez quoi ? »

Baptiste H. : « les graines du haricot vert. Ben à l'intérieur. »

Enseignant : « les graines et... »

Baptiste H. : « ... le haricot. »

Enseignant : « c'est-à-dire le... »

Margaux : « ... légume. »

Enseignant : « non. »

Clémentine : « ... fruit. »

Enseignant : « ... fruit. Le haricot quand tu manges tout, tu manges le fruit avec les petites graines qui sont dedans. »

Malo : « oui. Mais les pommes de terre c'est (ce sont) les graines xxx. »

Enseignant : « non. Les pommes de terre c'est (ce sont) pas des graines. C'est autre chose. Quand tu ouvres la pomme de terre... »

Malo : « ... tu as les graines. »

Enseignant : « ... est-ce que tu as l'impression... Ta pomme de terre elle fait d'autres pommes de terre ou elle fait un fruit dans lequel tu trouves des pommes de terre ? »

Malo : « elle fait une plante. »

Enseignant : « d'accord. Mais dedans est-ce que tu trouves un fruit qui donne... Est-ce que quand tu soulèves ça te donne un fruit et tu l'ouvres et tu trouves la pomme de terre ? »

Malo : « non. »

Enseignant : « donc c'est pas une graine. D'accord. Puisque les graines sont dans des... »

Malo : « ... fruits. »

Enseignant : « ... fruits. Donc... Voilà. C'est compliqué mais on peut dire que c'est pas une graine par rapport à ce qu'on vient d'apprendre. »

5. Discussion générale autour du second recueil de données

D'emblée, il paraît judicieux de préciser que, lors de ce second recueil de données, l'enseignant dont nous avons choisi de suivre l'activité se présentait au CAFIPEMF, et pour le passer avec succès. Naturellement, nous avons tenté de sensibiliser notre enseignant au cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, l'amenant alors à dépasser le point de vue du “Travail sur les représentations”, au profit du point de vue de la “Construction de problème” (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000) : il n'est donc pas impossible que, dans son activité même, nous n'en retirions quelques bénéfiques, et ce vis-à-vis du premier recueil de données.

5.1. Articulation de l'investigation à la problématisation sur le temps des investigations empiriques

Les investigations empiriques de ce second recueil de données, et comme nous avons déjà pu le constater, s'articulaient autour de l'étude du concept de fleur d'abord, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pistil, des concepts de fruit et de graine ensuite, du concept de fleur enfin, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pollen. Bien qu'il eût été sans doute malvenu d'associer l'investigation à un premier temps, et la structuration à un second temps (Giordan, 1983/1987), nous avons malgré tout décidé de procéder comme suit : aux trois premières séances (post-débat scientifique) l'investigation, à la quatrième séance (post-débat scientifique) la structuration, cependant que ce même procédé ne pouvait avoir de sens que pour l'enseignant, et non pour les apprenants. D'ailleurs, et de notre point de vue, le réel moment structurant de ce projet d'enseignement-apprentissage en sciences est intervenu lors du premier temps des investigations empiriques (séance du mardi dix mars deux-mille-quinze) lorsque, dans une salle annexe et attenante à la salle de classe, l'enseignant s'entretenait avec chaque groupe de travail de la classe autour de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule”. Ainsi fait, pas moins de quatre séances officiaient ici sur le temps des investigations empiriques. Dans le cadre même de la démarche d'investigation, nous prenions évidemment soin d'associer à chaque séance d'investigations empiriques une hypothèse de travail ; nous pouvons d'ailleurs, et par le biais de quelques questions, faire le rappel des hypothèses de travail testées sur le temps des investigations empiriques (tableau 7-16).

Tableau 7-16. Rappel des hypothèses de travail testées sur le temps des investigations empiriques

| |
|--|
| <p>Premier temps des investigations empiriques : séance du 10/03/2015 Étude du concept de fleur, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pistil</p> |
| <p>Avec le temps, que devient la fleur ? Elle fane et se transforme en un fruit.</p> |
| <p>Deuxième temps des investigations empiriques : séance du 17/03/2015 Étude des concepts de fruit et de graine</p> |
| <p>Que trouve-t-on dans le fruit ? Une ou plusieurs graines.</p> |
| <p>Troisième temps des investigations empiriques : séance du 20/03/2015 Étude du concept de fleur, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pollen</p> |
| <p>À quoi sert le pollen ? Il correspond au “spermatozoïde”.</p> |

Finale­ment, et revenant à la schématisation possible de l’“espace contraintes et nécessités” de la classe de CM1 / CM2 (figure 7-6), nous constatons sur le premier et le deuxième temps des investigations empiriques la mise au travail de telle ou telle contrainte sur l'empirique, avec :

lors de la séance du 10/03/2015, la stabilisation d'une fleur qui, avec le temps, fane et (donne une ou plusieurs graines et) se transforme en un fruit ;

lors de la séance du 17/03/2015, la stabilisation d'un fruit qui, avec le temps, se désolidarise de la plante mère et (tout en pourrissant) libère une ou plusieurs graines.

Nous parlons en effet de stabilisation car il n'est, à l'issue du débat scientifique, pas encore partagé de tous qu'une fleur, avec le temps, fane et (donne une ou plusieurs graines et) se transforme en un fruit. Plus précisément, et à l'issue de la préparation du débat scientifique, nous retrouvons-nous en effet face à une certaine divergence de points de vue, quand :

pour le groupe 1, une fleur, avec le temps, fane et donne plusieurs graines ;

pour le groupe 2, une fleur, avec le temps, donne une graine ;

pour le groupe 3, une fleur, avec le temps, fane ;

pour le groupe 4, une fleur, avec le temps, fane ;

pour le groupe 5, une fleur, avec le temps, fane (cependant que, juste après, est précisé que la pomme du pommier est issue de la fleur du pommier) ;

pour le groupe 5', une fleur, avec le temps, fane (cependant que, juste après, est précisé que la pomme du pommier est issue de la fleur du pommier).

Maintenant, et si la seconde contrainte sur l'empirique était déjà et pour ainsi dire partagée de toute la classe sur le temps du débat scientifique, il restait pour tous à se l'approprier telle une connaissance conceptuelle, ou connaissance-en-acte : est un fruit tout ce qui renferme une ou plusieurs graines ; et du quotidien vers le scientifique, la commutation de sens pour le fruit s'opère, mais seulement après le travail entrepris sur le deuxième temps des investigations empiriques. La filiation conceptuelle de l'une à l'autre séance d'investigations empiriques est donc évidente (figure 7-21) et, progressivement, nous organisons les concepts quotidiens de fleur, de fruit et de graine en système, en vue d'une conceptualisation désirée de ces mêmes concepts (Boyer, 1998, 2000).

Concernant le troisième temps des investigations empiriques, les choses sont quelque peu plus complexes et, finalement, l'hypothèse de travail testée ne peut se résumer à la mise au travail de telle ou telle contrainte ou nécessité. Il nous faut plutôt envisager les choses ainsi : c'est bien parce qu'il est question de graines⁵²⁸, et par conséquent de fécondation⁵²⁹ (et donc d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule”)⁵³⁰ que, nécessairement, la fleur n'ait d'autre raison que de s'impliquer dans la reproduction de la plante, ses racines, tiges et feuilles étant déjà au service de sa nutrition. Si, comme nous l'a appris le premier temps des investigations empiriques, le pistil est associé à l'ovule et correspond donc à la partie femelle de la fleur, il y a fort à parier que l'étamine corresponde à la partie mâle de la fleur : la fonction, le rôle du grain de pollen est ainsi tout trouvé, théoriquement parlant tout du moins. Nous sommes là au cœur de la construction du problème car, de fait, nous assistons bien à une mise en concordance, en relation, en tension du registre empirique et du registre du modèle [ou des modèles], que nous pouvons d'ailleurs aisément illustrer, avec :

la nécessité d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule” (nécessité sur le modèle [ou les modèles]), pour rendre possible la fécondation (figure 7-24), qui donne naissance à la nécessité pour la fleur de se composer de parties mâle et femelle (nécessité sur l'empirique) ;

528 Nous pensons notamment aux contraintes sur l'empirique qui suivent : une plante est issue d'une graine & un fruit, avec le temps, se désolidarise de la plante mère et (tout en pourrissant) libère une ou plusieurs graines.

529 Nous pensons notamment à la contrainte sur le modèle [ou les modèles] qui suit : il faut qu'ait lieu la fécondation.

530 Nous pensons notamment aux nécessités sur le modèle [ou les modèles] qui suivent : nécessité d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule” & nécessité d'une rencontre de gamètes.

la nécessité d'une rencontre de gamètes (nécessité sur le modèle [ou les modèles]), rendue possible par la pollinisation (figure 7-24), qui donne sens à ce que, *via* le vent ou les insectes, le pollen est transporté de fleur en fleur (contrainte sur l'empirique).

Si, ce qui est notre postulat, toute activité scientifique se résume à un va-et-vient permanent entre un champ empirique, en cela le monde des faits constatables (expérimentation & observation, vécu), et un champ des modèles, en cela le monde des idées explicatives (modèles), alors l'activité d'apprentissage que nous apprécions ici-même sur le temps des investigations empiriques peut être qualifiée de scientifique et, par conséquent, de problématisante : ainsi fait, l'articulation de l'investigation à la problématisation a bel et bien ici lieu.

5.2. Construction de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule” : un cas d'étude, la séance portant sur le concept de fleur, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pistil

Dans sa globalité, nous pouvons encore résumer un raisonnement-clef, et qui s'est joué sur le temps du débat scientifique : c'est bien parce qu'il est question de graines⁵³¹, et par conséquent de fécondation⁵³² (et donc d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule”)⁵³³ que, nécessairement, la fleur n'ait d'autre raison que de s'impliquer dans la reproduction de la plante, ses racines, tiges et feuilles étant déjà au service de sa nutrition. Basculant alors sur le temps des investigations empiriques, le premier temps de la séance⁵³⁴ portant sur le concept de fleur, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pistil, se déroula comme suit, avec :

d'abord, un temps de rappel du raisonnement-clef résumé ci-avant ;

ensuite, des activités d'investigation, sous la forme d'une documentation ;

enfin, des activités d'investigation, sous la forme d'une expérimentation / observation.

531 Nous pensons notamment aux contraintes sur l'empirique qui suivent : une plante est issue d'une graine & un fruit, avec le temps, se désolidarise de la plante mère et (tout en pourrissant) libère une ou plusieurs graines.

532 Nous pensons notamment à la contrainte sur le modèle [ou les modèles] qui suit : il faut qu'ait lieu la fécondation.

533 Nous pensons notamment aux nécessités sur le modèle [ou les modèles] qui suivent : nécessité d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule” & nécessité d'une rencontre de gamètes.

534 Qui se déroula en fin de matinée.

Tout d'abord, les activités d'investigation, sous la forme d'une documentation, visaient la mise au travail, et comme nous avons déjà pu le souligner, de la contrainte sur l'empirique d'une fleur qui, avec le temps, fane et (donne une ou plusieurs graines et) se transforme en un fruit. En d'autres termes, nous nous attelions à répondre à la question Avec le temps, que devient la fleur ? Et de sa solution proposée, à savoir la réponse Elle fane et se transforme en un fruit. Mais ces mêmes activités allaient plus loin encore, en précisant la réponse précédente, par le biais de questions plus précises, et que sont (figure 7-21) :

de quelle partie de la fleur est issu le fruit ? Le pistil ;

de quelle partie (de la fleur) est issue la graine ? L'ovule.

Ensuite, les activités d'investigation, sous la forme d'une expérimentation / observation, au travers de la dissection d'une fleur⁵³⁵ de tulipe, visaient la recherche des différents verticilles protecteurs et reproducteurs. En effet, nos activités précédentes, sous la forme d'une documentation, évoquaient diverses pièces florales, telles que les carpelles, les étamines, les pétales, les sépales, et qu'il nous fallait rendre concrètes. Typiquement, ce genre d'investigations prend la forme de "l'instanciation" des modèles, en cela la troisième fonction des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003), et puisqu'il ne s'agit là que d'investigations empiriques qui affinent, qui précisent un modèle que, en l'état actuel des choses, il n'est pas question de remettre en cause.

Vint ensuite le second temps de la séance⁵³⁶ portant sur le concept de fleur, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pistil. Il s'agissait là, en quelque sorte, de poser à chacun les germes d'un problème, dans sa dimension épistémologique : en somme, que l'on retrouve, au niveau même du savoir, l'idée de l'énigme et de la controverse (Fabre, 1993). Souvenons-nous que, à l'issue du premier temps de la séance, les savoirs scientifiques sont ainsi arrêtés : le fruit est issu du pistil de la fleur, la graine est issue de l'ovule du pistil de la fleur. Or, et du travail antérieurement mené sur le thème d'étude de la reproduction animale, l'on sait... ou devrait savoir, qu'un ovule et un spermatozoïde sont nécessaires à la formation de la graine ; bien que ce dernier point ait été rappelé sur le temps du débat scientifique, l'idée

535 À raison d'une fleur par binôme, en conservant les groupes de travail.

536 Qui se déroula en début d'après-midi.

explicative d'une graine qui soit issue d'un ovule, et d'un ovule seulement, ne heurta pourtant aucun apprenant. D'où l'utilité sur le temps de l'investigation, et par le biais de l'enseignant, de devoir réintroduire la nécessité d'un "spermatozoïde" et d'un "ovule", travaillée sur le temps de la problématisation. Finalement, nous opérons là une centration portant sur une partie de la schématisation possible de l'"espace contraintes et nécessités" de la classe de CM1 / CM2 (figure 7-8), centration notamment organisée autour de la nécessité d'un "spermatozoïde" et d'un "ovule". Concrètement, et s'adressant successivement⁵³⁷ à chaque groupe de travail de la classe, l'enseignant rappela d'abord les savoirs scientifiques issus du premier temps de la séance, et posa ensuite le problème discuté ci-avant, au travers de l'intervention qui suit : pourtant, l'on sait que, dans la reproduction humaine, un ovule et un spermatozoïde sont nécessaires à la formation de la graine. C'est alors que, les groupes 1, 2, 3, 4, 5 et 5' envisagèrent tous la nécessité d'un "spermatozoïde" (figure 7-9 ; figure 7-10 ; figure 7-11 ; figure 7-12 ; figure 7-13 ; figure 7-14) ; quant à l'émission d'une possible hypothèse au sujet de la nature de ce qui apporte le "spermatozoïde", seuls les groupes 2 et 5 émettent respectivement l'hypothèse de l'étamine et du pollen à ce sujet ce qui, au demeurant, sera bien évidemment confirmée, validée par l'expérience, mais ultérieurement. Il apparaît donc bel et bien que de tels moments structurants permettent, à l'appui de l'outil que représente notre "espace contraintes et nécessités", de poursuivre sur le temps des investigations empiriques la problématisation engagée sur le temps du débat scientifique.

5.3. Construction de relations entre concepts : un cas d'étude, la séance structurant les concepts de fleur, de fruit et de graine

Tout d'abord, et de façon quelque peu formelle, sommes-nous revenus lors du premier temps de la séance sur chacune de nos investigations empiriques passées, le bilan de chaque séance d'investigations empiriques s'effectuant à l'appui de l'énoncé "structurant" d'un groupe de travail de la classe (figure 7-25 ; figure 7-26 ; figure 7-27). Sachons voir que de tels « *moments de travail collectif en groupe classe sont aussi l'occasion d'organiser des débats à partir de la comparaison des résultats des travaux de groupes. Ils peuvent répondre à des objectifs différents selon les cas et sont souvent utilisés pour formaliser les savoirs qui ont été travaillés par la classe. Ces phases, qui sont indispensables pour la réorganisation des*

⁵³⁷ Et non simultanément ; concrètement, l'entretien en question avait lieu dans une salle annexe et attenante à la salle de classe.

connaissances, servent à établir un consensus autour d'énoncés assumés par chacun ; elles participent à la construction d'une communauté discursive dans la classe. » (Schneeberger, 2002, p. 50-51). Au final, et de la nécessité pour la fleur de se composer de parties mâle et femelle, nous aboutissons au schéma (simplifié) de la fécondation chez les angiospermes (figure 7-28), et puisque, d'une autre façon, l'on sait que, dans la reproduction humaine, un ovule et un spermatozoïde sont nécessaires à la formation de la graine :

au premier temps des investigations empiriques doit-on d'abord le rapprochement explicite du pistil de l'organe femelle (lors du premier temps de la séance), et le rapprochement implicite de l'étamine de l'organe mâle (lors du second temps de la séance) ;

au troisième temps des investigations empiriques doit-on ensuite le rapprochement explicite de l'étamine de l'organe mâle.

Rappelons, et cela n'est pas sans hasard, que le premier et le troisième temps des investigations empiriques portent tous deux sur le concept de fleur, et plus particulièrement les conceptualisations scientifiques respectives du pistil et du pollen. Preuve qu'il s'agit toujours là d'identifier et de mettre en concordance, en relation, en tension le monde des faits constatables et le monde des idées explicatives, nous pouvons encore énumérer les diverses contraintes et nécessités ici mobilisées afin, et même si cela n'est pas ainsi dit, de parvenir au schéma (simplifié) de la fécondation chez les angiospermes (figure 7-28), à savoir :

qu'une plante est issue d'une graine, en termes de contrainte sur l'empirique ;

qu'il faut qu'ait lieu la fécondation, en termes de contrainte sur le modèle [ou les modèles] ;

la nécessité pour la fleur de se composer de parties mâle et femelle, en termes de nécessité sur l'empirique ;

la nécessité d'un "spermatozoïde" et d'un "ovule", et la nécessité d'une rencontre de gamètes, en termes de nécessités sur le modèle [ou les modèles].

Ensuite, et de façon quelque peu plus concrète, sommes-nous revenus lors du second temps de la séance sur l'énoncé de départ qui, nous l'espérons, aiderait à la position, et si ce n'est à la perception du problème par les apprenants ; nous le représentons ici-même : lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui

s'appelle le bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du bleuet en fleur dans la nature. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le bleuet ? Est-ce le même bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre bleuet ? C'est alors que, afin de traiter à nouveau le problème de départ, nous revenons au dispositif même de notre "situation de pratique scolaire", et qui n'est autre que l'axe vertébral de notre projet d'enseignement-apprentissage, avec :

un but de tâche, lorsqu'il s'agit ici d'expliquer, à l'aide d'un cycle et de mots, la vie du bleuet d'un printemps à l'autre ;

des contraintes de réalisation, lorsqu'il est proposé, ou plutôt imposé, une liste de mots⁵³⁸. Aussi, le cycle tournera-t-il dans le sens des aiguilles d'une montre ;

des critères de réussite, lorsque le cycle proposé apportera une solution, sans contestation possible, au problème de départ.

Le cycle proposé, lorsqu'il intègre le schéma (simplifié) de la fécondation chez les angiospermes (figure 7-28), nous permet alors d'aboutir au cycle (simplifié) de développement / vie chez les angiospermes (figure 7-30) lequel, de notre point de vue, nécessite l'articulation de différents concepts scientifiques. Sur la forme d'abord, le cycle proposé nécessite la maîtrise d'un concept de base, à savoir le cycle de l'eau, antérieurement travaillé de tous. Sur le fond ensuite, le cycle proposé se prête à l'intégration d'un réseau de concepts scientifiques : celui de la nutrition végétale, travaillé l'année passée et pour moitié⁵³⁹ de la classe concernée, celui de la reproduction végétale. Mais plus encore, le concept de la reproduction végétale s'est lui-même construit sur la base du concept de la reproduction animale, lorsque l'on sait effectivement que, dans la reproduction humaine, un ovule et un spermatozoïde sont nécessaires à la formation de la graine. Ainsi, on le voit bien, le concept même de la reproduction végétale ne peut et ne prend ici tout son sens qu'au travers de l'intégration d'un réseau de concepts scientifiques : c'est, et pour nombre d'entre nous, une forme possible des activités de structuration en sciences.

538 Qui doivent n'être utilisés qu'une fois seule.

539 En effet, les CM1 de la classe de CM1 / CM2 de l'année scolaire 2013/2014 sont, on l'imagine fort bien, devenus les CM2 de la classe de CM1 / CM2 de l'année scolaire 2014/2015.

5.4. Observation de l'activité langagière dans les activités scientifiques

D'une tendance trop souvent retrouvée, et où l'on isole volontiers les activités cognitives des activités langagières, le cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons souhaite ne pas se méprendre à ce sujet, et de bien envisager le langage, telle une activité consubstantielle de l'activité scientifique. En d'autres termes, tout apprentissage scientifique demeure étroitement lié aux pratiques socio-langagières du domaine des sciences –de la vie pour ce qui nous concerne ; plus encore, tout apprentissage scientifique nous rend acteur dudit domaine, d'où l'appropriation nécessaire des pratiques socio-langagières fondant alors sa propre cohérence. En effet, un discours scientifique qui ne se contredit pas requiert, nécessairement, la construction de ce que l'on pourrait finalement appeler des stratégies langagières ; de fait, les savoirs scientifiques sont indissociables des stratégies langagières, et leurs constructions ne peuvent être que conjointes, c'est-à-dire en pleine relation. Cependant, l'on imagine sans peine que ces diverses stratégies, cognitivo-langagières au sens large, ne correspondent pas, ou très mal, aux pratiques langagières familières de nos jeunes apprenants. De ce point de vue, l'enjeu de tout projet d'enseignement-apprentissage en sciences est donc clair : rendre possible, et pour le plus grand nombre, l'appropriation de stratégies langagières, sans quoi la même appropriation de savoirs scientifiques semble hors de portée. C'est pourquoi l'observation de l'activité langagière dans les activités scientifiques ne peut qu'apporter à notre approche initiale, et pour l'essentiel épistémologique, à savoir celle de la construction du problème en sciences.

Puisque les oraux, mais également les écrits réflexifs sont, pour ainsi dire et pour nous « *des lieux privilégiés d'acculturation aux pratiques scientifiques.* » (Jaubert & Rebière, 2000, p. 174), nous avons, dans le cadre de ce second recueil de données, systématiquement demandé à chaque groupe de travail de la classe la mise au point, à l'issue de chaque séance d'investigations empiriques, d'un énoncé que l'on espère scientifique et qui résumerait le savoir nouvellement acquis, voire la recherche de l'explication en jeu. Afin d'apprécier à sa juste mesure l'appropriation du savoir scientifique en jeu, chaque énoncé “structurant” (portant sur le concept de fleur, ou bien les concepts de fruit et de graine), et puisque c'est ainsi que nous les avons qualifiés, a été l'objet d'une analyse épistémologico-langagière, à la façon de Lhoste (2008a), voire Gobert (2014). L'enjeu, est ici clairement de relever diverses traces langagières qui tendent à suggérer une secondarisation du discours, et pour finalement

montrer une poursuite de la problématisation sur le temps de l'investigation ; car nous pouvons le rappeler, à la mise en concordance, en relation, en tension du registre empirique et du registre du modèle [ou des modèles], sur le plan épistémologique, équivaut un discours scientifique qui se secondarise, sur le plan langagier (Lhoste, 2008a). C'est ainsi que, à l'issue de chaque séance d'investigations empiriques, nous avons pu mener l'analyse langagière de chaque énoncé “structurant” de chaque groupe de travail, au regard de trois critères distincts, mobilisant alors le genre du texte, l'objet de savoir du texte, et l'architecture interne du texte. Concernant d'abord le genre du texte, nous remarquons une tendance assez forte à la description, et plus qu'à l'explication, ce qui pourrait être regretté ; néanmoins, sachons voir que l'une et l'autre sont souvent mêlées ici, et que, fondamentalement, la seconde prend toujours appui sur la première. Concernant ensuite l'objet de savoir du texte, force est de constater, et qu'il s'agisse du premier, du deuxième ou du troisième énoncé “structurant”, l'usage d'un vocabulaire pour le plus souvent riche et précis. Concernant enfin l'architecture interne du texte, le discours mobilisé eut été tantôt théorique, tantôt en situation, voire les deux à la fois, la polyphonie (Jaubert, 2000, 2007) du discours, et donc l'hétéroglossie (Bakhtine, 1978, 1984) nous paraissant, quant à elle, au mieux orchestrée la plupart du temps : c'est là selon nous un élément, et non des moindres, qui nous montre une amorce de la secondarisation du discours analysé, nous permettant ainsi de glisser progressivement de discours de genre premier à des discours de genre second. Amorcée sur le temps du débat scientifique, la problématisation semble donc se poursuivre sur le temps des investigations empiriques, ce qui n'était, ni plus ni moins, que l'objectif que nous nous étions assignés.

5.5. Retour sur la question de recherche, de sa première formulation à sa seconde formulation

Le modèle d’“investigation-structuration” se traduit, lors de ce second recueil de données, de deux façons différentes : d'une part en terminant, après trois séances d'investigation, par une quatrième séance de structuration, d'autre part en consacrant un temps de travail particulier lors de la séance du mardi dix⁵⁴⁰ mars deux-mille-quinze, portant sur le concept de fleur, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pistil. Si, et pour chaque séance d'investigation, nous nous donnions les moyens d'aboutir à un énoncé “structurant”, car récapitulant les différents résultats de telle ou telle expérimentation, de telle ou telle

540 Et, dans une moindre mesure, dix-sept.

hypothèse de travail, le temps de travail particulier de la séance du mardi dix⁵⁴¹ mars deux-mille-quinze se voulait intéressant à plus d'un titre : sur la forme d'abord, lorsque l'enseignant s'adresse successivement⁵⁴² à chaque groupe de travail de la classe, sur le fond ensuite, lorsqu'en travaillant ici-même la nécessité sur le modèle [ou les modèles] d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule”, nous travaillons finalement l'un des deux phénomènes essentiels à la reproduction sexuée des angiospermes, à savoir le phénomène de la fécondation. En effet c'est bel et bien parce, qu'à ce stade du projet d'enseignement-apprentissage, l'idée explicative qu'une graine est issue d'un ovule, et d'un ovule seulement, perdure, qu'il nous faut rappeler que l'on sait que, dans la reproduction humaine, un ovule et un spermatozoïde sont nécessaires à la formation de la graine. C'est là selon nous, et à l'issue du débat scientifique, une réelle tentative de problématisation sur le temps des investigations empiriques, et puisque mobilisant le travail de diverses contraintes et nécessités (figure 7-8) ; en somme, d'une articulation possible de l'investigation à la problématisation qui, pour sûr, valide l'hypothèse de travail que nous avons faite. En outre, remarquons que, globalement, les intérêts respectifs du premier et du troisième temps des investigations empiriques se dessinaient ainsi, avec :

pour le premier temps des investigations empiriques, c'est-à-dire la séance portant sur le concept de fleur, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pistil, l'intérêt de construire la nécessité d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule”, afin de traduire le phénomène de la fécondation ;

pour le troisième temps des investigations empiriques, c'est-à-dire la séance portant sur le concept de fleur, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pollen, l'intérêt de construire la nécessité d'une rencontre de gamètes, afin de traduire le phénomène de la pollinisation.

Basculant sur la seconde formulation de la question de recherche, laquelle s'intéresse à la fonction didactique du moment que représentent les investigations empiriques au sein d'un quelconque projet d'enseignement-apprentissage en sciences, nous pouvons globalement regrouper lesdites investigations de la sorte, à savoir :

que d'une part, sous la forme d'une expérimentation / observation, nos activités

541 Et, dans une moindre mesure, dix-sept.

542 Et non simultanément ; concrètement, l'entretien en question avait lieu dans une salle annexe et attenante à la salle de classe.

d'investigation prenaient la pseudo-forme de la mise à l'épreuve d'un modèle, en cela la première fonction des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003) ;

et que d'autre part, sous la forme d'une documentation, nos activités d'investigation prenaient la forme de la mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques, en cela la deuxième fonction des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003).

Tout d'abord, et de celles qui prennent la forme d'une expérimentation / observation, avons-nous deux exemples : la séance du mardi dix mars deux-mille-quinze d'abord, la séance du mardi dix-sept mars deux-mille-quinze ensuite. La première, portait sur le concept de fleur, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pistil : il s'agissait là, sur le premier temps de la séance, de visualiser les différents verticilles protecteurs et reproducteurs, et dont il venait d'être question dans la documentation travaillée. Nous comprenons qu'il est un tant soit peu abusif de parler alors d'une mise à l'épreuve d'un modèle, à moins de clairement jeter le doute sur la qualité des informations apportées, telles que le calice (formé par l'ensemble des sépales), la corolle (formée par l'ensemble des pétales), l'androcée (formé par l'ensemble des étamines), et le gynécée ou pistil (formé par l'ensemble des carpelles), composent une fleur complète, voire bisexuée, c'est-à-dire une fleur parfaite. Pour autant, nous ne pouvons attribuer à de telles investigations la forme de "l'instanciation" des modèles, en cela la troisième fonction des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003), et puisque s'il s'agit bien là ni plus ni moins que d'informations que l'on prend seulement sur notre registre empirique, ces mêmes informations étaient déjà en notre possession, de par la documentation travaillée. La deuxième, portait sur les concepts de fruit et de graine : il s'agissait là, sur le second temps de la séance, de faire le constat d'une pomme qui comporte des "pépins" (pour le groupe 1), d'une tomate qui comporte des "pépins" (pour le groupe 2), d'une poire qui comporte des "pépins" (pour le groupe 3), d'un citron qui comporte des "pépins" (pour le groupe 4), d'un kiwi qui comporte des "grains" (pour le groupe 5), et d'une mangue qui comporte un "noyau" (pour le groupe 5') : en somme, d'une stabilisation de la contrainte sur l'empirique d'un fruit qui, avec le temps, se désolidarise de la plante mère et (tout en pourrissant) libère une ou plusieurs graines. Ici-même, la vérification de notre contrainte sur l'empirique peut plus raisonnablement s'envisager dans le cadre de la mise à l'épreuve d'un modèle, et pour ceux d'entre nous qui n'avaient pas construit ladite contrainte ; pour les autres, nous retombons évidemment sur le cas de figure précédent, où l'expérimentation / observation ne sert tout au plus qu'à illustrer.

Ensuite, et de celles qui prennent la forme d'une documentation, prendrons-nous l'exemple de la séance du vendredi vingt mars deux-mille-quinze, laquelle portait sur le concept de fleur, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pollen. Sur le temps de cette séance, nous pouvons rappeler que, du travail des groupes 1, 2 et 3, nous parvenions d'abord aux associations suivantes (figure 7-24) : pistil \rightarrow organe ♀ \rightarrow ovule (voir pour cela l'intervention de Baptiste H.), et étamine \rightarrow organe ♂ \rightarrow grain de pollen (voir pour cela l'intervention de Margaux). Puis, du travail des groupes 4, 5 et 5', nous parvenions ensuite aux conclusions suivantes (figure 7-24) : quand on met du pollen sur le pistil de la fleur, le pistil grossit pour former un fruit avec des graines (voir pour cela l'intervention d'Élise), et quand on ne met pas du pollen sur le pistil de la fleur, la fleur fane et il n'y a, ni fruit ni graines (voir pour cela l'intervention de Clémentine). Ainsi fait, et si les groupes 2 et 5 avaient déjà, sur le premier temps des investigations empiriques, respectivement envisagé la correspondance de l'étamine et du pollen, au “spermatozoïde”, nous en avons là la certitude, le transport dudit pollen ayant, quant à lui, déjà été envisagé sur le temps du débat scientifique comme usant du vent ou des insectes. Cette même nécessité du “spermatozoïde”, soulevée lors du moment structurant du premier temps des investigations empiriques, se voit alors mis en exergue par le biais de deux expérimentations schématisées, lesquelles montrent à l'évidence que le pollen est indispensable dans la transformation du pistil en fruit. Là encore, nous embrassons bien un va-et-vient permanent entre le monde des faits constatables (expérimentation & observation, vécu) et le monde des idées explicatives (modèles), l'identification et la mise en concordance, en relation, en tension de ces deux registres aboutissant à la construction de problèmes scientifiques. En outre, nous confirmons, validons là l'hypothèse de travail de la séance du jour, à savoir que le pollen correspond au “spermatozoïde” (voir pour cela l'intervention de Gabriel), et infirmons, invalidons par la même occasion une idée explicative qui avait déjà eu cours lors du débat scientifique, à savoir celle d'un pollen qui correspond à la future graine (voir pour cela l'intervention de Malo) (figure 7-22). Finalement, et de tout cela, se trouvent bel et bien là mises au travail, sur le temps de cette séance, la nécessité d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule”, pour rendre possible la fécondation, et la nécessité d'une rencontre de gamètes, rendue possible par la pollinisation (figure 7-22 ; figure 7-24).

Notons simplement que nous reviendrons plus tard (lors du chapitre 8) sur ces différentes questions, et infléchirons sans doute quelques prises de position, ici défendues.

Envisagée, de par son lien avec l'expérimental, telle une solution épistémologique satisfaisante à notre problématique de recherche, la nécessité sur l'empirique est encore à l'œuvre sur ce second recueil de données, au travers de la nécessité pour la fleur de se composer de parties mâle et femelle. Construite à l'aide de l'enseignant, et avec insistance lors du débat scientifique, elle est immédiatement réactivée lors de la séance du mardi dix mars deux-mille-quinze, c'est-à-dire lors de la bascule que nous opérons du temps du débat scientifique sur le temps des investigations empiriques. Nous pouvons une fois encore en rappeler sa construction : c'est bien parce qu'il est question de graines⁵⁴³, et par conséquent de fécondation⁵⁴⁴ (et donc d'un "spermatozoïde" et d'un "ovule")⁵⁴⁵ que, nécessairement, la fleur n'ait d'autre raison que de s'impliquer dans la reproduction de la plante, ses racines, tiges et feuilles étant déjà au service de sa nutrition. À terme, cette nécessité sur l'empirique sera finalement vérifiée en deux temps, avec :

d'abord, lors du premier temps des investigations empiriques, lorsque la séance porte sur le concept de fleur, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pistil, c'est-à-dire de la partie femelle de la fleur ;

ensuite, lors du troisième temps des investigations empiriques, lorsque la séance porte sur le concept de fleur, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pollen, c'est-à-dire de la partie mâle de la fleur.

543 Nous pensons notamment aux contraintes sur l'empirique qui suivent : une plante est issue d'une graine & un fruit, avec le temps, se désolidarise de la plante mère et (tout en pourrissant) libère une ou plusieurs graines.

544 Nous pensons notamment à la contrainte sur le modèle [ou les modèles] qui suit : il faut qu'ait lieu la fécondation.

545 Nous pensons notamment aux nécessités sur le modèle [ou les modèles] qui suivent : nécessité d'un "spermatozoïde" et d'un "ovule" & nécessité d'une rencontre de gamètes.

Chapitre 8. Discussion générale

Introduction

Nous avons, au cours de ces deux derniers chapitres, analysé d'abord, et discuté ensuite les résultats de l'un et l'autre recueils de données, lesquels ont alors, nous l'espérons, participé à la validation de notre hypothèse de travail, quand le modèle d'«investigation-structuration» rend possible l'articulation de l'investigation à la problématisation. Cela fait, nous souhaiterions dorénavant prendre quelque peu du recul et, d'une certaine façon, assurer la décontextualisation de nos résultats de recherche respectifs. C'est pourquoi nous devons sur le temps de ce chapitre apporter quelques éléments d'ordre théorique d'une part, et repenser notre problématique de recherche de la façon la plus systémique possible d'autre part, c'est-à-dire en intégrant et reliant au mieux les grands concepts théoriques développés tout au long de ce manuscrit de recherche : le tout, bien évidemment, sans se départir des éléments qu'ont pu nous apporter nos études empiriques.

Pour ce faire, nous bousculerons dans une première partie la démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences expérimentales et technologie ou, plus précisément, de ses mérites trop souvent attribués, dans une perspective assurément plus psychologique qu'épistémologique. Puisque, et c'est notamment là que le bât blesse, la démarche d'investigation relève de ce que l'on appelle une tâche faiblement structurée ou, plus justement, un ensemble de tâches faiblement structurées, le modèle d'«investigation-structuration» que nous développerons dans une deuxième partie se révèle à l'évidence être la solution, lorsqu'il représente une forme possible de guidage fort de la démarche d'investigation. En d'autres termes, et sous l'habillage du modèle d'«investigation-structuration», s'effaceraient alors les reproches formulés à l'endroit de la démarche d'investigation, par les psychologues. Plus encore, le modèle d'«investigation-structuration», en la réduisant, semble pouvoir répondre à cette contradiction, à cette tension fondamentale de l'apprentissage (Astolfi, 1992), et où la logique du savoir rencontre celle de l'apprenant. Comme le laissent entendre Vérin et Peterfalvi (1985) : aux activités d'investigation le respect des principes du constructivisme psychologique, et de ses processus d'auto-structuration (Not, 1979/1988), aux activités de structuration le respect des principes du constructivisme épistémologique, et de ses processus d'hétéro-structuration (Not, 1979/1988). D'une autre façon, nous faudra-t-il comprendre que la construction du problème en jeu, à laquelle peuvent

alors participer les activités d'investigation, n'est rien si la décontextualisation dudit problème, et à laquelle peuvent alors participer les activités de structuration, ne lui fait pas suite. Où, dans une perspective vygotkienne, d'un espace pour une forme possible de guidage, telle une assistance au contrôle de l'activité même de l'apprenant, et dans sa zone prochaine de développement, avant même qu'il ait intériorisé ledit contrôle. C'est ainsi que, pour mieux comprendre la philosophie du modèle d'«investigation-structuration», nous reviendrons dans une troisième partie sur les trois sens du constructivisme. Avec, une fois encore, pour les activités d'investigation le respect de la thèse piagétienne, et lorsque l'on n'oublie pas la prise en compte des structures cognitives de l'apprenant, qu'il s'agira de transformer, pour les activités de structuration le respect de la thèse bachelardienne, et lorsque l'on n'oublie pas les problèmes qui ont donné naissance aux réponses, aux résultats de notre discipline. En somme, pour les premières le primat du sujet (connaissant) lorsque le savoir se construit à l'appui de l'expérience de notre personne, pour les secondes le primat de l'objet (à connaître) lorsque le savoir se construit à l'encontre de l'expérience de notre personne. En sciences, nous montrerons alors que le modèle d'«investigation-structuration» est en totale adéquation avec le constructivisme pédagogique, qui ne représente ni plus ni moins que la synthèse du constructivisme psychologique et du constructivisme épistémologique, lorsqu'il nous faille d'abord «faire avec», pour ensuite «aller contre» (Giordan & de Vecchi, 1987) : ou (d'une synthèse) d'une pédagogie qui se rattache à la fois à l'éducation nouvelle et à l'éducation traditionnelle. Nous insisterons dans une quatrième partie sur la fonction d'étayage, de tutelle de l'enseignant (Bruner, 1983/1996) qui, sur le temps des activités de structuration, permet de s'inscrire dans cette dynamique de l'hétéro-structuration du savoir et, par voie de conséquence, du registre épistémologique du constructivisme. Après quoi, et basculant de la question de l'enseignement à la question de l'apprentissage, nous dévoilerons dans une cinquième partie tout l'intérêt des productions langagières intermédiaires, qu'il s'agisse d'énoncés négociés ou d'énoncés «structurants», fort utiles au bon déroulement de nos activités de structuration : ce sera alors l'occasion d'un certain renversement d'une perspective bachelardienne à une double perspective vygotkienne et bakhtinienne de l'apprentissage en sciences ; ou, mieux encore, d'en envisager la dialectique. Si le modèle d'«investigation-structuration» représente en sciences (la synthèse d'une pédagogie qui se rattache à la fois à l'éducation nouvelle et à l'éducation traditionnelle, la «situation de pratique scolaire» dont nous avons fait le choix, à l'initial, également : ainsi, nous démontrerons dans une sixième partie que le modèle d'«investigation-structuration» représente la forme même de la «situation de pratique scolaire» en sciences, le tout notamment à l'appui de différentes logiques, productive pour l'une,

constructive pour l'autre, de l'activité, et que l'on retrouve pareillement dans ces deux dispositifs. Dans la continuité de ce propos, nous synthétiserons alors la structure d'un projet d'enseignement-apprentissage en sciences, étape par étape, et de ses fonctions associées, au regard de tous nos grands concepts théoriques. Au vu de la nature même des investigations empiriques, dans l'activité de recherche scientifique, comme dans l'activité d'apprentissage scientifique, nous confirmerons dans une septième partie que le modèle d'"investigation-structuration" représente l'une des solutions les plus assurées à qui souhaite des investigations empiriques problématisantes ; le tout en privilégiant toujours, pour nos activités d'investigation, la deuxième fonction des investigations empiriques, à savoir la mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003). Enfin, et lorsque le modèle d'"investigation-structuration" représente une solution au double écueil de la pédagogie de la réponse et de la pédagogie de la question, nous révélerons dans une huitième partie que, par le biais de la situation-problème, ledit modèle permet de travailler au mieux la question du sens.

S'opposant à une épistémologie empiriste de l'activité scientifique, Giordan (1978a, 1978b) a, pour sa part, de beaucoup contribué à dénoncer entre autres la fantasmagorique démarche OHERIC. L'appel à l'histoire des sciences (Canguilhem, 1968), et quand ce n'est à la philosophie des sciences (Monod, 1970), y est évidemment pour beaucoup ; c'est ainsi que l'activité scientifique telle qu'on l'envisage « *met l'accent sur l'importance de la réflexion critique, sur la confrontation permanente, sur la création et la communication. Elle valorise le raisonnement sur le possible, sans pour autant verser dans l'application de recettes non transférables ; elle fait apparaître l'acquisition de connaissances comme le résultat de démarches bien conduites et met l'accent sur l'apprentissage des “concepts de base”.* » (Giordan, 1999, p. 46). L'approche épistémologique d'une part, et la prise en compte des apprenants d'autre part, amène alors à des propositions pédagogiques où se trouvent favorisées « *“l'autonomie des élèves” ; elles souhaitent tout à la fois préciser et dépasser les “méthodes actives”.* Elles reposent sur l'alternance de phases d'investigation valorisant le travail de groupe et le tâtonnement expérimental et de phases de structuration faites de mise en commun où les apports du maître concernent plus la démarche des » (Giordan, 1999, p. 49) apprenants qui sont à sa charge. Nous sommes déjà là, sans le dire, sur le modèle d'« investigation-structuration », pourtant quelque peu délaissé depuis les années 70 / 80, au profit de la simple démarche d'investigation.

1. La démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences expérimentales et technologie

La démarche d'investigation, si chère à la culture scientifique, semble n'être plus l'objet d'aucun débat, d'aucune polémique, et tant les injonctions, les préconisations officielles sont de plus en plus pressantes, et générales ; de cela et qu'il s'agisse du premier ou du second degré, son « *bien-fondé semble s'imposer avec une évidence peu commune.* » (Bressoux, 2013, p. 237), mais sur laquelle nous sommes déjà revenus, épistémologiquement parlant, et allons revenir encore, d'un point de vue plus psychologique.

1.1. Des bases théoriques (socio)constructivistes à leur mise en œuvre

La démarche d'investigation, quand elle suppose la coordination et la coopération entre

pairs, mais également le développement de leur autonomie, présente une dimension sociale importante : d'où son ancrage théorique, assez évident, au sein du modèle constructiviste, le "mentalisme" (Astolfi, 1992), et plus précisément du modèle socio-constructiviste (tableau 4-6 ; d'après Barbery, 2006). En elle-même, et de par la situation-problème qu'elle est amenée à travailler et, *a fortiori*, lorsqu'elle utilise le débat scientifique, la démarche d'investigation se prête volontiers aux confrontations individuelles, et qu'elles soient de l'ordre de l'intra ou de l'inter, engendrant ainsi des conflits cognitifs et / ou socio-cognitifs, et donc une sorte de déséquilibre chez l'apprenant (Astolfi, 1992). Reprenant Piaget (1975), l'on peut alors considérer que toute perturbation d'un système de connaissances pures engendre de fait une modification, visant ainsi l'atteinte d'un nouvel équilibre, passée une phase de déséquilibre, et pour développer des structures intellectuelles d'un ordre supérieur. D'où l'adage qui énonce que l'on apprend de nos erreurs et, par voie de conséquence, de nos confrontations. Cependant, si cette question théorique de l'équilibration, qui explique la modification d'un ancien équilibre pour atteindre un nouvel équilibre, fait aujourd'hui l'unanimité au sein de notre communauté scientifique, nous n'en restons pas moins démunis pour, à l'épreuve du terrain, l'apprécier et l'appréhender pleinement : comment, dans une forme possible de guidage de la part de l'enseignant, s'emparer en classe, d'un point de vue opérationnel, de ladite question théorique de l'équilibration ? Sommes-nous d'ailleurs en mesure de décrire un tel mécanisme, un tel processus, au sein même de la démarche d'investigation ? De cela, reste-t-il donc et au final à « *savoir pour qui, quand, comment et pourquoi les démarches d'investigation sont susceptibles de provoquer des déséquilibres capables de conduire à de nouvelles coordinations relevant d'un niveau supérieur. Par exemple, sait-on s'il existe un profil type d'élèves susceptibles de profiter, plus que d'autres, des démarches d'investigation ? Comment le transfert de raisonnement s'opère-t-il ? Par quelle voie ? Existe-t-il des démarches (ou mises en œuvre) pédagogiques susceptibles de profiter plus que d'autres à certains profils d'élèves ?* » (Pansu, 2013, p. 233).

On le comprend bien, la démarche d'investigation et, *a fortiori* le débat scientifique, lorsqu'ils s'appuient notamment sur la confrontation entre pairs, laissent entrevoir deux des trois caractéristiques déjà discutées des savoirs scientifiques : nous sommes bien en présence de savoirs raisonnés d'une part, et de savoirs partagés d'autre part, et donc soumis à la critique (Fabre & Orange, 1997). L'on retrouve ici, et par le biais de ladite confrontation, l'introduction d'une perturbation (socio)cognitive laquelle, et de son propre dépassement, amènerait à de

possibles progrès, en termes de capacités cognitives (Doise & Mugny, 1981) : au-delà de l'équilibration nécessaire à la résolution du conflit socio-cognitif, est-il souvent fait mention d'une certaine régulation fonctionnelle, utile à la coordination de nos différentes représentations, d'un point de vue psychologique, et à la construction du problème en jeu, d'un point de vue épistémologique (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000). Sachons voir néanmoins que la question de la régulation fonctionnelle ne va pas de soi, loin de là, et qu'il y a lieu de s'interroger au sujet de la façon dont l'enseignant est amené à gérer cette confrontation et, dit autrement, ces interactions langagières entre pairs, pour que se manifeste bien notre perturbation (socio)cognitive. Résumant les choses, un conflit socio-cognitif peut en soi tout aussi bien donner naissance à des régulations fonctionnelles, désirées, que non fonctionnelles, et comme nous avons pu le constater lors de nos deux recueils de données. L'on se trouve alors en présence de « *régulations relationnelles dont la visée première est la protection des compétences de l'individu. Ce type de dépassement du conflit social n'est pas efficace et cela ne doit pas être oublié par ceux qui voient dans la mise en place d'une situation d'interaction sociale (entre élèves) la co-construction de nouveaux modes de raisonnements et des progrès. Il est une entrave à une régulation dite épistémique du conflit. Par exemple, l'enfant pourra adopter la réponse de l'autre par pure complaisance, juste pour rétablir un état de relation plus confortable entre lui et son partenaire. Cet échec de régulation épistémique du conflit s'observe principalement lorsque les échanges entre les partenaires sont unilatéraux ou lors d'asymétrie de compétences entre les partenaires. Il s'agit là d'un mode de dépassement qu'on trouve fréquemment dans les relations enfant-adulte ou avec un pair plus compétent. Pour l'enfant, suivre l'autorité compétente que représente l'adulte (par son statut, son savoir) peut être souvent plus commode qu'entretenir le désaccord avec celui-ci. Il se soumet alors à la réponse de l'adulte ou du pair plus compétent. Dans de tels cas, la confrontation perd les bénéfices escomptés : aucune restructuration cognitive ne peut être attendue.* » (Pansu, 2013, p. 233-234). Ainsi, toute interaction sociale n'est, par définition, source de progrès cognitifs à qui y participe (Doise & Mugny, 1981) ; pire encore quand, loin d'être propices, certaines s'avèrent délétères et entravent le développement de capacités cognitives nouvelles : on le devine déjà, la qualité de la gestion de la confrontation entre pairs, comme de la simple constitution des différents groupes de travail de la classe, paraît essentiel pour qui veut éviter toutes régulations dysfonctionnelles des conflits socio-cognitifs suscités.

1.2. Mises au point et mises en garde

Clairement, l'assurance qu'il nous est permis d'avoir en la démarche d'investigation repose sur la mobilisation d'un certain modèle d'enseignement-apprentissage, que représente le modèle constructiviste (tableau 4-6 ; d'après Barbery, 2006), et où tout apprentissage n'est autrement envisagé que par le biais d'une construction nécessaire, portant sur les fameuses conceptions, ou constructs : loin de nous le temps où l'on envisagea l'assimilation de contenus d'enseignement, qu'autrui déverserait alors en nous-mêmes. Ce faisant, et dépassant une simple écoute de l'enseignant, les apprenants se retrouvent lors d'investigations diverses pleinement actifs ; de même s'attellent-ils à la résolution de problèmes scientifiques quand, du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, nous privilégions leur construction : nous retrouvons là tout l'intérêt du plein usage du débat scientifique dans la classe (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000). Cependant, et s'il n'est assurément pas question de remettre en cause ces fondements théoriques, lesquels portent sur l'acquisition de savoirs scientifiques, nous pouvons tout de même être quelque peu plus critiques quant aux méthodes d'enseignement se réclamant de ces mêmes fondements théoriques, ou principes constructivistes. Il est une chose de présenter un comportement actif, il en est une autre d'embrasser une cognition active ; en d'autres termes, un apprenant en apparence passif peut tout à fait être cognitivement actif et, *a contrario*, un apprenant en apparence actif peut tout à fait être cognitivement passif, notamment lors d'une démarche d'investigation. De même, et si le débat scientifique se prête au changement de représentations, quand l'apprenant prend conscience de ses représentations initiales et de leurs limites, et ce par le biais de conflits cognitifs et / ou socio-cognitifs (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000), il peut aussi, et nous l'avons maintes fois constaté lors de nos deux recueils de données, être responsable de conditions plus que défavorables à l'apprentissage même, les uns cherchant systématiquement à se placer au-dessus des seconds, les autres se fiant aveuglément aux premiers, supposés comme plus compétents. Si notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation, ambitionne plus qu'un changement conceptuel lorsqu'il use du débat scientifique, au profit d'un changement épistémologique (Orange, 2002a), il n'en reste pas moins que le dépassement du point de vue du "Travail sur les représentations", au profit du point de vue de la "Construction de problème" (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000), ne peut suffire à effacer les possibles relations sociales décrites précédemment et qui, lorsqu'elles se manifestent, ne servent en rien une cognition active.

En quête d'authenticité, la démarche d'investigation envisage à l'activité d'apprentissage scientifique le placement nécessaire des apprenants « *dans une situation de recherche qui va les amener à découvrir des phénomènes et à proposer des conclusions qui s'inscrivent dans les démarches et modèles usuels de la discipline, et donc dans l'épistémologie de la discipline.* » (Bressoux, 2013, p. 239) ; en somme, de coller au mieux à l'activité de recherche scientifique. Insidieusement, l'on retrouve là l'idée d'une école qui, dans le meilleur des cas, reconstruit un savoir historiquement construit, ne distinguant pas alors la communauté scientifique, où se produit le savoir scientifique, de la communauté scolaire, où se transmet le savoir scientifique. Mais c'est oublier une évidence : le jeune apprenant qui nous intéresse, l'enfant, n'est pas un adulte miniature ; en d'autres termes, l'enfant n'est pas un petit homme mais un petit d'Homme... Ses capacités cognitives, incomparablement différentes de celles de l'adulte qu'il est en train de devenir, risquent de n'être pas assez formelles, et en cela abstraites, alors même que le maniement d'un raisonnement purement expérimental exige de telles capacités, et ce de par son côté ouvert. De même, et à vouloir lui faire endosser au plus vite l'habit, la posture du chercheur que requiert notre démarche d'investigation, l'on oublie encore qu'au-delà d'une certaine dissymétrie en termes de connaissances pures, la différence de structures intellectuelles du néophyte, du novice et de l'expert se retrouve au niveau des procédures mobilisées ; par le biais d'une certaine routine, d'une heuristique adaptée au problème dont il est question, l'expert se révèle évidemment plus efficace. C'est ainsi que les chercheurs dans leur grande majorité « *se caractérisent par le fait qu'ils ont emmagasiné en mémoire à long terme une grande quantité de connaissances relatives au problème à traiter, connaissances aisément accessibles et qui peuvent être mobilisées en nombre quasiment infini sans altérer les capacités de traitement cognitif puisqu'elles n'encombrent plus la mémoire de travail, elle-même de capacité fort limitée* (Sweller, 2009). » (Bressoux, 2013, p. 239-240). De cela se précise une tension certaine, et que nous venons d'ailleurs déjà de pointer sur le temps du débat scientifique, quand l'épistémologie d'un savoir rencontre la psychologie d'un apprenant ; dit autrement, il paraît ici assez périlleux de n'envisager un enseignement qui ne tienne compte que de la logique du savoir, et non de la logique de l'apprenant (Kirschner, 2009).

On l'aura compris, la démarche d'investigation originelle se démarque de situations d'enseignement-apprentissage où l'enseignant prend grand soin d'exposer au préalable clairement les choses, où il décompose au plus possible une tâche en un ensemble de sous-

tâches, le tout en vue de rendre la situation la moins complexe qui soit. Ainsi, la démarche d'investigation relèverait de ce que l'on appelle une tâche faiblement structurée ou, plus justement, un ensemble de tâches faiblement structurées. Il est alors de bon ton de rappeler qu'*a contrario*, les tâches fortement structurées –et que l'on retrouve lors de tout enseignement explicite, lorsqu'elles mènent à la résolution de la tâche par le biais d'algorithme(s) défini(s), ont depuis montré toute leur efficacité (Bressoux, 1994). On l'imagine, le maniement d'un raisonnement purement expérimental, la mise au travail d'un problème scientifique lors d'une quelconque démarche d'investigation, de par sa complexité ne peut, en aucun cas, subir un traitement équivalent, à savoir la mise en branle d'un algorithme qui amènerait inéluctablement à la résolution du problème en jeu (Bianco & Bressoux, 2009). Il n'en reste pas moins regrettable de devoir poser le constat d'une démarche d'investigation qui, si l'on en vante couramment les mérites au sein de (trop ?) nombreux écrits normatifs⁵⁴⁶ et travaux descriptifs⁵⁴⁷, n'a pour ainsi dire jamais connu l'épreuve d'une certaine évaluation de son efficacité, de l'aveu même de tenants du constructivisme (Tobias & Duffy, 2009), comme de sa motivation supposée auprès des apprenants concernés (Tobias, 2009). L'on comprendra donc de possibles et récentes réserves à l'endroit de la démarche d'investigation (Tobias & Duffy, 2009) qui, en plus d'une efficacité qui n'a jamais été éprouvée, peut –et de par sa complexité sans doute– au regard de certains se révéler inégalitaire : en faveur des plus forts, en défaveur des plus faibles (Kirschner, Sweller & Clark, 2006). En outre, de nombreuses observations ont déjà pu montrer « *que, faute de temps, la phase de reprise, de reformulation, de synthèse, de formalisation des travaux de recherche des élèves est bien souvent tronquée, voire escamotée. Cela porte bien au jour que les contraintes pédagogiques telles que l'organisation des activités, la gestion du temps en classe, l'implication des élèves, etc., voire les contraintes institutionnelles telles que la nécessité de couvrir le programme, pèsent sur la situation d'enseignement en classe au même titre que les contraintes proprement didactiques : savoirs, démarches, épistémologies propres à la discipline.* » (Bressoux, 2013, p. 241-242). Se pose alors selon nous la question de l'étude des formes possibles de guidage et qui, pour appropriées qu'elles soient, rendraient possibles la mise en œuvre de notre démarche d'investigation, et par là même l'accès aux savoirs scientifiques. Cette forme possible de guidage fort, et c'est l'hypothèse de travail que nous avons faite, réside sûrement en quelques moments structurants, et qui assoient le savoir scientifique initialement visé. D'où l'appel, somme toute logique, au modèle d'« investigation-structuration » en situation de classe (figure

546 Qui explicitent la théorisation de la démarche d'investigation.

547 Qui explicitent l'opérationnalisation de la démarche d'investigation.

2-7 ; Giordan, 1983/1987, p. 23), et que nous avons pu mettre en œuvre lors de nos deux recueils de données. D'ailleurs, et vis-à-vis d'une simple démarche de découverte, par essence libre, de nombreux autres travaux issus de l'activité de recherche scientifique, dont ceux de Kirschner, Sweller et Clark (2006) par exemple, ont déjà pu montrer la plus grande efficacité d'une démarche d'investigation qui, pour guidée qu'elle soit, produit de meilleurs apprentissages et de plus efficaces transferts de savoirs scientifiques.

2. Le modèle d'“investigation-structuration” : une solution à la tension qui s'exerce entre la logique de l'apprenant, psychologique, et la logique du savoir, épistémologique

Le modèle d'“investigation-structuration”, dont nous avons tenté la mise en œuvre lors de nos deux recueils de données, semble pouvoir répondre aux lacunes de la démarche d'investigation originelle qui, si elle peut être convaincante sur le plan épistémologique, peut aussi l'être beaucoup moins sur le plan psychologique. En effet, le modèle d'“investigation-structuration”, en la réduisant, semble pouvoir répondre à cette contradiction, à cette tension fondamentale de l'apprentissage (Astolfi, 1992), et où la logique du savoir rencontre celle de l'apprenant.

2.1. Contextualisation et description du modèle d'“investigation-structuration”

Dans ce qu'il a pu en être dit, la démarche d'investigation se pose à l'origine comme une démarche qui pense la mise au travail d'un problème scientifique, qu'il s'agira bien évidemment de solutionner, et pour ce qui est de sa dimension épistémologique. À cela s'ajoute également une dimension psychologique lorsque nous devons, pour accéder à la résolution ou, plus justement, la construction du problème en jeu, bousculer nos expériences, nos explications premières, et qu'elles soient de l'ordre de l'anthropomorphisme, du magique, voire seulement verbales : d'un problème qui a été posé, construit et résolu, nous accédons à un savoir scientifique qui est pleinement opérant (Orange, 1994a, 1997) car, ne l'oublions pas, les savoirs scientifiques restent avant tout des compétences pour maîtriser des problèmes (Fabre & Orange, 1997). C'est à la fois un peu tout cela qui est déjà souligné par Host et *al.* (1973), lorsqu'ils espèrent « *qu'un problème préalable soit résolu : le climat de la classe permet le jaillissement des questions et la communication ; les enfants savent qu'ils sont capables de découvrir, de participer à la construction de leur propre savoir et que l'école n'est pas seulement le lieu où ils ont à subir des apprentissages.* » (Host & *al.*, 1973, p. 135). Ce n'est alors que peu de temps après que la démarche de découverte a pu faire son apparition, et plus particulièrement dans le domaine des sciences physique et technologique (Host & Martinand, 1975), en s'appuyant premièrement sur l'activité de recherche scientifique et, par voie de conséquence, du maniement d'un raisonnement purement expérimental, et

secondement sur les récents apports de la psychologie génétique qui, pour rappel, vise l'étude de la genèse et du développement de l'affectivité et de l'intelligence d'un sujet, de la naissance à l'âge adulte. La mise en activité de l'apprenant d'abord, et l'intérêt du tâtonnement expérimental ensuite, d'ailleurs extrêmement présents dans toute l'œuvre de Freinet, plaident alors en une certaine authenticité de la démarche convoquée, et vis-à-vis de la référence à ladite activité de recherche scientifique. Cependant que, bien heureusement, l'on prit à l'époque soin de ne pas confondre la démarche du néophyte, du novice et de l'expert qui reste capable au regard de « *l'aspect rudimentaire des techniques, de l'arrière plan conceptuel et méthodologique, des possibilités de mettre en relation des domaines éloignés ou même proches, de mobiliser l'expérience, de concevoir par anticipation le déroulement d'activités très éloignées.* » (Host & Martinand, 1975, p. 38). Il ne s'agit pas là, contrairement à l'écueil trop souvent commis et que nous avons discuté ci-avant, de réduire l'enfant à un adulte miniature ou, pire encore, à un expert : il n'est alors pas non plus question d'envisager la (re)découverte de ce que, au fil du temps, bien des chercheurs ont eu tant de mal à découvrir. Toujours, l'investigation de l'apprenant porte-t-elle sur nombre de notions déjà approchées, en cela qu'elles ne le sont qu'implicitement, mais jamais conceptualisées, en partie à cause des obstacles épistémologiques (Bachelard, 1938/1986), qui ne demandent ainsi qu'à être formalisés. De ce contexte, l'on comprend mieux alors la genèse du modèle d'« investigation-structuration » qui, globalement, s'articule autour de deux types d'activités, avec :

des activités d'investigation qui, en travaillant la construction du problème en jeu, font finalement écho à l'accommodation⁵⁴⁸ piagétienne ;

des activités de structuration qui, en travaillant la décontextualisation du problème en jeu, font finalement écho à l'assimilation⁵⁴⁹ piagétienne.

Il convient, avec le modèle d'« investigation-structuration », de dénoncer et de façon définitive le mythe d'un apprentissage pour ainsi dire naturel et qui, pour se bien réaliser, devrait seulement s'aligner avec l'histoire des sciences et, au final, la démarche scientifique d'investigation de l'expert. De même, est-il ici question de gérer au mieux la tension de la logique épistémologique du savoir, lorsque l'on sait que les savoirs ne sont pas des choses qui

548 Qui, avec l'assimilation, composent l'adaptation piagétienne (→ équilibration majorante (Piaget, 1975)), en vue d'une appropriation du monde et de soi-même. Pour rappel, l'accommodation vise à appréhender un événement (non assimilable) à l'aide de compétences nouvelles.

549 Qui, avec l'accommodation, composent l'adaptation piagétienne (→ équilibration majorante (Piaget, 1975)), en vue d'une appropriation du monde et de soi-même. Pour rappel, l'assimilation vise à appréhender un événement à l'aide de compétences anciennes.

s'empilent, de la logique psychologique de l'apprenant, lorsque l'on sait que l'apprenant n'est pas une page blanche. Nous basant sur les caractéristiques des trois constructivismes (tableau 8-1 ; Astolfi, 2008, p. 131), nous comprenons mieux alors la contradiction fondamentale d'un constructivisme épistémologique, où ce sont les savoirs qui sont construits, d'un constructivisme psychologique, où c'est l'apprenant qui construit ses savoirs.

Tableau 8-1. Caractéristiques des trois constructivismes (Astolfi, 2008, p. 131)

| Constructivisme épistémologique | Constructivisme psychologique | Constructivisme pédagogique |
|---|--|--|
| <i>Les savoirs ne sont pas des choses qui s'empilent.</i> | <i>L'élève n'est pas une page blanche.</i> | <i>L'enseignement ne relève pas de la simple transmission.</i> |
| Les contenus n'énumèrent pas des faits, mais proposent des réponses à des questions théoriques. | L'apprentissage ne s'opère ni par copie, ni par addition, ni par dressage, mais requiert l'activité autonome d'un sujet. | L'enseignement ne déroule pas le film de la connaissance devant l'élève, mais suppose des dispositifs didactiques. |
| Les savoirs résultent d'un effort de construction épistémique, social et culturel. | Apprendre nécessite une construction active de la part du sujet, dans un contexte social. | Enseigner nécessite une ingénierie didactique cohérente avec les objectifs visés et les obstacles à franchir. |
| Ici, c'est le savoir qui est construit. | Ici, c'est l'élève qui doit construire son savoir. | Ici, c'est l'enseignant qui doit construire des situations. |
| Antonyme : empirisme et positivisme | Antonyme : béhaviorisme | Antonyme : dogmatisme |

Ainsi fait, et nous appuyant toujours sur Astolfi (1992), nous nous exerçons à un rapprochement du constructivisme épistémologique de possibles processus d'hétéro-structuration⁵⁵⁰ (Not, 1979/1988), et du constructivisme psychologique de possibles processus d'auto-structuration⁵⁵¹ (Not, 1979/1988), les premiers et les seconds faisant respectivement écho, et si l'on s'en tient au style pédagogique mobilisé, à la structuration et l'investigation de notre modèle ; en somme, aux activités de structuration les processus d'hétéro-structuration du savoir, aux activités d'investigation les processus d'auto-structuration du savoir (Vérin & Peterfalvi, 1985). C'est pourquoi, et de notre point de vue, la logique pédagogique de

550 Ou « l'idée que l'essentiel des connaissances que l'élève maîtrise, au terme de sa scolarité, ne résulte pas, loin de là, de ses investigations et de ses découvertes personnelles. Les apports externes ont, eux aussi, une place tout à fait centrale, et surtout l'objet du savoir se situe en rupture avec les intérêts, les besoins et les questions des élèves au moins autant que dans leur prolongement. » (Astolfi, 1992, p. 114).

551 Où avec « la lignée des mouvements d'éducation nouvelle, renforcée par la psychologie piagétienne, on se rend compte que c'est l'élève qui construit son savoir à partir de son activité (manipulatoire comme intellectuelle), et que personne n'est en mesure de se substituer à lui dans ses réorganisations cognitives successives. » (Astolfi, 1992, p. 113-114).

l'enseignant ne peut, et si elle veut à la fois tenir compte de la logique épistémologique du savoir et de la logique psychologique de l'apprenant, prendre une forme autre que celle du modèle d'« investigation-structuration » car, de fait, se trouve « *bien là une réelle contradiction dans les termes qui peut se condenser par la formule suivante : un sujet en train d'apprendre le fait de manière active et ne peut y parvenir qu'en utilisant les seuls outils intellectuels dont il dispose, pour aboutir à une nouvelle organisation de ses connaissances. Laquelle ne peut être vue que in fine puisque l'accès au savoir suppose justement une rupture avec la façon dont il se posait jusque-là la question.* » (Astolfi, 1992, p. 114).

C'est ainsi que l'activité d'apprentissage scientifique requiert des moments qui, au regard de la thèse bachelardienne, nous renvoient à l'idée d'une rupture épistémologique, de laquelle découle, nous le savons bien, la distinction des connaissances communes et des connaissances scientifiques (Bachelard, 1949). Le recours à la confrontation entre pairs, notamment lors du débat scientifique, où les contraintes repérées sont explicitées et justifiées est, de ce point de vue, un moment clairement privilégié, pour qui souhaite coller au mieux à l'activité de recherche scientifique. *A contrario*, et pour n'en rester seulement pas à l'épistémologie du savoir, d'autres moments semblent indispensables : par le biais de méthodes *a priori* plus traditionnelles, l'on en revient à la comparaison, la généralisation, la systématisation ou, plus simplement, la mise en relation de concepts scientifiques prenant « *par exemple un appui, au-delà de ce qui a été construit et acquis auparavant (dans les situations de références), sur des études documentaires. Ces activités de synthèse ne peuvent prendre du sens que si les autres approches (investigation selon les modalités de découverte et résolution de problème) ont été auparavant mises en œuvre.* » (Calmettes & Boilevin, 2014, p. 108). Mais il nous faut bien comprendre, notamment vis-à-vis d'un temps d'institutionnalisation du savoir – que l'on peut d'ailleurs rattacher à la « théorie des situations », que ces activités de structuration ambitionnent, plus qu'une simple synthèse, l'objectivation du savoir scientifique visé ; en somme, retenons les choses ainsi : à la seule description un « savoir scientifique » subjectif, à la pleine explication un savoir scientifique objectif. Plus qu'un retour à une pédagogie ô combien plus traditionnelle, nous faut-il plutôt voir en de telles activités, et dans une perspective vygotskienne, un espace pour une forme possible de guidage, telle une assistance au contrôle de l'activité même de l'apprenant, et dans sa zone prochaine de développement, avant même qu'il ait intériorisé ledit contrôle.

D'un modèle qui, finalement, cherche à concilier la logique de l'apprenant, d'un point de vue psychologique, et la logique du savoir, d'un point de vue épistémologique, pouvons-nous maintenant présenter les caractéristiques du modèle d'“investigation-structuration” (tableau 8-2 ; d'après Calmettes & Boilevin, 2014), lequel nous paraît le plus à même de rendre opérationnel tout projet d'enseignement-apprentissage en sciences et, en définitive, de concilier l'apprentissage à l'enseignement des sciences, quand il s'agit notamment d'aider à apprendre (Develay, 1989).

Tableau 8-2. Caractéristiques du modèle d'“investigation-structuration” (d'après Calmettes & Boilevin, 2014)

| |
|---|
| Caractéristique 1 |
| Questionne les représentations initiales des apprenants. |
| Caractéristique 2 |
| Construit des activités dont les objectifs respectifs dépassent la simple acquisition de contenus d'enseignement. |
| Caractéristique 3 |
| Ouvre sur des éléments issus de la pratique scientifique (comme “pratique sociale de référence”). |
| Caractéristique 4 |
| Met en œuvre un ensemble d'activités prenant en compte des contenus d'enseignement (modèles, réseaux et trames conceptuelles), une certaine complexité (attitude et pensée scientifiques), et des contraintes matérielles et temporelles. |

2.2. Écologie du modèle d'“investigation-structuration”

Le modèle d'“investigation-structuration”, élaboré dans le cadre de l'activité de recherche scientifique de l'INRP, est avant tout le fruit d'une collaboration pleinement réussie entre chercheurs et enseignants, et de laquelle nous pouvons, par exemple, retrouver traces au sein de moult articles spécialisés (Develay, 1990 ; Drouin, 1988 ; Martinand, 1992, 1994) dans le cadre de la communication institutionnelle écrite (tableau 4-1 ; Lévy-Leblond, 1996, p. 235). S'il n'est en aucune manière question de fixer une norme, aussi bien dans l'activité d'enseignement que de recherche scientifique, ce modèle a, malgré lui, rendu possible la proposition d'un certain nombre de situations d'enseignement-apprentissage en sciences, et au-delà même du contexte scolaire, mais en l'absence toujours de tout caractère normatif. C'est pourquoi, et si la démarche d'investigation reste encore aujourd'hui présentée sous la forme d'un canevas, le modèle d'“investigation-structuration” refuse quant à lui d'être présenté à la

façon d'une suite ordonnée d'étapes qu'il faudrait nécessairement suivre, tel un itinéraire balisé qui nous rappellerait une méthode, et si ce n'est la méthode préconisée en sciences. Conséquemment, le modèle d'"investigation-structuration" autorise une part de tâtonnement, de possibles adaptations, bref, une certaine souplesse (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998) : preuve en est la trame de notre séquence d'enseignement-apprentissage, et qui diffère quelque peu du premier (figure 6-0) au second (figure 7-0) recueil de données. Malgré cela, et sans grand succès, Lalanne (1985) a d'abord tenté, pour ensuite s'en défaire, d'élaborer une telle méthode, et de laquelle nous pouvons alors rappeler les grandes lignes, avec :

- la focalisation de la démarche d'investigation sur une situation-problème ;
- la désarticulation des phases de la démarche d'investigation ;
- la définition⁵⁵² de chaque phase de la démarche d'investigation désarticulée ;
- l'articulation des phases définies de la démarche d'investigation désarticulée ;
- l'adaptation du tout au(x) concept(s) / problème(s) scientifique(s) travaillé(s).

De même, Astolfi (1990b, 1992) reste toujours très réservé pour ce qui est de l'utilisation du modèle d'"investigation-structuration" au sein de quelque ingénierie didactique que ce soit, laquelle⁵⁵³, nous pouvons le rappeler, vise la production, théoriquement contrôlée, de situations d'enseignement-apprentissage. Telle une « *méthodologie de recherche, l'ingénierie didactique se différencie d'abord des méthodes expérimentales alors usuelles en éducation par son mode de validation. Ce mode de validation est en effet interne et basé sur la confrontation entre une analyse a priori dans laquelle sont engagées un certain nombre d'hypothèses et une analyse a posteriori qui s'appuie sur les données issues de la réalisation effective.* » (Artigue, 2002, p. 63). À l'encontre de cela, nous estimons bel et bien qu'il ne saurait y avoir un lien de subordination de l'activité d'enseignement à l'activité de recherche scientifique ; si les enseignants sont, et nous l'espérons, conduits à mobiliser ici ou là les produits des chercheurs, les multiples et constantes microdécisions improvisées qu'ils sont amenés à prendre, au quotidien et en situation de classe, s'accordent assez mal avec l'application d'une méthode. Nous préférons donc, et de loin, voir à l'enseignant la

552 D'un point de vue fonctionnel.

553 Selon lui, prétend « *dicter aux acteurs les règles de leurs décisions. La Didactique me semble beaucoup mieux dans son rôle quand elle parvient à proposer des outils ouverts qui permettent à l'acteur d'éclairer ses prises de décision sans les lui dicter, d'enrichir la palette de ses modes d'intervention sans le contraindre à user de moyens qu'il ne pourrait s'approprier.* » (Astolfi, 1990b, p. 29).

responsabilité de l'opérationnalisation du modèle d'«investigation-structuration», et ce vis-à-vis du principe de réalité, qu'il s'agit là de construire. Enfin, et quant à son utilisation en situation de classe, il apparaît que la conceptualisation et la mise en œuvre d'un tel dispositif didactique est assez coûteuse en temps, et exigeante, tant du point de vue de l'enseignant que de l'apprenant d'ailleurs. Astolfi (1992) rappelle alors que si « *l'usage de ce modèle est consommateur de temps didactique, on pourrait tenter d'en “regagner” en présentant, plus rapidement même qu'aujourd'hui, les autres points. Au lieu de fonctionner de manière uniforme, selon le seul principe de la classe dialoguée, dont on a vu d'elle trop souvent que l'habillage modernisé du cours* » (Astolfi, 1992, p. 129-130) purement traditionnel.

3. Les trois sens du constructivisme

Il nous faut désormais, et puisque nous y avons déjà fait plus qu'allusion, mieux décrire les différentes facettes du constructivisme, et ce afin de montrer encore la pertinence de notre modèle d'“investigation-structuration” en sciences. Parcourant alors le fameux système, ou “triangle pédagogique”, nous devons tour à tour comprendre que les savoirs sont la résultante d'une construction, d'une élaboration théorique, et sociale même, puisque concernant une certaine communauté scientifique, que les apprenants n'ont d'autre choix que de se réapproprier eux-mêmes, et non sans obstacles, les réponses, les résultats disciplinaires en dépôt dans notre culture, et que les enseignants, tels des médiateurs, ont à concevoir des situations d'enseignement-apprentissage pertinentes au regard du savoir et de l'apprenant ; pertinentes dans le premier cas, lorsque l'on n'oublie pas les problèmes qui ont donné naissance aux réponses, aux résultats de notre discipline, et pertinentes dans le second cas, lorsque l'on n'oublie pas la prise en compte des structures cognitives de l'apprenant, qu'il s'agira de transformer.

3.1. Le registre épistémologique

Au sens large, l'épistémologie vise la compréhension de l'élaboration du savoir scientifique ; de cela, est-elle alors amenée à s'intéresser aux raisonnements scientifiques de nombreux chercheurs et d'un autre temps, mais également aux relations qui peuvent unir les faits constatables aux idées explicatives, le registre empirique au registre du modèle [ou des modèles], voire au registre théorique : ce qui, en somme, définit la modélisation en sciences. L'épistémologie rationaliste de l'activité scientifique, que par ailleurs nous avons largement pu développer ci-avant, incarne pleinement notre courant constructiviste, et lorsqu'il s'oppose notamment à une épistémologie empiriste de l'activité scientifique qui, faut-il le reconnaître, sommeille en chacun de nous, telle une philosophie spontanée. De là l'importance que l'on devrait accorder au monde des faits constatables, et quand il ne s'agit de s'y soumettre tout entier, avec une méfiance permanente à l'égard du monde des idées explicatives qui, s'il ne repose sur de scrupuleuses données d'expérimentation, d'observation, ne peut être pris au sérieux. C'est alors que les tenants d'une telle épistémologie arguent que, par le biais d'une instrumentation et de méthodologies qui ne cessent de se perfectionner, nous ne pouvons qu'augmenter avec le temps notre pouvoir d'expérimentation, d'observation sur le réel, et dont la complexité se dévoilerait alors peu à peu, à la façon d'un rideau que l'on écarterait. Ainsi les

lois et théories scientifiques seraient-elles découvertes (figure 3-9). De façon certaine, nous retrouvons là la dépréciation de la raison d'un certain courant réaliste où, expliquer, c'est voir dedans, c'est-à-dire déplier le réel (figure 3-11 ; Lhoste, 2008a, p. 22). À l'inverse, notre épistémologie rationaliste de l'activité scientifique place en amont des faits d'observation et d'expérimentation, d'expérience, les fameuses lois et théories scientifiques, que l'on retrouve d'ailleurs également en aval, mais cette fois-ci transformées (figure 3-10). La théorie jouit alors ici d'une primauté certaine sur l'empirique, et le percept n'a plus l'ascendant qu'il avait auparavant sur le concept ; en définitive, la science ne peut commencer par l'expérimentation, l'observation (Popper, 1985, 1991). Le monde des faits constatables, loin d'être donné à celui qui saurait l'observer, relève au contraire d'une construction que l'on aurait tendance à oublier (Lhoste, 2006 ; Orange, 2003). Jacob (1981) rappelle en effet que notre activité « *scientifique ne consiste pas simplement à observer, à accumuler des données expérimentales pour en déduire une théorie. On peut parfaitement examiner un objet pendant des années sans jamais en tirer la moindre observation d'intérêt scientifique. Pour apporter une observation de quelque valeur, il faut déjà, au départ, avoir une certaine idée de ce qu'il y a à observer. Il faut déjà avoir décidé ce qui est possible. Si la science évolue, c'est souvent parce qu'un aspect encore inconnu des choses se dévoile soudain ; pas toujours comme conséquence de l'apparition d'un appareillage nouveau, mais grâce à une manière nouvelle d'examiner les objets, de les considérer sous un angle neuf. Ce regard est nécessairement guidé par une certaine idée de ce que peut bien être la "réalité". Il implique toujours une certaine conception de l'inconnu, de cette zone située juste au-delà de ce que la logique et l'expérience autorisent à croire.* » (Jacob, 1981, p. 28).

Dans le cadre du contexte scolaire, un tel constructivisme impose de ne plus envisager les savoirs sans transformations intellectuelles, et notamment les transformations intellectuelles qui leur ont donné naissance. La véritable maîtrise d'une discipline scolaire transpire alors lorsque l'on opère des distinctions, lorsque l'on établit des catégories assez éloignées du sens commun... bref, lorsque l'on parvient à s'inscrire au sein du paradigme qui, pour un temps, la définit. Armé de sa théorie, l'expert envisage, à la différence du néophyte, du novice, les faits constatables sous un autre jour : il n'existe ainsi pas de paysages banals pour un géologue, tout comme il ne peut exister de pauvres édifices pour un historien, de textes anodins pour un linguiste... Plus encore, toute discipline scolaire relève d'un questionnement⁵⁵⁴, d'une

⁵⁵⁴ À la différence, et comme on le constate malheureusement trop souvent, de savoirs au sens large qui « *ne sont plus alors que des objets scolaires échoués sur le sable, coupés des problématiques qui ont permis de les établir, et qui*

propension à interroger le réel, comme à élaborer de nouvelles et plus satisfaisantes théories, afin de mieux appréhender ledit réel. De façon certaine, nous retrouvons là la valorisation de la raison (dans la production d'explications) d'un certain courant rationaliste où, expliquer, c'est rendre raison d'un phénomène (figure 3-11 ; Lhoste, 2008a, p. 22), et donc du réel, à l'aide de concepts scientifiques. Enfin, retenons que si Popper (1985, 1991) oppose le problème à l'observation, en cela que ladite observation n'est première, Bachelard (1938/1986), pour sa part, oppose le problème à l'opinion : de notre discipline, les savoirs scientifiques relèvent bel et bien d'une construction, et puisqu'en lutte permanente pour ne pas retomber dans le piège de l'opinion commune, c'est-à-dire du sens commun.

3.2. Le registre psychologique

D'une certaine façon, nous pouvons envisager le registre psychologique du constructivisme comme s'étant bâti en réaction d'un certain béhaviorisme (tableau 8-1 ; Astolfi, 2008, p. 131), ce qui par ailleurs nous renvoie aux caractéristiques des différents modèles d'enseignement-apprentissage (tableau 4-6 ; d'après Barbery, 2006) : modèle constructiviste *versus* modèle behavioriste. Dans ce dernier cas, et puisque le fonctionnement de notre mental paraît à vrai dire inaccessible, était-il question de ne se consacrer qu'à l'étude des entrées et sorties de notre fameuse boîte noire, et pour déduire les lois et théories de l'apprentissage. L'on peut y voir ici la trace d'un réductionnisme en outre assumé, et puisque le béhaviorisme résulte notamment de moult travaux issus de l'activité de recherche scientifique portant sur des sujets animaux, lorsque l'on s'intéressât aux conditionnements opérant et répondant, entre autres. *A contrario*, le constructivisme qui nous intéresse ici ambitionne bel et bien le travail des opérations mentales, des processus intellectuels à l'œuvre dans nos structures cognitives. Sans ambiguïté aucune, se trouve là résumée toute la thèse piagétienne, si la chose est possible... lorsqu'elle s'intéresse notamment aux différents stades du développement de l'intelligence chez l'enfant. Dialoguant avec son milieu, le sujet connaît au fil du temps des déséquilibres certains et, pour passer d'un ancien équilibre, c'est-à-dire une représentation première, à un nouvel équilibre, c'est-à-dire une représentation seconde, devra-t-il connaître nombre d'équilibrations majorantes (Piaget, 1975) : il s'agit là de l'adaptation piagétienne qui, par le biais de

pourtant seules les justifient. Les élèves – quand ce ne sont pas les professeurs – en restent alors à des connaissances factuelles et à des définitions. Celles-ci ne sont certes pas inutiles, mais le malentendu est permanent, car elles n'acquièrent leur sens qu'au regard du processus dont elles sont le terme. Pour bien des élèves qui ne l'ont jamais scolairement éprouvé, elles risquent de rester platement sédimentées et vite oubliées. » (Astolfi, 2008, p. 127).

l'accommodation et de l'assimilation, permet la construction de nouveaux schèmes, en cela des invariants opératoires. Piaget (1975) clame alors « *qu'en une perspective d'équilibration l'une des sources de progrès dans le développement des connaissances est à chercher dans les déséquilibres comme tels, qui seuls obligent un sujet à dépasser son état actuel et à chercher quoi que ce soit en des directions nouvelles. Seulement il n'en est pas moins évident que, si les déséquilibres constituent un facteur essentiel, mais en premier lieu motivationnel, ils ne sauraient jouer tous le même rôle formateur et ils n'y parviennent qu'à la condition de donner lieu à des dépassements, donc d'être surmontés et d'aboutir ainsi à des rééquilibrations spécifiques.* » (Piaget, 1975, p. 17). Dans cette perspective piagétienne, nous pouvons alors ajouter « *que la source réelle du progrès est à chercher dans la rééquilibration, au sens, non pas naturellement d'un retour à la forme antérieure d'équilibre, dont l'insuffisance est responsable du conflit auquel cette équilibration provisoire a abouti, mais d'une amélioration de cette forme précédente. Néanmoins, sans le déséquilibre, il n'y aurait pas eu de "rééquilibration majorante" (en désignant ainsi la rééquilibration avec l'amélioration obtenue).* » (Piaget, 1975, p. 18). Quelque peu mis à mal par la théorie des systèmes de traitement de l'information, de la résolution de problèmes (Richard, 1990), la thèse piagétienne (de la cognition) a surtout profité, pourrait-on dire, de la thèse vygotskienne (de la cognition sociale) dans ce qu'elle peut accorder comme importance aux interactions entre sujets : de cela découle entre autres le concept de zone prochaine de développement, voire de niveau présent de développement, et qui permet alors, comme a pu le discuter Martinez (1989), de passer du modèle constructiviste au modèle socio-constructiviste (tableau 4-6 ; d'après Barbery, 2006). Quoi qu'il en soit, reste de cela l'importance du fonctionnement de notre mental : l'apprentissage nécessite de la part de celui qui apprend une construction pleinement active, à laquelle personne ne peut se substituer ; néanmoins, nous ne sommes jamais seuls face à cette tâche, car en relation avec le monde des objets, dans une perspective piagétienne, et en relation avec le monde social, dans une perspective vygotskienne.

Dans le cadre du contexte scolaire, un tel constructivisme impose de bien comprendre que l'on apprend rarement ce que l'on nous enseigne, mais ce que l'on est en mesure d'apprendre, de retirer de cet enseignement, en fonction des instruments, des outils intellectuels (Vygotski, X/1997) dont on peut disposer ; en un mot, en fonction de notre structure d'accueil. D'une fonction qui apparaît alors comme décisive, l'enseignant expose avant tout la classe aux savoirs, et non l'inverse, lorsqu'il se doit toujours d'accompagner et de faciliter les acquisitions

de l'apprenant, voire du s'éduquant qui, malheureusement pour l'enseignant, réagit trop souvent différemment du sujet épistémique de la thèse piagétienne : c'est notamment le cas lorsque, par prudence, l'apprenant tente de s'ajuster à la demande supposée, au point de vue de l'enseignant, voire du groupe de travail de la classe.

3.3. Le registre pédagogique

D'une certaine façon, nous pouvons envisager le registre pédagogique du constructivisme comme s'étant bâti en réaction d'un certain dogmatisme (tableau 8-1 ; Astolfi, 2008, p. 131), ce qui par ailleurs nous renvoie aux caractéristiques des différents modèles d'enseignement-apprentissage (tableau 4-6 ; d'après Barbery, 2006) : modèle constructiviste *versus* modèle transmissif. Comprenons que tout « *terme de “transmission” suggère, en effet, un processus linéaire, direct : les voitures ont une transmission, les coureurs se transmettent le “témoin” dans une course de relais, on transmet ou retransmet des émissions de radio ou de télévision. Pour que le terme puisse s'appliquer à l'enseignement, il faudrait admettre l'idée d'un savoir qui existe chez le maître et qui passerait à l'élève, où il se retrouverait, identique, au terme du processus. C'est une théorie de la communication en termes d'émission et de réception, par l'intermédiaire d'un canal. Or, chacun sait que l'enseignement n'est pas exactement conforme à ce schéma : Platon se moquait déjà d'Agathon qui espérait acquérir la sagesse de Socrate à son contact.* » (Prost, 1985, p. 16). Et celui-ci de rajouter qu'à dire « *vrai, le terme de “transmission” ne convient que pour des informations, non pour de véritables savoirs, et le mot de “bagage” si souvent employé dans ce contexte nous met sur la voie. Dès qu'il s'agit d'un savoir un peu élaboré, le langage change : on parle ainsi de “transfert” de technologies. C'est que les savoirs ne sont pas des choses qui se puissent clairement délimiter, à la différence des renseignements ou des informations, dont la transmission est le fait des journalistes ou, quand ils sont secrets, des espions. Le journal télévisé m'apprend le temps qu'il fera demain ou la dernière “petite phrase” des hommes politiques : qui dira qu'il s'agit là de savoirs ? Non seulement ces informations sont dispersées, mais, par elles-mêmes, elles ne portent aucun sens. Le météorologiste et le paysan ont un savoir sur le temps, le premier parce qu'il interprète des photographies à haute altitude et des cartes à isobares, le second parce qu'il met en rapport la force et la direction du vent, l'apparence des nuages, le vol des hirondelles et d'autres signes. Savoir scientifique d'un côté, savoir empirique de l'autre, mais, ici et là, un esprit actif qui établit un rapport entre des observations. Le téléspectateur n'a*

aucun savoir du temps qu'il va faire, il est seulement informé. Et crédule. » (Prost, 1985, p. 17-18). Finalement et comme nous avons déjà pu le souligner, le constructivisme pédagogique représenterait en quelque sorte la synthèse d'un constructivisme épistémologique et d'un constructivisme psychologique, cependant que la chose n'ait rien d'évidente ; en effet si, dans le cas premier le savoir se construit à l'encontre de l'expérience de notre personne, dans le cas second le savoir se construit à l'appui de l'expérience de notre personne, d'où l'aspect passablement paradoxal du registre pédagogique du constructivisme.

C'est alors que l'activité d'apprentissage doit, et selon Not (1979/1988), être envisagée tel un système doublement contraint, à la façon d'une dialectique : d'un côté l'auto-structuration du savoir, de l'autre l'hétéro-structuration du savoir, tous deux justes mais pour ainsi dire contradictoires.

3.3.1. L'auto-structuration du savoir

En accord avec le constructivisme psychologique, l'auto-structuration pose avant tout le primat du sujet connaissant car, nous le rappelle Not (1979/1988), la compréhension ne peut assurément se transmettre. Ici, l'apprentissage se résume, finalement, à la réinvention de son savoir, et l'enseignant n'a d'autre rôle que d'aider l'apprenant à se (trans)former : le primat du sujet implique la valorisation d'une action propre de l'apprenant. De là l'impasse, et si ce n'est l'échec, de toutes les pédagogies qui se rattachent à l'éducation traditionnelle, et qui se focalisent sur la seule logique du savoir.

Retenons enfin que l'auto-structuration du savoir ou, plus justement, des structures cognitives, engage de fait une pédagogie du problème où, finalement, le problème est le mobile de l'apprentissage.

3.3.2. L'hétéro-structuration du savoir

En accord avec le constructivisme épistémologique, l'hétéro-structuration pose avant tout le primat de l'objet à connaître car, nous le rappelle Not (1979/1988), son appropriation nécessite assurément une rupture intellectuelle. Ici, l'apprentissage se résume, finalement, à

l'appropriation d'une culture, et l'enseignant n'a d'autre rôle que de (trans)former l'apprenant : le primat de l'objet implique la valorisation d'une action prépondérante de l'enseignant. De là l'impasse, et si ce n'est l'échec, de toutes les pédagogies qui se rattachent à l'éducation nouvelle, et qui se focalisent sur la seule logique de l'apprenant.

Il est donc, et de ce point de vue, à envisager une certaine autorité du savoir « *en ce sens qu'il s'impose à nous et nous dicte ses lois ; nos libertés n'ont d'existence assurée que lorsqu'elles se définissent par référence aux restrictions que les lois du monde leur imposent. C'est peut-être ce primat de l'objet de connaissance et l'ascèse qu'il impose au sujet qui ont été négligés dans les projets d'autostructuration cognitive.* » (Not, 1979/1988, p. 163).

Retenons enfin que l'hétéro-structuration du savoir ou, plus justement, des structures cognitives, engage de fait une pédagogie de la réponse où, finalement, le problème est le critère de l'apprentissage.

3.3.3. L'inter-structuration du sujet connaissant et de l'objet à connaître

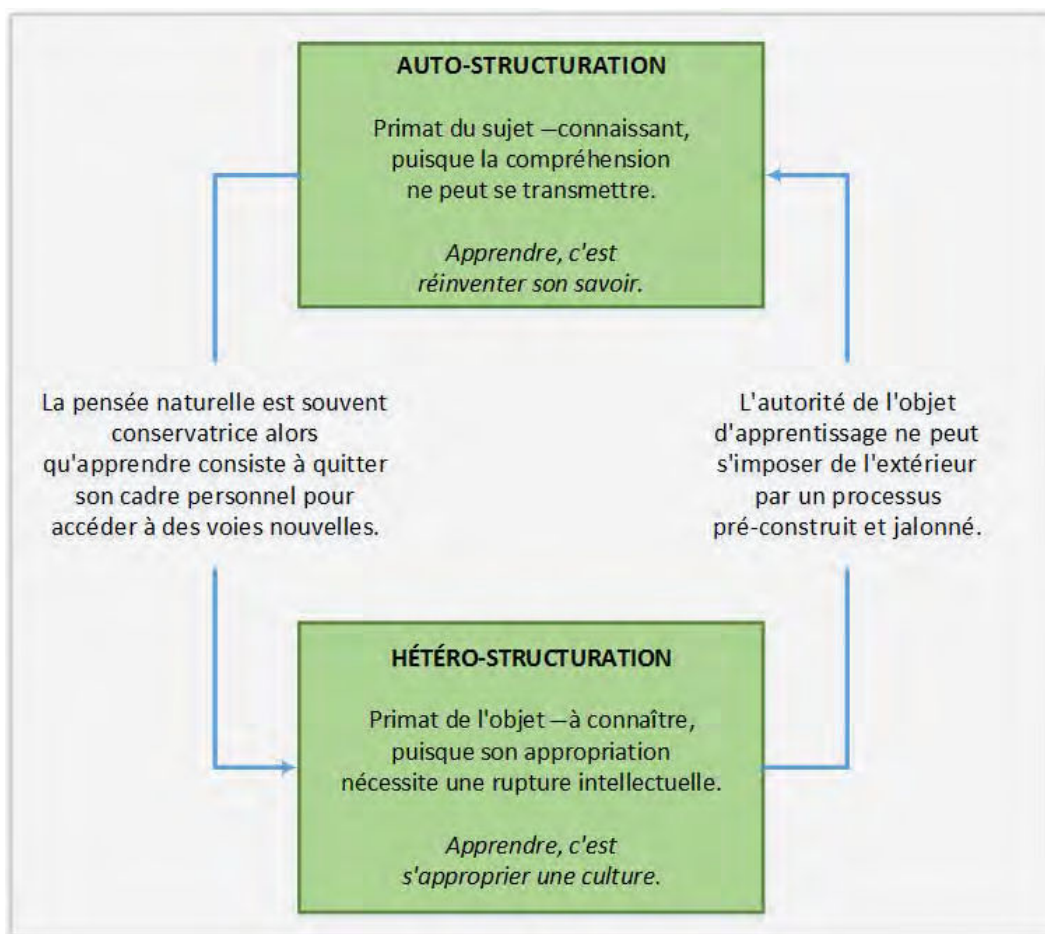
La question n'est pas nouvelle et, remontant au siècle des lumières, déjà les « *perspectives pédagogiques s'opposent. Dans l'une, on veut enseigner, instruire, former. On enseigne une matière aux enfants, c'est-à-dire qu'on se situe devant deux objets : la matière et l'enfant ; de l'extérieur, on tire l'élève hors de son état d'enfant, on le dirige, on le modèle et on l'équipe. Telle est la thèse ancienne ; elle a toujours des partisans malgré les critiques et variantes dont elle a pu être l'objet. L'antithèse se précise après Rousseau, quand on déclare que l'élève porte en lui les moyens d'assurer son propre développement, notamment intellectuel et moral, et que toute action intervenant de l'extérieur ne peut que le déformer ou l'entraver.* » (Not, 1979/1988, p. 7).

Afin de solutionner cette contradiction, cette tension fondamentale de l'apprentissage (Astolfi, 1992), le plus simple serait à n'en pas douter de réaliser un choix ou, vu autrement, de fonctionner alternativement : soit l'on se centre sur la logique du savoir, l'apprenant devant donc s'adapter au savoir comme il le peut, soit l'on se centre sur la logique de l'apprenant, le savoir devant donc advenir à l'apprenant comme il le peut. Si l'un des deux termes est minoré,

l'autre est majoré, nécessairement. C'est ainsi qu'une pédagogie qui se rattache à l'éducation traditionnelle, quand elle minore la logique de l'apprenant, insistera sur le temps qu'elle considère comme perdu, et lorsque les apprenants sont amenés à s'engager dans des recherches personnelles et pour un profit incertain. *A contrario*, une pédagogie qui se rattache à l'éducation nouvelle, quand elle minore la logique du savoir, insistera de beaucoup trop sur les savoir-faire et savoir-être vis-à-vis des savoirs, et se contentera trop souvent de l'approche d'un objet d'étude, les contenus d'enseignement se structurant alors par eux-mêmes. Mais il est, fort heureusement peut-être, impossible à notre volonté d'opérer la moindre alternative en ce domaine : suivant toujours Astolfi (1992), l'on comprend alors que le sacrifice d'un terme obère l'existence même de l'autre terme. Il nous faut, plus que de choix à faire, envisager les choses tout autrement, et à la façon d'une dialectique où, bien qu'antagonistes, l'un et l'autre terme doivent être solidairement pris en compte. Tout un chacun apprend de façon, active certes, mais personnelle surtout, en cela qu'il ne saurait y avoir la moindre substitution sur ce plan ; nous nous saisissons tous, pour apprendre, de nos propres instruments, outils intellectuels (Vygotski, X/1997), ceux-là mêmes qui nous sont justement insuffisants puisque nous avons besoin d'apprendre. Et, de même, il serait illusoire d'espérer les emprunter à autrui car, de nature, sont-ils pré-construits. L'apprentissage consiste donc à construire des compétences nouvelles qui, à l'initial, nous faisaient bien évidemment défaut, leur acquisition ou, plus justement, leur construction permettant une nouvelle organisation de savoirs dont, jusqu'à présent, nous ne pouvions envisager l'existence. Comme aime à le rappeler Astolfi (1992), l'apprenant organise à lui seul, et de façon incontournable, un savoir qui, pourtant et ô combien, lui reste radicalement hétérogène. Nous sommes bien là face à un « *processus conflictuel qu'il est aujourd'hui nécessaire d'approfondir, car on connaît à la fois "grâce à" (Gagné), "à partir de" (Ausubel), "au travers de" (Piaget) nos savoirs antérieurs et, en même temps, on apprend "contre" (Bachelard) ces derniers. Car la connaissance se situe ainsi tout à la fois dans le prolongement des acquis antérieurs qui ont fourni le cadre et les éléments de compréhension et par rupture à ceux-ci – ou du moins par détour –, car tout doit être réorganisé d'une nouvelle manière, selon un autre modèle* » (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 135) explicatif. Ainsi, avec Giordan et de Vecchi (1987), nous pouvons retenir qu'il nous faille d'abord "faire avec", pour ensuite "aller contre", et ainsi assumer ce que l'on peut appeler un dépassement que, au fil du temps, nous oublierons nécessairement. De là l'idée explicative que les opérations mentales, ou modes de pensée (Develay, 1989), ne sont plus visibles à ceux qui, et c'est sans doute mieux ainsi, les maîtrisent, et ce qu'a d'ailleurs si bien montré la thèse piagétienne. L'on comprend mieux maintenant pourquoi, et dans une

perspective freudienne, l'éducation, voire l'instruction reste un métier impossible : plus que de prétendre la solutionner pleinement, le registre pédagogique du constructivisme tente de négocier au mieux, et de façon pragmatique, cette contradiction, cette tension fondamentale de l'apprentissage (Astolfi, 1992), et comme nous y oblige cette dialectique de l'auto-structuration et de l'hétéro-structuration du savoir (figure 8-1 ; d'après Not, 1979/1988).

Figure 8-1. Dialectique de l'auto-structuration et de l'hétéro-structuration du savoir (d'après Not, 1979/1988)



Retenons enfin que l'inter-structuration du savoir ou, plus justement, des structures cognitives, engage de fait une pédagogie de la situation-problème où, finalement, le problème est le moyen de l'apprentissage. Naturellement, le cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons souhaite s'inscrire dans une telle pédagogie.

4. Fonction d'étayage, de tutelle et zone prochaine de développement : ou de l'intérêt des activités de structuration

Toute la dynamique du registre pédagogique du constructivisme, et par là même du modèle d'«investigation-structuration», consiste donc bien à glisser d'une dominante d'auto-structuration du savoir, où l'on cherchera en quelque sorte à susciter une adhésion, une envie, à une dominante d'hétéro-structuration du savoir, où l'on distinguera les opinions communes des savoirs scientifiques (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000). C'est pourquoi les activités d'investigation et, *a fortiori* les activités d'exploration (ou fonctionnelles⁵⁵⁵) (Host, 1978), s'inscrivent alors bien dans cette dynamique de l'auto-structuration du savoir, quand les activités de structuration s'inscrivent dans cette dynamique de l'hétéro-structuration du savoir. Afin d'accompagner ce glissement, ce passage d'une dominante à l'autre, la fonction, le rôle de notre enseignant paraît des plus décisifs, et si ce n'est manipulateurs : tout l'enjeu est, pour lui, d'étayer sans se substituer à l'activité propre de l'apprenant. Il s'agit là d'assurer la médiation de l'apprenant vers le savoir qui, en l'absence de tuteur, ne pourrait parvenir à l'apprenant. Ainsi, et qu'il s'agisse des séances dites de structuration ou, plus simplement, de moments structurants, nous envisageons de telles situations de classe comme clairement propices à la fonction d'étayage, de tutelle de l'enseignant (Bruner, 1983/1996) qui⁵⁵⁶, en intervenant de la sorte, sollicite du mieux qu'il peut les possibilités intellectuelles intrinsèques de l'apprenant. Les formes possibles d'une telle fonction sont multiples mais, et pour être tout à fait concret, rappelons-nous les bénéfiques épistémologiques qu'elle a pu nous procurer, avec :

lors du moment structurant du premier recueil de données portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale, l'introduction d'une contrainte sur le modèle [ou les modèles], à savoir que la feuille de la plante est une usine, qui permet entre autres la construction d'une nécessité sur le modèle [ou les modèles], à savoir la nécessité d'une transformation des matières premières

555 Rappelons qu'à l'origine (Host, Deman & Deunff, 1976) du modèle d'«investigation-structuration», ces « activités fonctionnelles sont proches des questions des élèves, elles résultent de leurs interrogations et observations spontanées, d'activités à caractère ludique ou motivant dans lesquelles ils s'engagent. » (Astolfi, 1992, p. 116-117). À la façon d'un dynamogène ces « activités fonctionnelles ont donc leur finalité propre ; elles ne sont nullement un simple prétexte calculé pour introduire un savoir scientifique. Pourtant, sans progression pré-planifiée en ce sens, elles peuvent y conduire et toute occasion sera saisie. En cours de route, l'activité fonctionnelle conduit en effet à des problèmes nouveaux, que le maître aide à reformuler, et qui sont reconnus comme pertinents et intéressants par les élèves, bien que ce ne soit plus vraiment les leurs : on fabriquait des gâteaux, on étudie maintenant à quoi sert la levure ; on élevait des poissons exotiques, on travaille un problème éthologique en cherchant s'il y a un chef dans l'aquarium ; on discutait des causes d'un incident de vélo qui a fait arriver un élève en classe les mains pleines de cambouis, on examine les fonctions du dérailleur, etc. » (Astolfi, 1992, p. 117).

556 Tel un processus de soutien, peut prendre différentes formes (Bruner, 1983/1996), via l'enrôlement (1), la réduction des degrés de liberté (2), le maintien de l'orientation (3), la signalisation des caractéristiques déterminantes (4), le contrôle de la frustration (5), et la démonstration (6).

(CO₂, eau et sels minéraux) prélevées dans son environnement (air + terre) ;

lors du moment structurant du second recueil de données portant sur le thème d'étude de la reproduction végétale, la réintroduction d'un savoir scientifique antérieur, à savoir que l'on sait que, dans la reproduction humaine, un ovule et un spermatozoïde sont nécessaires à la formation de la graine, qui permet entre autres la reconstruction d'une nécessité sur le modèle [ou les modèles], à savoir la nécessité d'un "spermatozoïde" et d'un "ovule".

Enfin, et au travers de ces deux paradigmes, l'on apprécie avec une joie non dissimulée que c'est en prenant soin de la logique psychologique de l'apprenant que l'on ne sacrifie en rien la logique épistémologique du savoir. En accord avec une épistémologie rationaliste de l'activité scientifique, nous abandonnons là « *l'idée de laisser s'élaborer les concepts uniquement à partir de l'expérience. Cela ne signifie pas qu'il soit nécessaire de retourner inmanquablement à une démarche expositive traditionnelle ; nous savons que "donner" une notion ne sert à rien. Il s'agit aujourd'hui de réfléchir aux éléments qui sont nécessaires, et sous quelle forme ces derniers peuvent être compréhensibles. Il s'agit également d'inciter à manipuler ces concepts, à la fois pour en montrer l'intérêt et pour habituer les apprenants à leur usage.* » (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 137). Aussi, et dans une perspective vygotskienne, les moments structurants que nous avons pu mettre en œuvre en situation de classe, tout comme les séances dites de structuration, résonnent comme des moyens clairement pertinents à l'enseignant qui, pour être le plus audible qui soit, n'envisage pas autre chose que le travail de la zone proximale de développement de ses apprenants.

Il nous faut cependant, et de façon plus que vraisemblable, gagner en souplesse quant à la caractérisation des différents types d'activités, laquelle voudrait que l'on associât aux activités de structuration les processus d'hétéro-structuration du savoir, et aux activités d'investigation les processus d'auto-structuration du savoir (Vérin & Peterfalvi, 1985). En effet, une telle caractérisation n'est selon nous plausible que lorsque l'on envisage à l'investigation la première fonction des investigations empiriques, à savoir la mise à l'épreuve d'un modèle (Orange, 2000, 2003). Ce dernier cas de figure a d'ailleurs été plus souvent retrouvé lors du premier que du second recueil de données. Cependant, et lorsque l'on envisage à l'investigation la deuxième fonction des investigations empiriques, à savoir la mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003), il va de

soi que, de par le processus de la problématisation qui est ici à l'œuvre, nous mobilisons bel et bien également des processus d'hétéro-structuration du savoir, et quand nous ne travaillons rien d'autre que le passage des opinions communes aux savoirs scientifiques (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000). On le voit, l'un et l'autre processus sont peut-être plus mêlés qu'on ne le pense lors de la démarche d'investigation mais, quoi qu'il en soit, les activités de structuration gardent toute leur pertinence lorsque, à l'appui de la fonction d'étayage, de tutelle de l'enseignant, l'on procède à des généralisations de relations issues d'activités heuristiques, voire des analogies, des oppositions, des remodelages ou, plus simplement, l'articulation de concepts en jeu : ce n'est, nous le savons bien, que de cette façon que le savoir scientifique prend tout son sens. Sans doute les activités de structuration permettent-elles aussi, et de façon plus concrète, de récupérer l'activité, l'attention de tel ou tel apprenant qui n'aurait pas totalement investi les activités d'investigation proposées.

5. Perspectives vygotskienne et bakhtinienne de l'apprentissage en sciences : ou de l'intérêt des énoncés négociés et des énoncés "structurants" (productions langagières intermédiaires)

Si l'attachement que l'on peut éprouver au modèle socio-constructiviste (tableau 4-6 ; d'après Barbery, 2006) se manifeste sur le plan de l'enseignement, notamment de par la fonction d'étayage, de tutelle de l'enseignant (Bruner, 1983/1996), il se manifeste tout autant sur le plan de l'apprentissage : d'abord, et dans une perspective vygotskienne, lorsque le langage et la pensée sont interactivement reliés, ensuite, et dans une perspective bakhtinienne, lorsque le langage reste « *fondamentalement dialogique, ce qui nous conduit à considérer tout énoncé, même écrit, même apparemment isolé, comme une réponse à une proposition antérieure ou en prévision d'une proposition à venir.* » (Jaubert & Rebière, 2000, p. 173). Ainsi, et si de notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation, nous envisageons et apprécions assez aisément la construction de problèmes scientifiques au travers de la mise au travail de diverses contraintes et nécessités, il faudrait ne pas oublier que cette même construction ne saurait être sans l'appropriation de pratiques, notamment langagières, indissociables de la communauté d'origine, scientifique dans notre cas : il existe donc des façons d'agir, de parler et de penser spécifiques à la communauté scientifique. Les difficultés rencontrées, notamment lors du premier recueil de données, à mobiliser un raisonnement purement expérimental, où l'on se doit de distinguer clairement le résultat de l'interprétation de ce même résultat, et qui nous mènera alors à la conclusion, sont très vraisemblablement à relier à cette appropriation de pratiques, qui seulement est en train de se faire. Nous pouvons alors, après l'avoir pratiqué en situation de classe, redire l'importance du travail de l'enseignant, auprès des apprenants, lorsqu'il rappelle régulièrement l'importance du témoin de l'expérience, lorsqu'il (re)demande la formulation de l'hypothèse de travail à tester, de l'expérimentation conceptualisée d'abord, mise en œuvre ensuite, et du résultat de l'expérimentation, dont l'interprétation aboutit à la conclusion. Ainsi, et comme le rappellent Jaubert et Rebière (2000), la construction du savoir scientifique ne peut passer outre l'appropriation de pratiques, notamment langagières, et donc de discours qui rendent possible, à la fois l'élaboration et la communication dudit savoir. Dit autrement, est ici fait « *l'hypothèse qu'il ne peut y avoir construction des savoirs sans la construction simultanée des discours qui permettent de dire ces savoirs. Or ces discours ne font pas l'objet d'apprentissage à l'école alors qu'ils ne font pas partie des pratiques langagières usuelles de tous les élèves.* » (Jaubert & Rebière, 2000, p. 174). Ces propos légitiment ainsi totalement la production (par le biais de

l'ordinateur et du vidéoprojecteur), par l'enseignant et les apprenants, d'un énoncé négocié à l'issue de chaque séance dite de structuration, lors du premier recueil de données (figure 6-0), mais également lors du second recueil de données (figure 7-0) ; Schneeberger (2002) ajoute d'ailleurs que de nombreuses « *observations dans plusieurs classes de l'école primaire nous ont montré que les situations les plus riches comprenaient une réalisation commune, généralement une production écrite (texte ou schéma), destinée à être présentée devant le groupe classe.* » (Schneeberger, 2002, p. 50). Nous sommes là, avec de telles productions langagières intermédiaires, irrémédiablement engagés dans des procédés de modification, de reprise... propices à donner du sens à l'activité et, fondamentalement, à la construction du savoir scientifique initialement visé. Ces mêmes discours, et les énoncés “structurants” du second recueil de données peuvent en être le témoin, portent la trace de l'interprétation par l'apprenant de la tâche qui lui a été prescrite ; ils témoignent également de tentatives plus ou moins heureuses pour s'intégrer à la communauté discursive scientifique scolaire. Bref, nous pouvons parler ici d'une certaine acculturation aux sciences et, comme nous avons déjà pu le montrer, cette dernière prend ainsi vie sous la forme d'une dialectique : de rupture épistémologique, mais aussi cognitivo-langagière, lorsque les connaissances scientifiques, vis-à-vis des connaissances communes (Bachelard, 1949), exigent de nouvelles façons d'agir, de parler et de penser, inconnues des pratiques quotidiennes, et propres aux pratiques scientifiques, et de continuité psychologique, lorsque l'on s'appuie sur nos concepts quotidiens pour construire nos concepts scientifiques (Vygotski, X/1997) ; en définitive, nous faut-il considérer « *le familier à la fois comme une aide et un obstacle pour* » (Coquidé, Fortin & Rumelhard, 2009, p. 60) nos enseignements.

6. Le modèle d'“investigation-structuration” : une incarnation de la “situation de pratique scolaire” en sciences

Afin de disposer d'un cadre conceptuel solide, et qui tienne à la fois compte de l'apprentissage (de l'apprenant) et de l'enseignement (de l'enseignant), nous avons fait le choix, à l'initial, d'utiliser le dispositif de la “situation de pratique scolaire”, dispositif issu de la didactique professionnelle, et que nous mobilisons par ailleurs avec nos étudiants dans le cadre de la préparation au master MEEF, tous domaines disciplinaires confondus. Dérivant du célèbre système, ou “triangle pédagogique”, la “situation de pratique scolaire” se distingue en cela qu'elle repose sur trois logiques indépendantes, que sont la logique de l'apprenant, du savoir, et de la société : de par leur mise en tension et sous le joug de l'enseignant, ces trois logiques restent à l'œuvre dans la création et le maintien du sens au travail proposé (figure 2-1 ; Le Bas, 2007, p. 113), et permettent ainsi de penser un modèle de “construction du sens” référé à une problématique de projet(s) (figure 2-4 ; Le Bas, 2007, p. 116). C'est ainsi que l'on s'engagera dans une logique de produits, que traduit le projet d'activité, une logique de besoins, que traduit le projet d'apprentissage et une logique de moyens, que traduit le projet d'enseignement (figure 2-4 ; Le Bas, 2007, p. 116). Puisque nos thèmes d'étude s'inscrivent bien évidemment dans le domaine des sciences de la vie, la “situation de pratique scolaire” a nécessairement dû s'accommoder de la démarche d'investigation (tableau 2-2 ; d'après Lhoste, 2007), cependant que cette dernière, et bien qu'elle s'en défende, reste trop souvent marquée du sceau d'une épistémologie empiriste de l'activité scientifique. Du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, il va de soi que nous privilégions une épistémologie rationaliste de l'activité scientifique, où la question de la construction du problème n'est jamais éludée, ce à quoi le modèle d'“investigation-structuration” semblait parfaitement répondre. Ce dernier, lorsqu'il s'articule autour de différentes activités, laisse la place, et pour le dire simplement, au temps du tâtonnement, avec les activités d'exploration (ou fonctionnelles), au temps de la recherche, avec les activités d'investigation, et au temps de la synthèse, avec les activités de structuration. Si, et comme nous avons déjà pu le discuter, la mise en relation des activités d'investigation avec les processus d'auto-structuration ou d'hétéro-structuration du savoir n'est pas évidente, et dépend vraisemblablement de la nature même de l'investigation menée, il paraît clair que notre modèle repose au moins sur les associations suivantes : aux activités de structuration les processus d'hétéro-structuration du savoir, aux activités d'exploration (ou fonctionnelles) les processus d'auto-structuration du

savoir. Poursuivant notre raisonnement, et nous laissant aller à une mise en correspondance de la “situation de pratique scolaire” et du modèle d’“investigation-structuration”, nous sommes alors tentés de nous essayer à un rapprochement du projet d’activité de la classe des activités d’exploration (ou fonctionnelles), et du projet d’apprentissage de l’apprenant des activités de structuration : la correspondance n’est peut-être pas parfaite, pour sûr même, mais il nous semble malgré tout retrouver dans le premier cas un savoir qui se construit à l’appui de l’expérience de notre personne, et dans le second cas un savoir qui se construit à l’encontre de l’expérience de notre personne. Finalement, le modèle d’“investigation-structuration” pourrait alors représenter la forme même de la “situation de pratique scolaire” en sciences ce qui, théoriquement parlant, serait pleinement satisfaisant car, ne l’oublions pas : la “situation de pratique scolaire” s’inscrit à plein et en premier lieu dans le cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons et, à l’origine de ce travail, nous constatons empiriquement une difficulté à poursuivre la problématisation au-delà du temps du débat scientifique ; d’où l’appel, somme toute logique, au modèle d’“investigation-structuration” en situation de classe (figure 2-7 ; Giordan, 1983/1987, p. 23).

De même, et poursuivant encore notre raisonnement, nous ne sommes pas sans connaître le dédoublement de la compétence, et tel qu’on l’envisage au sein même du projet d’enseignement de la “situation de pratique scolaire” : d’abord, l’objectif de prestation qui, au regard de l’activité, s’inscrit dans une logique productive, et correspond à la réponse à la tâche prescrite, ensuite, l’objectif de transformation qui, au regard de l’activité, s’inscrit dans une logique constructive, et correspond au processus de construction de la réponse à la tâche prescrite. Dit autrement, à l’objectif de prestation la dimension productive de la compétence, à l’objectif de transformation la dimension constructive de la compétence ; et, si la première s’incarne dans le projet d’activité, de par sa logique productive, la seconde s’incarne dans le projet d’apprentissage, de par sa logique constructive. Il nous semble alors que ces différentes logiques, productive pour l’une, constructive pour l’autre, de l’activité peuvent tout à fait être mobilisées dans la philosophie de notre dispositif didactique scientifique, et qui se décrit linéairement de la façon suivante : évaluation diagnostique, débat scientifique, investigations empiriques, et évaluation sommative. Pour l’avoir déjà maintes fois développé, nous n’ambitionnons pas seulement de faire passer, sur le temps du débat scientifique, les apprenants d’une représentation première à une représentation seconde, mais bel et bien de les faire passer d’une opinion commune à un savoir scientifique (tableau 3-1 ; d’après Orange,

2000) : il s'agit là d'un constructivisme épistémologique qui prend le dessus d'un constructivisme psychologique et, en somme, d'une hétéro-structuration du savoir dominant une auto-structuration du savoir. Nous pouvons ici-même, et de notre point de vue, parler d'une logique constructive de l'activité. Seulement, et de la bascule que nous opérons du temps du débat scientifique sur le temps des investigations empiriques, le risque est grand, selon nous, de retomber sur une seule logique productive de l'activité. Afin de s'y soustraire, envisageons-nous deux solutions : la première, lorsque l'on privilégie la deuxième fonction des investigations empiriques, à savoir la mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003), la seconde, lorsque l'on mêle des activités de structuration aux activités d'investigation. Ainsi, et seulement ainsi, pouvons-nous espérer que la logique constructive de l'activité se poursuive sur le temps de l'investigation. Finalement, et de par ce que l'on peut attendre du débat scientifique, en cela que l'on attend de lui une hétéro-structuration du savoir, nous en arrivons à la conclusion qu'il représente, en lui-même, une séance dite de structuration ou, plus simplement, un moment structurant ; moments structurants qu'il s'agira de renouveler sur le temps de l'investigation, et pour faire pleinement vivre l'articulation de l'investigation à la problématisation sur le temps des investigations empiriques. Mais, et comme nous avons pu le souligner ci-avant, l'acquisition de savoirs scientifiques ne saurait s'envisager sans l'acquisition de pratiques scientifiques : c'est pourquoi Giordan (1978b), et lorsqu'il fait référence aux activités de structuration, distingue l'acquisition d'une méthodologie expérimentale de l'acquisition des connaissances. Et, de pratiques scientifiques, ne faut-il pas non plus oublier les pratiques langagières propres à l'activité scientifique, lesquelles visent fondamentalement la secondarisation du discours. Ainsi, et qu'il s'agisse des séances dites de structuration ou, plus simplement, de moments structurants, de telles situations de classe permettent aux investigations empiriques de poursuivre la problématisation précédemment engagée, sur le temps du débat scientifique. C'est alors que si, sur le plan épistémologique, la problématisation permet une certaine forme d'autonomisation, lors du passage de l'assertorique à l'apodictique, la secondarisation permet pareillement, mais sur le plan langagier cette fois, l'autonomisation du texte produit, et lors du passage de discours de genre premier à des discours de genre second. De tout cela, nous pouvons maintenant proposer une synthèse des fonctions didactiques des diverses étapes d'un projet d'enseignement-apprentissage en sciences (figure 8-2), laquelle envisage la dialectique d'une rupture épistémologique (Bachelard, 1949) comme cognitivo-langagière, et d'une continuité psychologique (Vygotski, X/1997), et mobilise différents courants de pensées en sciences humaines, et que sont :

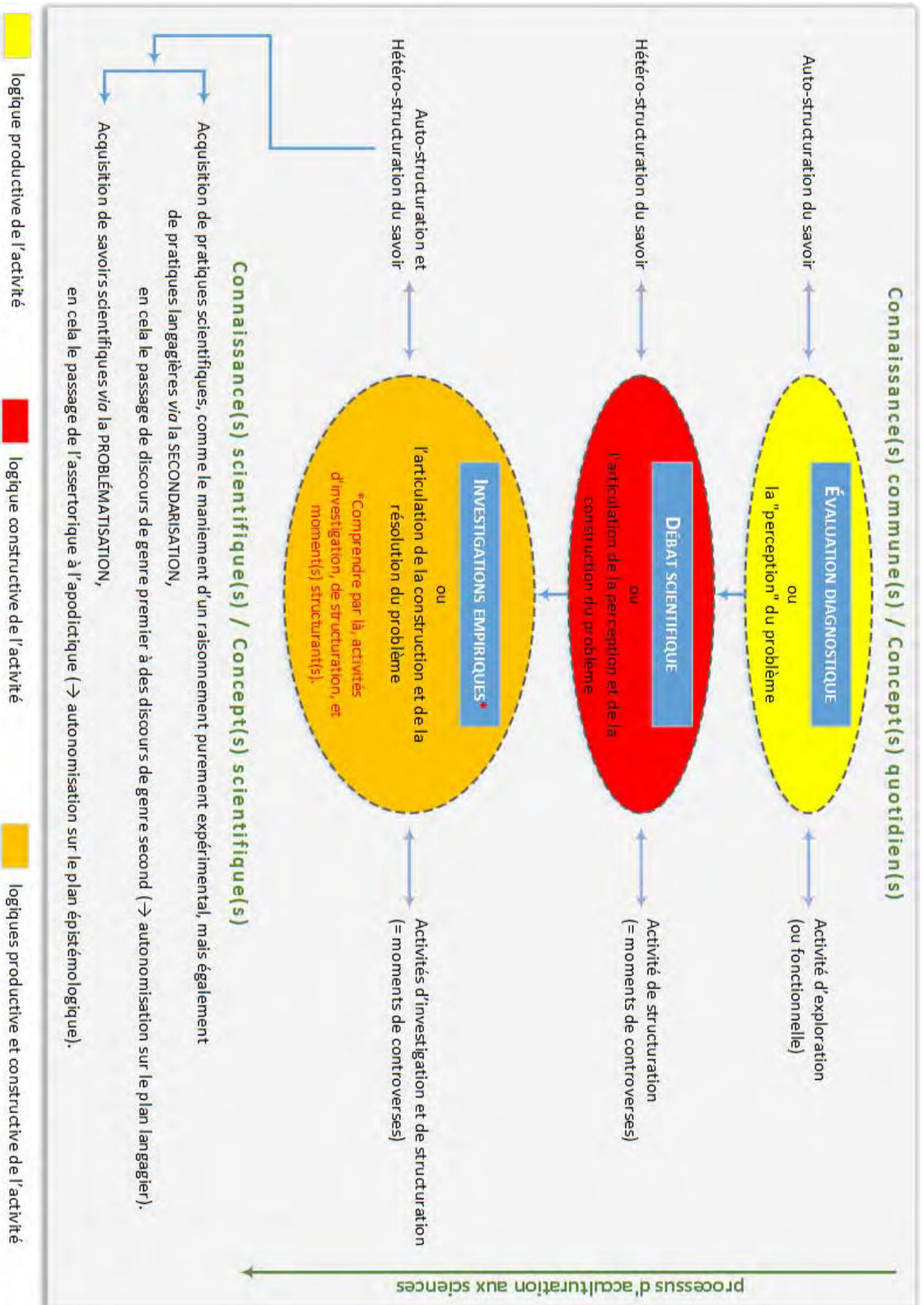
le cadre conceptuel de la problématisation, qui travaille un processus multidimensionnel impliquant position, construction et résolution de problèmes ;

la démarche d'investigation, qui stipule que l'on passe du questionnement à la connaissance par le biais de l'expérience ;

le modèle d'“investigation-structuration”, qui articule des activités d'exploration (ou fonctionnelles), des activités d'investigation à des activités de structuration, et où la structuration du savoir est diversement envisagée ;

la “théorie de l'activité”, qui pense une dialectique soutenue, au sujet même de l'activité, entre sa face conceptuelle et sa face matérielle, c'est-à-dire entre la compréhension et l'effectuation.

Figure 8-2. Synthèse des fonctions didactiques des diverses étapes d'un projet d'enseignement-apprentissage en sciences



Nota bene : Lhoste et Le Marquis (2016a), à partir d'une étude de cas, ont explicitement travaillé la mise en correspondance du cadre conceptuel de la problématisation à la démarche d'investigation.

Enfin, et revenant aux contenus d'enseignement que l'on énumère au sein même du projet d'enseignement de la “situation de pratique scolaire”, nous pouvons une fois de plus les rendre plus explicites lorsqu'il est question de la conceptualisation d'un dispositif didactique scientifique. Définies au regard de la compétence à acquérir, et au sens large, telles les conditions de la transformation à intérioriser du côté de l'apprenant, nous pouvons maintenant être plus précis : il ne s'agit ni plus ni moins que des données et conditions du problème lors de toute problématisation et, plus précisément, des contraintes et nécessités du problème lors d'une problématisation scientifique. Pour exemple : comment la plante à fleur(s) fait-elle pour se reproduire ? D'un tel problème scientifique, doivent être dégagées différentes données, telles qu'une plante est issue d'une graine, qu'une plante se compose de racine(s), de tige(s), de feuille(s) et, à la belle saison, de fleur(s)... et différentes conditions, telles qu'il faut qu'ait lieu la fécondation (puisque'il est question d'une graine), d'où la nécessité d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule”, comme la nécessité d'une rencontre de gamètes : de l'identification et la mise en concordance, en relation, en tension de ces données et conditions du problème, émerge logiquement une hypothèse de solution(s), à savoir la nécessité pour la fleur de se composer de parties mâle et femelle, et puisque ses racines, tiges et feuilles sont déjà au service de sa nutrition. Ainsi, on le voit bien, les contraintes et nécessités de notre “espace contraintes et nécessités” ne correspondent ni plus ni moins qu'aux données et conditions du problème en sciences. L'on saisit alors sans doute mieux la pertinence des “espaces contraintes et nécessités” au regard des contenus d'enseignement que l'on énumère au sein même du projet d'enseignement de la “situation de pratique scolaire” : plus encore, et surtout, sont-ils « *de nature à constituer un outil de pilotage du débat scientifique en classe pour d'autres enseignants.* » (Lhoste & Le Marquis, 2016b, p. 130), ce que nous avons déjà pu éprouver face à nos étudiants dans le cadre de la préparation au master MEEF, pour ce qui a bien évidemment trait au domaine des sciences de la vie et de la Terre.

Nota bene : sachons voir que les contraintes et nécessités correspondent rigoureusement, c'est-à-dire respectivement aux données et conditions du problème en sciences, lorsque le

registre empirique ne se compose que de contraintes sur l'empirique, et le registre du modèle [ou des modèles] que de nécessités sur le modèle [ou les modèles]. Plus simplement, comprenons que les données se situent du côté du registre empirique, quand les conditions se situent du côté du registre du modèle [ou des modèles].

7. Le modèle d'“investigation-structuration” : une condition pour des investigations empiriques problématisantes

7.1. Investigations empiriques et construction de problèmes explicatifs

Les fonctions épistémologiques des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003) telles que nous les avons mobilisées sont, de façon non ambiguë, issues de l'analyse même de l'activité de recherche scientifique. Concernant l'activité d'apprentissage scientifique, quelques tentatives, et plus particulièrement au niveau des pratiques expérimentales, ont également eu lieu ; parmi celles-ci, et pour l'avoir déjà présentée, celle de Coquidé (1998, 2000), et où l'on distingue un mode de familiarisation pratique, d'un mode d'investigation empirique, d'un mode d'élaboration théorique. Si le premier appelle à l'expérience-action, le deuxième appelle à l'expérience-objet, et le troisième appelle à l'expérience-outil (tableau 3-2 ; d'après Coquidé, 1998, 2000). D'abord, et pour ce qui est du mode de familiarisation pratique, semble-t-il ne pas y avoir de réelle référence à l'activité de recherche scientifique : en effet, l'enjeu reste la simple constitution d'un registre empirique donné, et sans qu'aucun cadre théorique ne lui serve d'appui ce qui, par ailleurs, nous interdit un quelconque rapprochement avec la quatrième fonction des investigations empiriques, à savoir les expériences ou les relevés descriptifs (Orange, 2000, 2003). En revanche, et de l'intérêt qui peut être ici porté au tâtonnement expérimental, un tel mode n'est pas sans nous rappeler les activités d'exploration (ou fonctionnelles) de notre modèle d'“investigation-structuration”. Ensuite, et pour ce qui est du mode d'investigation empirique, la référence à l'activité de recherche scientifique paraît plus explicite : la mise en concordance, en relation, en tension du registre empirique et du registre du modèle [ou des modèles] est ici à l'œuvre, en vue de la construction de problèmes scientifiques, ce qui fait clairement écho à la deuxième fonction des investigations empiriques, à savoir la mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003). Néanmoins, il nous semble qu'un tel mode, à terme, se replie sur des apprentissages méthodologiques, techniques, vis-à-vis d'apprentissages conceptuels ; en définitive, que les pratiques scientifiques prendraient ici le dessus des savoirs scientifiques, ce qui paraît évidemment dommageable. Rappelons-nous en effet, comme le souligne Bachelard (1934/1949), que notre activité « *scientifique doit changer devant une expérience nouvelle ; un discours sur la méthode scientifique sera toujours un discours de circonstance, il ne décrira pas une constitution définitive de l'esprit scientifique.* » (Bachelard,

1934/1949, p. 135). Enfin, et pour ce qui est du mode d'élaboration théorique, l'on retrouve là encore la référence à l'activité de recherche scientifique, mais peinons à la qualifier : de prime abord, et tel qu'il peut être présenté, l'on songerait à la première fonction des investigations empiriques, à savoir la mise à l'épreuve d'un modèle (Orange, 2000, 2003), et bien que ne semblent pas être totalement absents et d'un tel mode quelques allers et retours entre registre empirique et registre du modèle [ou des modèles], ce qui nous redirigerait alors sur la deuxième fonction des investigations empiriques, à savoir la mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003). Bref, d'un panel de situations d'enseignement-apprentissage où la dévolution du problème en jeu peut tout aussi bien être absente que présente. Résumant le tout, et vis-à-vis de ces différents modes didactiques, Orange (2003) parvient alors aux associations suivantes : au mode de familiarisation pratique les apprentissages empiriques, au mode d'investigation empirique les apprentissages méthodologiques, techniques, et plus que conceptuels, au mode d'élaboration théorique les apprentissages conceptuels ; cependant, et parmi cette diversité de pratiques expérimentales, seul le mode d'investigation empirique paraît s'atteler réellement à la construction du problème en sciences, et bien qu'elle soit inachevée, puisque n'atteignant pas les apprentissages conceptuels qui devraient en découler. Finalement, un tel découpage des pratiques expérimentales amène, en situation de classe, à « *décomposer la tâche, de l'étaler dans le temps ; certains travaux empiriques des élèves se trouvent ainsi plutôt dédiés à la constitution du registre des modèles, d'autres à celle du registre empirique, d'autres enfin à la mise en relation des deux, mais le plus souvent dans l'unique intention d'une initiation aux "méthodes". C'est ce choix qui apparaît derrière l'idée de "mode didactique de pratiques expérimentales" que propose Coquidé. Les investigations empiriques sont alors soit séparées de la construction des problèmes, soit, au mieux, placées aux marges de la problématisation. Celle-ci, si elle est réellement travaillée, se fait alors essentiellement sur les références empiriques dont les élèves disposent a priori, ou sont censés disposer.* » (Orange, 2003, p. 74).

7.2. Investigations empiriques et connaissances en jeu

7.2.1. Dans l'activité de recherche scientifique

Du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, nous savons bien maintenant que, de façon conjointe, le registre empirique et le registre du modèle [ou des modèles] s'élaborent l'un et l'autre (figure 3-5 ; Orange, 2003, p. 63). Au cours de l'évolution

de la construction du problème, le recueil de faits constatables du registre empirique s'articule alors de plus en plus clairement avec les idées explicatives du registre du modèle [ou des modèles] : nous progressons de fait d'une opinion commune vers un savoir scientifique (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000). C'est le cas pour exemples, et pour le domaine des sciences de la vie, lorsque l'on interprète le résultat de croisements par le biais de pourcentages de recombinaison et, pour le domaine des sciences de la Terre, lorsque l'on interprète les lames minces de roches métamorphiques au regard de différents concepts, tels que l'association paragénétique... Ainsi, les faits constatables doivent pour beaucoup aux idées explicatives, ou connaissances conceptuelles, leur objectivation, mais pas seulement.

En effet, et comme nous avons déjà pu le développer, s'ajoutent à cela des connaissances pratiques (Barbier, 1996/1998 ; Delbos & Jorion, 1984/1990 ; Vergnaud, 1995), peu explicites et, par voie de conséquence, peu enseignables : ou d'un apprentissage qui, pour long qu'il soit, ne pourra s'effectuer que sur le tas (Orange, 2000, 2003 ; Orange & al., 1999). Tout chercheur espère ainsi « *acquérir la somme de connaissances, d'expérience et de flair sans quoi on perd son temps. Sans quoi on n'a aucune chance de gagner au jeu. Sans quoi on demeure un minable.* » (Jacob, 1987, p. 220).

Finalement, c'est ainsi « *que la construction d'un registre empirique ne se limite pas à une simple accumulation de données : les faits n'existent qu'à travers un ensemble de connaissances pratiques mises en jeu dans les investigations empiriques et qui se constituent avec eux ; mais ils n'ont de sens que par leur relation explicite avec le* » (Orange, 2003, p. 77) registre du modèle [ou des modèles], ainsi qu'avec les connaissances conceptuelles correspondantes. Nous pouvons de la sorte résumer les caractéristiques des connaissances impliquées dans l'élaboration du registre empirique chez le chercheur (tableau 8-3 ; d'après Orange, 2003).

Tableau 8-3. Caractéristiques des connaissances impliquées dans l'élaboration du registre empirique chez le chercheur (d'après Orange, 2003)

| Caractéristique 1 |
|--|
| Une partie de ces connaissances est très contextualisée, très spécifique d'un objet d'étude et même d'un matériel d'étude. |

| |
|---|
| Caractéristique 2 |
| Une partie de ces connaissances est non explicite et demande alors un long apprentissage sur le tas. |
| Caractéristique 3 |
| Ces connaissances sont largement liées à l'élaboration modélisante, au problème en construction ou construit, au travers aussi bien de connaissances conceptuelles que de connaissances expertes non totalement explicites. |

7.2.2. Dans l'activité d'apprentissage scientifique

Travaillant toujours les investigations empiriques, voire expérimentales, mais cette fois dans l'activité d'apprentissage scientifique, l'on retrouve donc côté apprenant un certain nombre de difficultés à les pratiquer aisément : Schneeberger et Rodriguez (1999) distinguent alors celles qui relèvent du domaine des connaissances, de celles qui relèvent du domaine des techniques, et de celles qui relèvent du domaine des méthodes. D'une autre façon, et discutant la question de la résistance du réel, Coquidé, Bourgeois-Victor et Desbeaux-Salviat (1999) repèrent des moments particulièrement critiques au cours de la démarche d'investigation, et si ce n'est expérimentale : lors de la conception des protocoles d'abord, et lors du recueil de données ensuite, ce qui n'est pas sans nous rappeler les difficultés rencontrées lors de notre premier recueil de données. D'une autre façon encore, nous avons déjà pu souligner qu'il apparaît trop souvent et pour l'apprenant une gêne majeure à repérer sur le “réel de terrain” des contraintes empiriques, à y prélever des informations et ce, en vue de la construction d'un possible modèle et, par conséquent, d'un problème (Orange, 2000, 2003 ; Orange & al., 1999) : les données abstraites et qui sont issues de l'expérimentation, et par conséquent du “réel de laboratoire”, semblent alors préférées de l'apprenant (Latour & Woolgar, 1988). Tout au plus l'observation du réel semble-t-elle guidée par quelque'idée initiale et qui, malgré tout, s'habille de vertus explicatives. Bien que pouvant « *expliquer cela par l'attachement à un modèle explicatif simple qui donne satisfaction, donc à des connaissances conceptuelles, il semble que le manque de connaissances pratiques permettant de prendre des informations fines sur le terrain est également en cause.* » (Orange, 2003, p. 80). Globalement, nous constatons alors et ô combien trop souvent « *une faible autonomie des élèves sur le terrain : ils ne sont pas capables d'identifier seuls un fait* » (Orange, 2003, p. 80) constatable et qui mériterait de l'être. Enfin, d'autres travaux issus de l'activité de recherche scientifique montrent que nombre « *de situations expérimentales dans lesquelles on place les élèves se réfèrent en fait à une phénoménologie plus ou moins savante qui ne peut s'appréhender sans un minimum de connaissances conceptuelles, elles mêmes le plus souvent en relation avec*

une certaine modélisation des phénomènes » (Orange, 2003, p. 81) à l'étude. Nous pouvons de la sorte résumer les caractéristiques des connaissances impliquées dans l'élaboration du registre empirique chez l'apprenant (tableau 8-4 ; d'après Orange, 2003).

Tableau 8-4. Caractéristiques des connaissances impliquées dans l'élaboration du registre empirique chez l'apprenant (d'après Orange, 2003)

| |
|---|
| Caractéristique 1 |
| Une partie non négligeable de ces connaissances sont des connaissances très spécifiques d'un domaine ou même d'un matériel donné. On peut alors s'interroger sur l'intérêt d'un apprentissage, pour les apprenants de l'enseignement général, de techniques ayant un caractère de généralité peu élevé. |
| Caractéristique 2 |
| Une partie non négligeable de ces connaissances sont des connaissances pratiques (Barbier, 1996/1998 ; Delbos & Jorion, 1984/1990 ; Vergnaud, 1995) ; elles ne sont pas complètement explicites, donc pas totalement enseignables, et ne peuvent s'acquérir que dans l'action, sur un temps assez long. Quel temps a-t-on à consacrer en classe à de tels apprentissages ? Avec quelle régularité peut-on les travailler ? |
| Caractéristique 3 |
| Les investigations empiriques et les méthodes correspondantes sont fortement liées aux connaissances conceptuelles et aux problématiques travaillées, donc articulées avec le registre du modèle [ou des modèles] et la construction de problèmes. Et cela même dans certains problèmes qui paraissent uniquement expérimentaux. Est-il possible alors de penser le travail empirique des apprenants en dehors ou en marge de la construction de problèmes et de la modélisation ? C'est pourtant la tendance didactique spontanée. |

7.2.3. Positionnement pédagogique du cadre conceptuel de la problématisation

Face aux investigations empiriques, les difficultés rencontrées chez le chercheur ou l'apprenant ne diffèrent, et pour ainsi dire pas. Si la nécessité de telles investigations, en vue de la construction du problème en jeu, et donc du savoir scientifique n'est plus à démontrer, il paraît n'être toujours pas évident, pour l'enseignant, de proposer aux apprenants de réelles investigations empiriques problématisantes qui, en elles-mêmes, voient se rejoindre le registre empirique et le registre du modèle [ou des modèles]. Sur ce temps des investigations empiriques, la mise en concordance, en relation, en tension de ces deux registres, et qui aboutit à la construction de problèmes scientifiques, n'est jamais simple : l'inertie de notre esprit, les obstacles épistémologiques (Bachelard, 1938/1986)... et les fameuses connaissances pratiques (Barbier, 1996/1998 ; Delbos & Jorion, 1984/1990 ; Vergnaud, 1995) que nous venons de discuter nous font souvent défaut. Une première façon d'appréhender les investigations empiriques vise à scinder la tâche qui les concerne : dans l'esprit de Coquidé

(1998, 2000), nous nous attelons, *grosso modo*, à des apprentissages empiriques avec le mode de familiarisation pratique, à des apprentissages méthodologiques, techniques avec le mode d'investigation empirique, et à des apprentissages conceptuels avec le mode d'élaboration théorique (tableau 3-2 ; d'après Coquidé, 1998, 2000). Il va de soi que, du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, nous préférons ne pas envisager une élaboration disjointe du registre empirique d'un côté, et du registre du modèle [ou des modèles] d'un autre côté, ce qui explique notre préférence pour la deuxième fonction des investigations empiriques, à savoir la mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003). Aussi, Orange (2000, 2003) pose-t-il quelques conditions pour des investigations empiriques problématisantes.

7.2.3.1. Le choix des domaines d'investigation empirique

Certains domaines, ou objets d'étude s'appuient sur un registre empirique mieux maîtrisé que d'autres et de la part des apprenants, ce qui n'est pas sans conséquences sur le déroulement de la situation d'enseignement-apprentissage, et comme a pu le montrer Millar (1996). De même, et pour des apprenants d'âges différents, l'avons-nous déjà observé : sortie biologique dans le premier degré *versus* sortie géologique dans le second degré (Orange, 2000, 2003 ; Orange & *al.*, 1999) ; il s'avérait en effet que, du premier cas, la sortie avait été assurément plus fructueuse, l'étude du littoral résonnant particulièrement bien auprès d'apprenants issus d'une région maritime. Cependant et dans un tel cas, le risque est alors grand de voir l'opinion commune s'ériger à la façon d'un obstacle épistémologique (Bachelard, 1938/1986), d'où une certaine vigilance à avoir de la part de l'enseignant. Ainsi, et bien que soit toujours envisagée la mise au travail des obstacles épistémologiques (Bachelard, 1938/1986), faut-il aussi veiller à travailler des domaines, ou objets d'étude dont découlent des problèmes qui soient à la fois modélisables et investigables.

7.2.3.2. Le recours à des références empiriques aménagées

Malgré tout, l'on ne peut exclure tout domaine, ou objet d'étude dont le registre empirique ne s'accorde trop peu d'avec le vécu de l'apprenant, et ce en raison de la logique de la société qui compose notre "situation de pratique scolaire", en somme, de par le respect des instructions officielles qui s'imposent. C'est pourquoi, et dans ce cas, paraît-il essentiel d'aménager les investigations empiriques, quitte à ce qu'elles soient plus modestes, telle une

expérience de monstration, mais de façon à toujours faire fonctionner la mise en concordance, en relation, en tension du registre empirique et du registre du modèle [ou des modèles], aboutissant à la construction de problèmes scientifiques.

7.2.3.3. La séparation dans le temps

Comme cela a pu être le cas lors du premier recueil de données, avec le premier temps des investigations empiriques ayant pour objectif l'investigation sur le besoin en eau, et lors du second recueil de données, avec le deuxième temps des investigations empiriques portant sur les concepts de fruit et de graine, nous pouvons être amenés « *à séparer dans le temps les moments de débat sur un problème explicatif et les temps d'investigation empirique. L'investigation peut avoir pour but de vérifier une contrainte empirique (en cours de problématisation) ou de mettre à l'épreuve un ou plusieurs modèles concurrents (à la fin d'une étape de problématisation).* » (Orange, 2000, p. 131). Remarquons que dans l'esprit de Coquidé (1998, 2000), nous embrassons là l'expérience-outil ou expérience-validation.

7.2.3.4. L'action de l'enseignant

Sans renoncer à la construction active de la part du sujet dans ses apprentissages, il apparaît comme une évidence toute l'importance d'un certain contexte social, et donc de l'enseignant, auprès des apprenants, dans cette mise en concordance, en relation, en tension du registre empirique et du registre du modèle [ou des modèles] : il ne s'agit pas là seulement d'aides techniques, mais d'un réel guidage lors de la construction du problème en jeu. Bien évidemment, nous discutons là la fonction d'étayage, de tutelle de l'enseignant (Bruner, 1983/1996) qui, en intervenant de la sorte, sollicite du mieux qu'il peut les possibilités intellectuelles intrinsèques de l'apprenant. Nous sommes au cœur de dispositifs “souples-durs”, au sens d'Astolfi et Peterfalvi (1993) mais, plus simplement, rejoignons là l'esprit même du modèle d’“investigation-structuration”, accompagnant et cadrant quand il le faut, et libérant « *des espaces où les élèves peuvent s'engager intellectuellement et débattre. Le débat dans la classe, qui est essentiel pour avancer dans la modélisation problématisée des phénomènes établis, doit à certains moments porter sur les investigations empiriques elles-mêmes : il s'agit alors de construire des problèmes explicatifs tout en apprenant à lire le réel.* » (Orange, 2003, p. 82-83). Finalement, se trouve là résumée la contradiction, la tension fondamentale de l'apprentissage en sciences, avec « *la conclusion suivante : paradoxalement,*

pour permettre à des investigations empiriques de contribuer à la construction de problèmes, il semble nécessaire qu'elles soient ouvertes, en permettant des choix et des engagements des élèves, mais en même temps cadrées et guidées. » (Orange, 2000, p. 126). Par conséquent, se voient là totalement légitimées les séances dites de structuration ou, plus simplement, les moments structurants que nous avons envisagés lors du premier et du second recueils de données, et par là même, le modèle d'«investigation-structuration».

7.3. Investigations empiriques au sein de la construction de problèmes explicatifs : diversité de formes, de structures et de fonctions, de rôles

Il nous a été permis, et dans un tel cadre, de remarquer déjà que nous parlions plus volontiers d'investigations empiriques que d'investigations expérimentales et ce, pour deux raisons : d'abord, et d'un point de vue épistémologique, lorsque le domaine des sciences de la vie et de la Terre interroge tout autant le «réel de terrain» que le «réel de laboratoire» (Orange & al., 1999), ensuite, et d'un point de vue pédagogique, lorsque l'investigation correspond à la fois à la documentation, à l'expérimentation, à l'observation... bref, de tout ce qui permet une confrontation au réel. D'ailleurs, et de « *la recherche documentaire qui, elle aussi, est généralement présentée comme un moyen de substitution, il faut comprendre qu'elle concerne selon les cas le registre empirique (comptes rendus d'expériences, par exemple), le registre des modèles (schémas explicatifs, par exemple) ou les relations entre l'un et l'autre ; elle est indispensable car c'est le moyen de confronter les savoirs construits dans la classe avec ceux élaborés dans une communauté scientifique* » (Orange, 2012, p. 128) à laquelle nous souhaitons faire accéder le plus grand nombre possible.

Nous avons bien évidemment souvent eu recours, lors de nos investigations empiriques, à la documentation ; plus souvent encore et sans doute lors du second recueil de données. Néanmoins, des pratiques expérimentales pouvaient les accompagner ; c'est par exemple le cas lors du premier temps des investigations empiriques (séance du mardi dix mars deux-mille-quinze) du second recueil de données, où se mêlaient à la fois des activités d'investigation, sous la forme d'une documentation d'abord, et sous la forme d'une expérimentation / observation ensuite. Sous la forme d'une documentation d'abord, afin d'asseoir et de façon définitive le fait constatable qu'une fleur, avec le temps, fane et (donne

une ou plusieurs graines et) se transforme en un fruit. Sous la forme d'une expérimentation / observation ensuite, afin de rechercher les différents verticilles protecteurs et reproducteurs dont il était précédemment question. Nous sommes là typiquement, et sur cette même séance, sur la deuxième fonction des investigations empiriques, à savoir la mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003) : en effet, nos activités d'investigation, sous la forme d'une documentation d'abord permettent la construction de la contrainte sur l'empirique d'une fleur qui, avec le temps, fane et (donne une ou plusieurs graines et) se transforme en un fruit, et sous la forme d'une expérimentation / observation ensuite préparent la construction de la nécessité pour la fleur de se composer de parties mâle et femelle. Enfin, cette nécessité sur l'empirique sera, lors du moment structurant de cette fin de séance, mise en concordance, en relation, en tension avec la nécessité d'un "spermatozoïde" et d'un "ovule", et puisque l'enseignant rappellera que l'on sait que, dans la reproduction humaine, un ovule et un spermatozoïde sont nécessaires à la formation de la graine. Ainsi, on le voit bien, l'essentiel du travail est déjà fait sur ce premier temps des investigations empiriques, et vis-à-vis de la construction du problème scientifique en jeu ; en effet, le pistil est déjà associé à l'organe femelle et, pour les groupes 2 et 5, l'étamine, voire le pollen sont hypothétiquement associés à l'organe mâle, ce qui sera bien évidemment confirmé / validé par l'expérience lors du troisième temps des investigations empiriques (séance du vendredi vingt mars deux-mille-quinze) du second recueil de données. Dans cette optique, la troisième fonction des investigations empiriques, à savoir "l'instanciation" des modèles (Orange, 2000, 2003) sied à merveille à ce troisième temps des investigations empiriques, et puisque lesdites investigations ambitionnent ici d'affiner, de préciser un modèle qu'il ne s'agit pas, en l'état actuel des choses, de remettre en cause. Enfin, rappelons que, lors du deuxième temps des investigations empiriques (séance du mardi dix-sept mars deux-mille-quinze) du second recueil de données, l'hypothèse de travail de la séance du jour visait la mise au travail de la contrainte sur l'empirique d'un fruit qui, avec le temps, se désolidarise de la plante mère et (tout en pourrissant) libère une ou plusieurs graines : si l'on est tenté d'y voir là la première fonction des investigations empiriques, à savoir la mise à l'épreuve d'un modèle (Orange, 2000, 2003), rappelons que pour Orange (2000, 2003), la confirmation, la validation d'une contrainte sur l'empirique entrevue relève encore de la deuxième fonction des investigations empiriques, à savoir la mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003) ; l'une et l'autre fonctions n'étant pas au demeurant si éloignées, puisque la première relève d'ailleurs plus *a posteriori* d'une simplification de la seconde. Nous nous proposons maintenant de résumer les différentes

fonctions des investigations empiriques lors du second recueil de données portant sur le thème d'étude de la reproduction végétale (tableau 8-5).

Tableau 8-5. Différentes fonctions des investigations empiriques lors du second recueil de données portant sur le thème d'étude de la reproduction végétale

| Temps des investigations empiriques | Fonction des investigations empiriques |
|-------------------------------------|--|
| Premier (séance du 10/03/2015) | Mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques |
| Deuxième (séance du 17/03/2015) | Mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques |
| Troisième (séance du 20/03/2015) | “L’instanciation” des modèles |

Revenant maintenant au premier recueil de données portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale, nous pourrions également être tentés, lors de la mise en évidence des différents besoins de la plante sur le temps des investigations empiriques, d'y voir là la première fonction des investigations empiriques, à savoir la mise à l'épreuve d'un modèle (Orange, 2000, 2003) : en effet, concernant notamment le besoin en eau, chaque groupe de travail de la classe avait une hypothèse de travail à tester, telle que la plante a besoin d'eau, la plante absorbe l'eau au niveau de ses racines, la plante absorbe l'eau au niveau de ses feuilles / tiges, la plante possède des canaux, tuyaux, vaisseaux, veines... ou la plante présente des rejets dans l'environnement. Mais il n'en est rien car, ici-même, nous attachons-nous finalement à la construction de contraintes sur l'empirique, lesquelles participent d'ailleurs pour beaucoup aux conditions de possibilité pour un débat scientifique problématisant (Orange, 2000) ; or, Orange (2000, 2003) insiste sur le point que, lorsque nos investigations empiriques sont mises en œuvre afin de confirmer / valider lors de la problématisation une contrainte sur l'empirique entrevue, alors devons-nous y voir la deuxième fonction des investigations empiriques, à savoir la mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques (Orange, 2000, 2003). Nous devons alors comprendre que la pleine construction du problème scientifique en jeu nécessite, en règle générale, une certaine maîtrise du registre empirique qui lui correspond. En effet, le « *problème ne peut se cantonner au début du travail scientifique : sa construction est une part essentielle de ce travail et se développe dans le temps, en même temps que se précisent les contraintes empiriques qui peuvent être pertinentes. La mise en problème n'est donc pas quelque chose qui va de soi ou qui ne relèverait que du psychologique. Entre le moment où un problème*

montre son nez et sa construction, donc, en quelques sorte, entre le P et le H du schéma que nous discutons, il y a un temps fondamental du travail scientifique qui n'est pas uniquement conceptuel, mais où, nous l'avons vu, l'exploration et la détermination des contraintes empiriques » (Orange, 2000, p. 107-108) se doit d'être. A contrario, avancerons-nous que nos « investigations empiriques ne semblent pas nécessaires lors du travail de problématisation quand le registre empirique et le registre des modèles sont suffisamment constitués pour que l'on puisse construire un problème en grande partie par convocation de faits » (Orange, 2003, p. 66-67) constatables et, nous pouvons le rajouter, objectivés.

Concernant plus globalement la méprise qui se manifeste trop souvent dans la confusion de la mise à l'épreuve d'un modèle et de la mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques, comprenons bien que si, logiquement parlant, l'une et l'autre *« fonctionnent semblablement, la première n'est souvent qu'une abstraction, réduite justement à cette logique, de la seconde. Il s'agit d'une mise en forme, à des fins de publications par exemple, qui supprime les allers et retours entre idées et analyses critiques dont nous avons vu l'importance dans la construction des problèmes, au moins pour les sciences peu théorisées. Prendre la forme épurée comme référence didactique est en cohérence avec la négation habituelle de la construction de problème. Cela ne peut nous convenir. »* (Orange, 2000, p. 112).

8. Le modèle d'“investigation-structuration” : une solution au double écueil de la pédagogie de la réponse et de la pédagogie de la question

Le cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons a toujours rejeté une épistémologie de la résolution de problème au profit, nous n'en serons pas surpris, d'une épistémologie de la problématisation. Mais, avant cela et plus généralement, c'est à un double écueil qu'il nous faut ne pas succomber (Fabre, 1993) : celui d'une pédagogie de la réponse d'abord, où les réponses sont pour ainsi dire déconnectées, et précèdent même les questions qui leur font véritablement sens, celui d'une pédagogie de la question ensuite, où la réponse, dans ce qu'elle peut avoir d'intéressant épistémologiquement parlant, est totalement délaissée au profit de l'intérêt qui peut être porté de l'apprenant à ladite question. L'on se concentre, dans ce dernier cas de figure, sur la réussite du projet entrepris, alors même qu'il nous faille, et nous l'espérons bien, apprendre pour réussir. C'est donc de cette interaction espérée, entre les questions et les réponses, que se révèle comme ô combien pertinente la situation-problème qui, de façon méthodique, organise ladite interaction.

Si l'on en revient maintenant au glorieux système, ou “triangle pédagogique”, le problème peut ainsi être diversement envisagé, avec (Fabre, 1993) :

du côté du processus “enseigner” (tentations), où l'intérêt est porté sur la relation enseignant / savoir, un problème (= le critère) qui s'intègre dans un modèle normatif. Nous sommes là en quelque sorte sur une pédagogie de la réponse ;

du côté du processus “former” (tentative), où l'intérêt est porté sur la relation enseignant / apprenant, un problème (= le mobile) qui s'intègre dans un modèle incitatif. Nous sommes là en quelque sorte sur une pédagogie de la question ;

du côté du processus “apprendre” (transformation), où l'intérêt est porté sur la relation apprenant / savoir, un problème qui s'intègre dans un modèle appropriatif. Le problème est ici à la fois le critère, le lieu et la source de la construction de notre savoir (Champagnol, 1974). Nous sommes là en quelque sorte sur une pédagogie de la situation-problème.

Jouant des correspondances, nous nous proposons maintenant de préciser ces grandes formes pédagogiques, au regard du domaine de la didactique des sciences expérimentales et

technologie, avec (Fabre, 1993) :

lorsque le problème s'intègre dans un modèle normatif, un enseignement des sciences que l'on peut rattacher au modèle transmissif (tableau 4-6 ; d'après Barbery, 2006) ;

lorsque le problème s'intègre dans un modèle incitatif, un enseignement des sciences que l'on peut rattacher à la démarche d'investigation, voire aux activités d'investigation et, *a fortiori* aux activités d'exploration (ou fonctionnelles) (Host, 1978) du modèle d'«investigation-structuration» ;

lorsque le problème s'intègre dans un modèle appropriatif, un enseignement des sciences que l'on peut rattacher au modèle d'«investigation-structuration».

Le modèle d'«investigation-structuration», par le biais de la situation-problème, permet en dernier lieu et de notre point de vue, de travailler au mieux la question du sens, et ce de par l'appel à la thèse bachelardienne (Fabre, 1993) : en effet, un premier moment, relevant de l'analyse, permet d'extraire le sens de propositions –que l'on espère bientôt– anciennes, et un second moment, relevant de la synthèse, permet de construire le sens de propositions nouvelles. C'est alors que la problématisation scientifique *« revient d'abord à questionner ses représentations initiales. Et cette opération exige de mettre entre parenthèses toutes les dimensions des propositions qui les expriment ! On neutralise la manifestation : en s'objectivant dans la discussion, ces représentations perdent leur caractère de mythe personnel. Elles se détachent du moi pour devenir le bien commun de la réflexion. Elles perdent également leur statut de croyance en s'exposant à la critique. On neutralise également la référence première puisqu'on interroge la valeur indicative de ces représentations ou la sphère d'expériences sur laquelle elles prétendent s'appuyer. Enfin la signification elle même est mise entre parenthèses dans la mesure où est questionnée la pertinence des concepts mobilisés. »* (Fabre, 1993, p. 96). Telle peut être ce premier moment, que l'on peut qualifier d'analytique, voire de critique. À quoi suivra un second moment, que l'on peut qualifier de synthétique, avec (Fabre, 1993) :

du point de vue de la dimension de la manifestation, la construction du «nous» scientifique, vis-à-vis du «ça», du «je» ou du «on» quotidien ;

du point de vue de la dimension de la signification, la construction des concepts scientifiques, vis-à-vis des concepts quotidiens, voire des mythes personnels ;

du point de vue de la dimension de l'indication, la construction de nouvelles références, permettant de passer du vécu au corroboré.

Par ailleurs, et pour avoir maintes fois pu l'apprécier lors de notre second recueil de données, *via* l'analyse épistémologico-langagière des énoncés “structurants”, l'abandon du “ça”, du “je” ou du “on” quotidien nous renvoie pleinement aux caractéristiques du fonctionnement langagier lors de la recherche et de la justification de l'explication (tableau 4-5) et, plus simplement peut-être, aux caractéristiques du discours quotidien vis-à-vis du discours scientifique (tableau 8-6 ; d'après Ducancel, 1988).

Tableau 8-6. Caractéristiques du discours quotidien vis-à-vis du discours scientifique (d'après Ducancel, 1988)

| Discours quotidien | Discours scientifique |
|--|--|
| L'interlocuteur est un individu, ou quelques individus particuliers. Le discours tenu doit en tenir compte. | L'interlocuteur est un ensemble d'individus ; il peut cependant avoir des caractéristiques particulières (être, par exemple, aussi ou moins sachant, savant que l'émetteur). Le discours tenu doit à la fois en tenir compte et dépasser les particularités pour présenter des contenus généraux. |
| On dialogue, on parle. C'est ainsi que l'interlocuteur est le mieux conduit à objecter, refuser, répliquer... | On dit, on énonce. C'est ainsi que l'interlocuteur est le mieux conduit à approuver, écouter... et pourtant ! |
| La situation est commune. | La situation est fondamentalement non commune et inégalitaire : l'émetteur présente des informations, des faits scientifiques... à un public qui les ignore ou les connaît moins bien que lui. Mais le discours tenu, pour aller à son terme et être reçu, doit être reconnu par ce même public comme valable scientifiquement, c'est-à-dire comme respectant les règles du discours scientifique. |
| Le discours quotidien (qui est un discours d'action) est du domaine factuelo-déductif. Il s'inscrit dans le domaine des faits et des séquences de faits. | Le discours scientifique est du domaine hypothético-déductif. Les faits sont des faits scientifiques qui n'ont d'existence et de sens que par rapport à un corps d'hypothèses, un cadre théorique de référence, un état de la recherche. |
| Le discours quotidien vise une validité locale et actuelle : l'émetteur note les circonstances particulières, use de modulateurs et modalise ses énoncés comme comiques ou non, crédibles ou non, étonnants ou non... ; rien ou peu de choses n'est préalablement défini, de | Le discours scientifique vise une validité générale et éternelle, dans un domaine scientifique et un état de la théorie et du débat scientifique donnés : quand l'émetteur note les circonstances, ce sont celles de la recherche rapportée, de telle connaissance... par rapport à l'état de la recherche, c'est-à-dire aux connaissances antérieures, au cadre |

| | |
|--|--|
| sorte que la connivence, le vécu ou le sens commun, les exemples... définissent. | théorique de référence. Les modulateurs renvoient aux conditions d'expérience, aux limites de la généralisation... La quantification, les mesures, les traitements statistiques sont propres au discours scientifique ; la modalisation renvoie au critère du vrai, réfère à l'hypothético-déductif, mais aussi à la valeur que, par exemple, peut avoir la recherche rapportée par le discours tenu. |
|--|--|

Nota bene : d'une certaine façon, nous retrouvons là ce qui, dans le discours même, oppose les connaissances communes aux connaissances scientifiques (Bachelard, 1949), et comme a d'ailleurs pu le montrer Beorchia (2003).

Chapitre 9. Conclusion et perspectives

Prenant quelque peu du recul sur notre question de recherche initiale, à savoir l'étude des conditions de possibilité pour des investigations empiriques problématisantes, nous nous proposons de revenir dans un premier temps, à l'appui de Couture et *al.* (2015), sur les critères des pratiques d'enseignement efficaces dans le domaine des sciences expérimentales et technologie (tableau 9-1 ; d'après Couture & *al.*, 2015).

Tableau 9-1. Critères des pratiques d'enseignement efficaces dans le domaine des sciences expérimentales et technologie (d'après Couture & *al.*, 2015)

| |
|---|
| Critère 1 |
| Susciter le questionnement. |
| Critère 2 |
| Engager l'apprenant dans des démarches d'investigation riches et variées. |
| Critère 3 |
| Établir des liens avec des problématiques sociales. |
| Critère 4 |
| Mobiliser différentes formes de langage utilisées dans le domaine des sciences expérimentales et technologie. |
| Critère 5 |
| Intégrer des TIC dans un processus de construction de connaissances. |
| Critère 6 |
| Intégrer autant les démarches que les connaissances dans l'évaluation des compétences. |

À lire entre les lignes, nous retrouvons là les activités d'exploration (ou fonctionnelles) avec le critère 1, ainsi que les activités d'investigation ou, plus simplement, la démarche d'investigation avec le critère 2. Également, et à la façon de Giordan (1978b), se trouve ici distinguée l'acquisition d'une méthodologie expérimentale de l'acquisition des connaissances avec le critère 6. Aussi, et pour les avoir pratiquées en situation de classe par le biais de l'ordinateur et du vidéoprojecteur, les TICE qui, de notre point de vue représentent un réel agrément, ne sont pas non plus oubliées avec le critère 5. En dernier lieu et peut-être pas assez abordé lors de nos développements précédents, le critère 3 demeure selon nous extrêmement pertinent et, plus encore, a même pu être travaillé lors de notre premier recueil de données lorsque, traitant la question des engrais, nous avons été amenés à distinguer les engrais “non chimiques” des engrais “chimiques” et, par voie de conséquence, l'agriculture biologique, qui se base sur le fonctionnement d'un sol de forêt (figure 6-6), de l'agriculture non biologique,

qui se base sur le fonctionnement d'un sol de culture (figure 6-8). Malgré cela, et de notre parti pris, nous restons quelque peu dubitatifs de n'y voir pas la trace d'une quelconque problématisation, sur le plan épistémologique, et bien qu'elle ait pourtant été discutée (Couture & al., 2015). *A contrario*, et puisqu'elle fait apparemment défaut dans la littérature anglo-saxonne, Couture et al. (2015) n'oublie pas, avec le critère 4, de faire écho à une quelconque secondarisation, sur le plan langagier. Lhoste et Orange (2015) ne s'y trompent d'ailleurs pas, lorsqu'ils relèvent dans la littérature anglo-saxonne que ce « *qui peut surprendre le lecteur francophone est la minoration, dans les travaux sur les pratiques efficaces, du rôle des pratiques langagières spécifiques aux sciences et des technologies dans les processus d'apprentissage.* » (Lhoste & Orange, 2015, p. 15).

1. Conditions didactiques de la problématisation scientifique

Au plus près de notre question de recherche initiale, mais à une échelle quelque peu plus large, à savoir celle du projet d'enseignement-apprentissage, Orange (2006) a déjà, mais de façon non exhaustive, tenté de lister un certain nombre de conditions didactiques rendant alors possible la problématisation scientifique.

Premièrement, et nous retrouvons là à la fois les dimensions de la manifestation et de la signification précédemment discutées (Fabre, 1993), la nécessité de la mise au travail d'un problème scientifique qui relève bien d'une modalité explicative, et non descriptive : qu'il soit parlant psychologiquement parlant, du point de vue de la logique de l'apprenant, et pertinent épistémologiquement parlant, du point de vue de la logique du savoir. Pour exemple : que devient le fruit que tu as mangé ? D'un tel "problème" scientifique, nous satisfaisons *a priori* à la première dimension, mais non à la seconde ; en effet, une telle question oriente l'apprenant sur un quelconque trajet au sein du tube digestif, ce qui relève d'une modalité descriptive, et non explicative, alors même que nous connaissons parfaitement, au sujet du thème d'étude de la nutrition animale, les deux visages du problème sous-jacent à la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation : d'une part, le problème de l'absorption et de la distribution, d'autre part, le problème de l'assimilation (Orange, 2005a).

Deuxièmement, la nécessité d'un état de connaissances partagées qui soit optimal. Comprenons par là que si le partage des connaissances est trop important, alors ne peut-il pas y avoir de réel débat problématisant en situation de classe, ce qui aboutira de suite à un modèle explicatif, reçu et accepté de tous, qui penchera d'ailleurs plus du côté de l'opinion que du savoir. *A contrario*, et si le partage des connaissances est trop limité, alors ne peut-il pas non plus y avoir de réel débat problématisant en situation de classe, les désaccords portant sur telle ou telle donnée empirique entravant de beaucoup trop le processus de la problématisation. C'est pourquoi les connaissances partagées de toute la classe doivent être assez importantes, afin de pouvoir construire les raisons qui se cachent derrière nos idées, et en même temps assez limitées, afin de laisser place à la confrontation, l'explicitation et la justification des contraintes repérées (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000).

Troisièmement, la nécessité d'un registre explicatif partagé de toute la classe, au risque d'assister, lors du débat scientifique par exemple, à un dialogue de sourds, par définition peu problématisant (Orange, 2000, 2002). Pour exemple et au sujet du thème d'étude de la nutrition animale, un apprenant qui ne fonctionne pas sur un registre explicatif mécaniste, lorsque la simple présence d'aliments au niveau du ventre rend compte de la croissance du corps considéré, peinera à prendre part au débat scientifique.

Quatrièmement, la nécessité d'un repérage des raisons en jeu, c'est-à-dire des contraintes et nécessités, par le biais d'"espaces de contraintes". À cela deux remarques de notre part. D'abord, et nous le savons bien, les "espaces de contraintes" ont depuis évolué en "espaces contraintes et nécessités", plus fidèles à la représentation du produit de la problématisation ou, plus justement, de la construction du problème en sciences. Ensuite, un certain réalisme de la pratique de classe amène à ne pas tout mélanger : au chercheur la réalisation d'"espaces contraintes et nécessités" en jeu, lors d'études empiriques, à l'enseignant la mobilisation de tels espaces, en tant qu'"espaces contraintes et nécessités" possibles, en situation de classe. Il n'en reste pas moins que de tels espaces soient déjà envisagés comme des outils forts d'aide à la problématisation scientifique.

2. Conditions didactiques de la problématisation scientifique au regard de nos études empiriques : de l'importance, aussi, de ne pas négliger le registre psychologique du constructivisme

La démarche d'investigation, pour séduisante qu'elle soit, souffre à l'usage de reproches qui, si l'on souhaite la rendre plus efficace, méritent de lui être adressés : d'abord, et d'un point de vue épistémologique, s'inscrit-elle trop souvent dans une épistémologie empiriste de l'activité scientifique, contraire à notre épistémologie bachelardienne, ensuite, et d'un point de vue psychologique, ne permet-elle trop souvent pas à l'enseignant de saines confrontations et, en cela, de saines interactions langagières entre pairs, pour que se manifeste bien notre perturbation (socio)cognitive. Résumant les choses, un conflit socio-cognitif peut en soi tout aussi bien donner naissance à des régulations fonctionnelles, désirées, que non fonctionnelles, et comme nous avons pu le constater lors de nos deux recueils de données, notamment lors du débat scientifique, où l'enseignant se laissa quelquefois déborder. De même, les capacités cognitives de l'enfant ne sont pas celles de l'adulte, et *a fortiori* du chercheur, quand il est question du maniement d'un raisonnement purement expérimental et, en somme, de la démarche d'investigation. Ajoutant à cela que les tâches fortement structurées ont depuis montré toute leur efficacité (Bressoux, 1994), il nous a semblé alors opportun de questionner une forme possible de guidage fort lors de notre démarche d'investigation. Cette forme possible de guidage fort, et c'est l'hypothèse de travail que nous avons faite, réside sûrement en quelques moments structurants, et qui assoient le savoir scientifique initialement visé. D'où l'appel, somme toute logique, au modèle d'"investigation-structuration" en situation de classe (figure 2-7 ; Giordan, 1983/1987, p. 23), et que nous avons pu mettre en œuvre lors de nos deux recueils de données. C'est alors, et qu'il s'agisse des séances dites de structuration ou, plus simplement, de moments structurants, que nous avons pu apprécier à la positive de telles situations de classe comme clairement propices à la fonction d'étayage, de tutelle de l'enseignant (Bruner, 1983/1996) qui, en intervenant de la sorte, sollicite du mieux qu'il peut les possibilités intellectuelles intrinsèques de l'apprenant. Il s'agit là clairement pour nous d'un levier, d'un point d'appui sur lequel expérimenter l'articulation de l'investigation à la problématisation ; en somme, un temps de l'apprentissage qui rende possible, à l'issue de l'investigation, la poursuite de la problématisation, dans sa dimension seconde & constructive, bien entendu.

2.1. Sur le temps du débat scientifique

Précédant l'investigation, la problématisation s'exerce de façon toute privilégiée, et dans un premier temps, sur le temps du débat scientifique : plus que de faire prendre conscience à l'apprenant de ses représentations initiales et de leurs limites, le cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons vise à faire construire à l'apprenant le problème et, en particulier, les raisons qui l'organisent, et ainsi passer d'une opinion commune à un savoir scientifique, plus que d'une représentation première à une représentation seconde (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000). Néanmoins, et lors du débat scientifique du premier recueil de données portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale, nous avons pu constater dans l'ensemble, et pour ce qui est des différents besoins de la plante, une difficulté de la part de l'enseignant à adopter le point de vue de la "Construction de problème" vis-à-vis du point de vue du "Travail sur les représentations" (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000) : en effet, la construction des raisons, notamment pour ce qui est du besoin en CO₂, ne paraît pas envisageable avec de si jeunes apprenants, et ce de par le registre explicatif qu'ils peuvent être amenés à mobiliser. De fait, la construction de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] d'une transformation (*via* un organe) de la matière prélevée n'aura, de notre point de vue et dans le cas présent, réellement lieu que sur le temps des investigations empiriques, une fois seulement posés et validés les différents besoins de la plante, telles des contraintes sur l'empirique. Nous pensons cependant ne pas devoir être frustrés d'un tel constat : le thème d'étude retenu dans le cadre de ce premier recueil de données exigeait en quelque sorte, et vis-à-vis des différents besoins de la plante, le travail de la croissance, d'abord dans son aspect descriptif, et ensuite dans son aspect explicatif (Goix, 1996, 1997). Aussi, la conceptualisation, l'explication, la modélisation... bref, la problématisation a-t-elle malgré tout été engagée sur le temps du débat scientifique. Preuve en est la construction de la contrainte sur l'empirique qui suit : une plante, avec le temps, croît et se développe et, par voie de conséquence, prend de la masse et de la taille, aussi bien au niveau de ses parties aériennes que souterraines, ou la nécessité sur l'empirique qui suit : nécessité d'une alimentation de la plante et, par voie de conséquence, d'un prélèvement de matière dans son environnement (air + terre), ou encore les nécessités sur le modèle [ou les modèles] qui suivent : nécessité d'une absorption (*via* les parties aériennes ? les parties souterraines ?) de la matière prélevée & nécessité d'une distribution (*via* la sève (eau + substances minérales) ?) de la matière prélevée.

Quoi qu'il en soit et quand bien même ne s'agit-il pas là de notre priorité initiale, le point de

vue du “Travail sur les représentations” (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000) garde de sa pertinence sur le temps du débat scientifique, et ne doit donc pas être ostracisé : nous avons pu le voir précédemment avec la question du CO₂ où, d'abord, et sur le temps du débat scientifique, nous assistons à la mise en place des conditions de possibilité pour penser le besoin en CO₂ pour, ensuite, et sur le temps des investigations empiriques, assister à la mobilisation du besoin en CO₂, telle une contrainte sur l'empirique, au service de la construction de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] d'une transformation (*via* un organe) de la matière prélevée. Nous avons également, avec la question du CO₂, montré que le travail de l'obstacle, sur le temps du débat scientifique, rend possible ou, tout du moins facilite, sur le temps des investigations empiriques, le travail du problème scientifique en jeu ; ce qui, d'une certaine façon, réconcilie le modèle de repérage, fissuration et franchissement de l'obstacle (figure 1-2 ; Astolfi & Peterfalvi, 1993, p. 119) avec le cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons.

2.2. Sur le temps des investigations empiriques

Souhaitant penser l'investigation au regard de notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation, nous avons pris le parti de ne jamais nous désolidariser de notre outil phare, et qui représente le produit de la problématisation ou, plus justement, de la construction du problème en sciences, à l'issue du débat scientifique : il s'agit là, bien évidemment, de l'“espace contraintes et nécessités”. S'il peut et a même vocation à servir au pilotage d'autres débats scientifiques, d'autres classes, et avec d'autres apprenants (Lhoste & Le Marquis, 2016b), nous l'envisageons aussi comme des plus pertinents au pilotage de l'investigation à venir ; c'est ainsi que, lors de chaque recueil de données, nous avons procédé, et sur le temps des investigations empiriques, à une centration portant sur une partie de la schématisation possible de l'“espace contraintes et nécessités” de la classe de CM1 / CM2, avec :

lors du moment structurant du premier recueil de données portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale, une centration notamment organisée autour de la nécessité d'une absorption (*via* les parties aériennes ? les parties souterraines ?) de la matière prélevée, comme de la nécessité d'une transformation (*via* un organe) de la matière prélevée (figure 6-11) ;

lors du moment structurant du second recueil de données portant sur le thème d'étude de la reproduction végétale, une centration notamment organisée autour de la nécessité d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule” (figure 7-8).

De la sorte, et vis-à-vis de la question du sens (Fabre, 1993), nous ne négligeons pas la dimension de la signification, du point de vue de la logique du savoir, lorsque sont mises au travail les contraintes et nécessités constitutives du problème scientifique en jeu, et la dimension de la manifestation, du point de vue de la logique de l'apprenant, lorsque les moments structurants mis en place s'accompagnent de la fonction d'étayage, de tutelle de l'enseignant (Bruner, 1983/1996), et permettent ainsi l'expression de compétences déjà acquises avec, bien évidemment, une résistance certaine, sans laquelle de nouveaux savoirs, savoir-faire et savoir-être ne sauraient être construits. Rappelons tout de même que la formalisation des activités langagières en jeu lors du premier (figure 6-12 ; figure 6-13 ; figure 6-14 ; figure 6-15 ; figure 6-16) et du second (figure 7-9 ; figure 7-10 ; figure 7-11 ; figure 7-12 ; figure 7-13 ; figure 7-14) recueils de données, lors de tels moments structurants, attestent grandement du bénéfice de la fonction d'étayage, de tutelle de l'enseignant (Bruner, 1983/1996), et puisque les nécessités sur le modèle [ou les modèles] travaillées sont, pour chaque groupe de travail de la classe, bel et bien construites, avec :

lors du moment structurant du premier recueil de données portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale, la construction de la nécessité d'une transformation des matières premières (CO_2 , eau et sels minéraux) prélevées dans son environnement (air + terre), grâce à l'introduction par l'enseignant d'une contrainte sur le modèle [ou les modèles], à savoir que la feuille de la plante est une usine ;

lors du moment structurant du second recueil de données portant sur le thème d'étude de la reproduction végétale, la reconstruction de la nécessité d'un "spermatozoïde" et d'un "ovule", grâce à la réintroduction par l'enseignant d'un savoir scientifique antérieur, à savoir que l'on sait que, dans la reproduction humaine, un ovule et un spermatozoïde sont nécessaires à la formation de la graine.

Fait marquant, dans le cas du thème d'étude de la nutrition végétale, la construction de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] de la transformation n'est rendue possible que par le biais d'une contrainte sur le modèle [ou les modèles], nouvellement "imposée" (Fabre & Orange, 1997) par l'enseignant (figure 6-10) ce qui, selon nous, représente une forme possible de la "transposition didactique" en sciences, en accord avec une forme possible de guidage fort de la démarche d'investigation, que représente le modèle d'"investigation-structuration".

Fait marquant également, mais pour être plus général, l'introduction d'une contrainte sur le modèle [ou les modèles] dans un cas, ou la réintroduction d'un savoir scientifique antérieur dans un autre cas, nous semble être totalement décisif pour l'enseignant qui souhaite au mieux s'inscrire dans la zone prochaine de développement de l'apprenant. À la suite de cela, nous pensons pouvoir dire que le moment structurant représente, à l'issue du débat scientifique, une phase essentielle du travail entrepris quand il est question de la problématisation : en effet, lorsqu'il interroge la construction ou la reconstruction de telle ou telle nécessité sur le modèle [ou les modèles] qui, selon nous, cristallise la schématisation possible de l'“espace contraintes et nécessités” en jeu, nous ne sommes plus très loin d'aboutir à une hypothèse de solution(s), dont la proximité avec la nécessité sur l'empirique ne fait que peu de doutes. Tout cela confirme d'ailleurs, empiriquement parlant, tout l'intérêt que nous portions déjà, théoriquement parlant, à la nécessité sur l'empirique. Afin d'être plus explicite à ce sujet, nous nous proposons de rappeler les nécessités sur l'empirique qui ont été travaillées, d'abord lors du moment structurant du premier recueil de données portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale (tableau 9-2), et ensuite lors du moment structurant du second recueil de données portant sur le thème d'étude de la reproduction végétale (tableau 9-3).

Tableau 9-2. Nécessités sur l'empirique induites de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] d'une transformation des matières premières (CO₂, eau et sels minéraux) prélevées dans son environnement (air + terre)

| Nécessités sur l'empirique | Solutions |
|--|---------------------------------------|
| Nécessité d'une fabrication de produits alimentaires Nécessité d'une source d'énergie Nécessité de capteurs solaires | Sève sucrée Soleil Chlorophylle |

Tableau 9-3. Nécessité sur l'empirique induite de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] d'un “spermatozoïde” et d'un “ovule”

| Nécessité sur l'empirique | Hypothèse de solution(s) |
|---|-------------------------------|
| Nécessité pour la fleur de se composer de parties mâle et femelle | Étamine & Carpelle (≈ Pistil) |

De même, et qu'il s'agisse d'un thème d'étude ou de l'autre, nous remarquons pour aller dans ce sens une certaine cohérence, une certaine correspondance entre les hypothèses de solutions, les nécessités sur l'empirique avancées, et le problème scientifique en jeu, tel qu'il

pourrait être formulé, à savoir :

comment la plante à fleur(s) fait-elle pour se nourrir ? (si l'on ne considère pas la matière minérale comme de la nourriture) ou, plus simplement, comment la plante à fleur(s) fait-elle pour grandir ? Pour le thème d'étude de la nutrition végétale ;

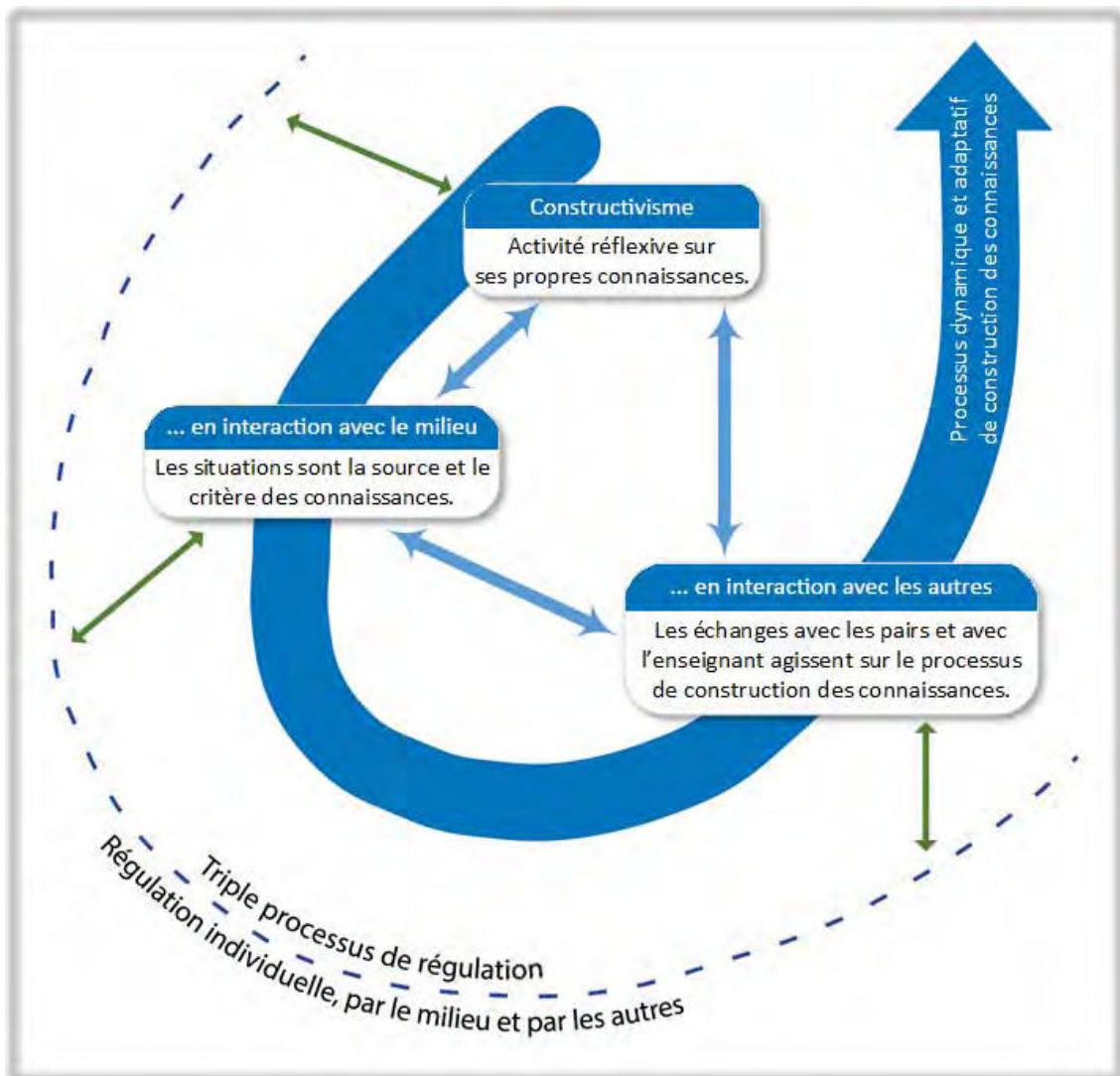
comment la plante à fleur(s) fait-elle pour se reproduire ? Pour le thème d'étude de la reproduction végétale.

Remarquons enfin, et comme nous l'avons déjà largement développé, qu'une telle chronologie de travail, à savoir l'étude de la nutrition végétale dans un premier temps, et l'étude de la reproduction végétale dans un second temps, ne doit rien au hasard, mais repose au contraire sur une conviction forte ; un concept scientifique ne peut et ne prend en effet tout son sens qu'au travers de l'intégration d'un réseau de concepts scientifiques : nous sommes là à nouveau sur la dimension de la signification, du point de vue de la logique du savoir, et c'est, pour nombre d'entre nous, une forme possible des activités de structuration en sciences, et qui se révèle des plus efficaces. D'une certaine façon, et ici-même, l'étude de la nutrition végétale sert l'étude de la reproduction végétale, quand il est notamment envisagé, à l'issue du projet d'enseignement-apprentissage, d'aboutir au cycle (simplifié) de développement / vie chez les angiospermes (figure 7-30) lequel, de notre point de vue, nécessite l'articulation de différents concepts scientifiques. En effet, comme l'ont développé Astolfi, Peterfalvi et Vérin (1998), il paraît toujours essentiel « *de provoquer la comparaison et la confrontation entre des découvertes, souvent disjointes dans le temps, sous la forme d'activités de synthèse. Cela permet de relier les acquis ponctuels, de les mettre en relation et de modeler concepts et méthodes* » (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 178). Nous sommes là face à « *des "moments assis", qui autorisent des rapprochements, analogies et mises en parallèle entre deux ou plusieurs séances ayant permis d'aborder partiellement un même concept. Cet aspect des choses est particulièrement important en termes de réussite scolaire, car les élèves en difficulté ont tendance à concevoir chaque leçon comme un espace clos, aboutissant à des savoirs parcellisés, puis accumulés, sans s'imaginer que des liens aient à être établis entre eux, ni sans d'ailleurs s'autoriser à le faire.* » (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p. 178).

3. Les trois dimensions du constructivisme en situation de classe

Nous avons, lors de nos études empiriques, usé de séances dites de structuration ou, plus simplement, de moments structurants : pour l'avoir déjà développé, rappelons seulement que nous envisageons de telles situations de classe comme clairement propices à la fonction d'étayage, de tutelle de l'enseignant (Bruner, 1983/1996). De notre point de vue, cette fonction a rendu possible, lors du premier recueil de données portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale, la construction de la nécessité d'une transformation des matières premières (CO₂, eau et sels minéraux) prélevées dans son environnement (air + terre), et lors du second recueil de données portant sur le thème d'étude de la reproduction végétale, la reconstruction de la nécessité d'un "spermatozoïde" et d'un "ovule". Ces nécessités sont, nous le savons bien essentielles, car elles ne représentent ni plus ni moins que les conditions (de possibilité) du problème en jeu et, par conséquent, du processus de la problématisation. Aussi, la même « focalisation sur les liens entre langage et apprentissage est à mettre en relation avec l'arrière-plan vygotkien qui irrigue plus ou moins explicitement la plupart des recherches en didactique et le souci, déjà énoncé précédemment dans cette introduction, de s'intéresser le plus précisément possible à la co-activité du maître et des élèves » (Lhoste & Orange, 2015, p. 19), sur le temps du débat scientifique comme sur le temps des investigations empiriques, avec les séances dites de structuration. Ainsi, et du soin apporté lors de telles situations de classe, à la fois aux fonctions liées aux échanges avec les autres, grâce à la pratique régulière du débat scientifique, et aux échanges avec le milieu, grâce à la réalisation et à la mobilisation d'"espaces contraintes et nécessités", nous pensons pouvoir rendre compte, et si ce n'est répondre au triptyque du paradigme constructiviste (figure 9-1 ; Jonnaert & al., 1999/2003, p. 32), encore appelé "modèle SCI".

Figure 9-1. Triptyque du paradigme constructiviste (Jonnaert & al., 1999/2003, p. 32)



Ce modèle, qui doit nécessairement être envisagé de façon tridimensionnelle, comporte donc trois dimensions, avec (Jonnaert & al., 1999/2003) :

une dimension socio-constructiviste, où sont représentées les fonctions portant sur les échanges avec les autres, c'est-à-dire les autres apprenants et l'enseignant ;

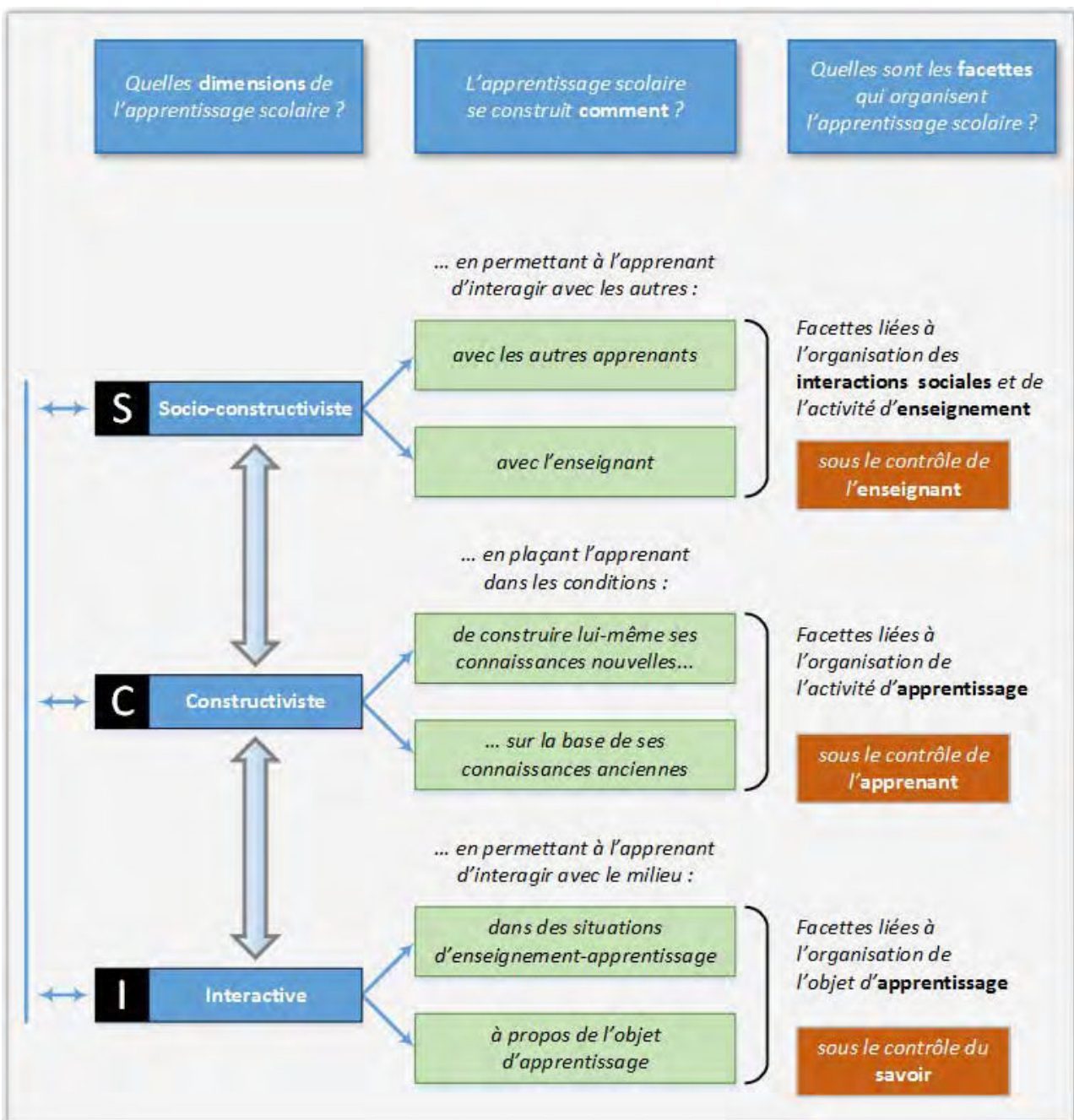
une dimension constructiviste, où sont représentées les fonctions portant sur l'apprenant ;

une dimension interactive, où sont représentées les fonctions portant sur les échanges avec le milieu, c'est-à-dire la situation d'enseignement-apprentissage.

Bien que solidaires les unes des autres, chaque dimension repérée reste malgré tout sous le

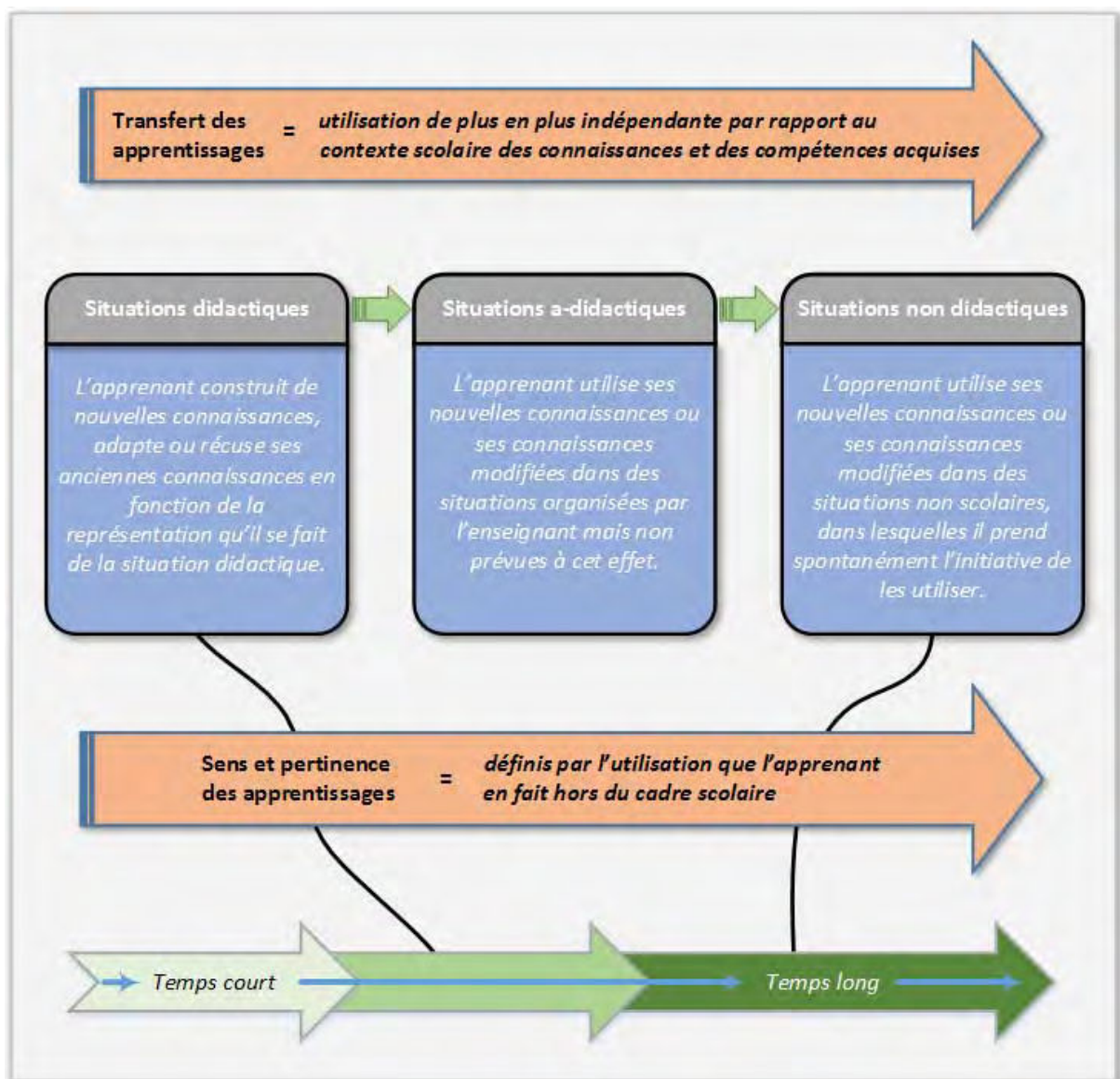
contrôle majoritaire de l'un des trois partenaires de toute relation didactique, et que sont l'enseignant pour la dimension socio-constructiviste, l'apprenant pour la dimension constructiviste, et le savoir pour la dimension interactive. C'est alors que nous pouvons présenter les différentes dimensions et facettes de l'apprentissage scolaire au sein du "modèle SCI" (figure 9-2 ; Jonnaert & al., 1999/2003, p. 230).

Figure 9-2. Dimensions et facettes de l'apprentissage scolaire au sein du "modèle SCI" (Jonnaert & al., 1999/2003, p. 230)



Cependant, une telle représentation du “modèle SCI” reste pour ainsi dire statique. Il nous faut donc, avant de l'envisager pleinement dynamique, bien comprendre que les apprentissages scolaires n'ont de sens que lorsqu'ils permettent, au-delà de la simple application, des réinvestissements et / ou des transferts en contexte scolaire⁵⁵⁷ mais, surtout, en contexte non scolaire. C'est alors que nous parlons de situations didactiques, a-didactiques et non didactiques, pour mettre en lumière cette question du sens et de la pertinence des apprentissages scolaires (figure 9-3 ; Jonnaert & *al.*, 1999/2003, p. 231).

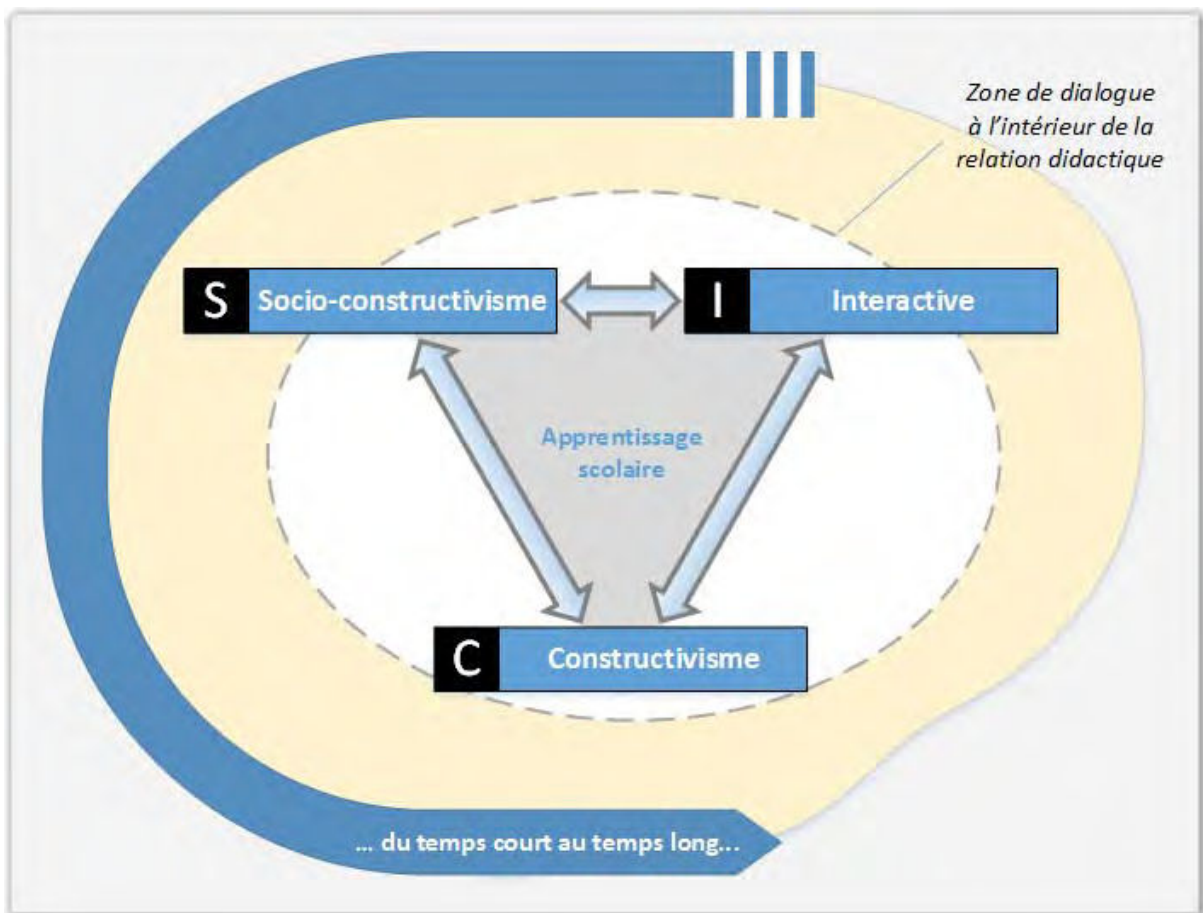
Figure 9-3. Sens et pertinence des apprentissages scolaires (Jonnaert & *al.*, 1999/2003, p. 231)



⁵⁵⁷ Comme ont pu l'entendre Astolfi et Laurent (1992), qui par ailleurs distinguent le transfert de l'analogie et de la généralisation ; mais aussi et surtout Develay (1994).

Si l'on doutait encore de la relation qui unit le sens, la pertinence des apprentissages scolaires à la question du réinvestissement, du transfert, n'oublions pas comme il peut être « fréquent d'observer un élève de première primaire identifiant avec joie, sur les panneaux routiers ou les enseignes publicitaires des magasins, les premières lettres et les premiers mots qu'il vient d'apprendre à l'école. Ses nouvelles connaissances quittent progressivement l'école et il recherche des contextes nouveaux dans lesquels il peut enfin les utiliser ! » (Jonnaert & al., 1999/2003, p. 232). La question du réinvestissement, du transfert, permet ainsi un changement d'échelle, du temps court au temps long, et surtout lorsqu'elle envisage une sortie du contexte scolaire. C'est alors que nous pouvons désormais présenter une première approche dynamique du “modèle SCI” (figure 9-4 ; Jonnaert & al., 1999/2003, p. 232).

Figure 9-4. Première approche dynamique du “modèle SCI” (Jonnaert & al., 1999/2003, p. 232)



Il semble alors, selon Jonnaert et al. (1999/2003), qu'il revient à la “transposition didactique” de prendre à bras-le-corps cette question du sens et de la pertinence des

apprentissages scolaires (figure 9-3 ; Jonnaert & *al.*, 1999/2003, p. 231). En effet, ladite pertinence « ne peut se vérifier que si l'apprentissage scolaire est d'emblée placé dans une perspective temporelle longue et que si l'objectif premier de ces apprentissages est le transfert, hors du cadre scolaire, des nouvelles compétences et des nouvelles connaissances acquises par les situations didactiques. Pour ce faire, l'enseignant doit, dès les premières minutes de l'apprentissage scolaire, mettre les nouvelles connaissances de l'élève en perspective, en lui montrant les situations dans lesquelles il pourra les utiliser. Par un travail sur les savoirs scolaires, la transposition didactique permet l'identification de ces situations. À défaut, l'apprentissage scolaire fonctionne avec des œillères, sans perspective aucune. » (Jonnaert & *al.*, 1999/2003, p. 233). Nous pouvons ainsi résumer les fonctions de la “transposition didactique” exercées au sein du “modèle SCI”, en contexte scolaire (tableau 9-4 ; d'après Jonnaert & *al.*, 1999/2003).

Tableau 9-4. Fonctions de la “transposition didactique” exercées au sein du “modèle SCI”, en contexte scolaire (d'après Jonnaert & *al.*, 1999/2003)

| |
|---|
| Fonction 1 |
| Validation des savoirs. |
| Fonction 2 |
| Identification des situations pertinentes pour l'apprentissage de ces savoirs. |
| Fonction 3 |
| Identification des situations dans lesquelles les savoirs pourront être réinvestis, transférés. |
| Fonction 4 |
| Évaluation par la vérification de l'existence ou non d'un réinvestissement, d'un transfert. |

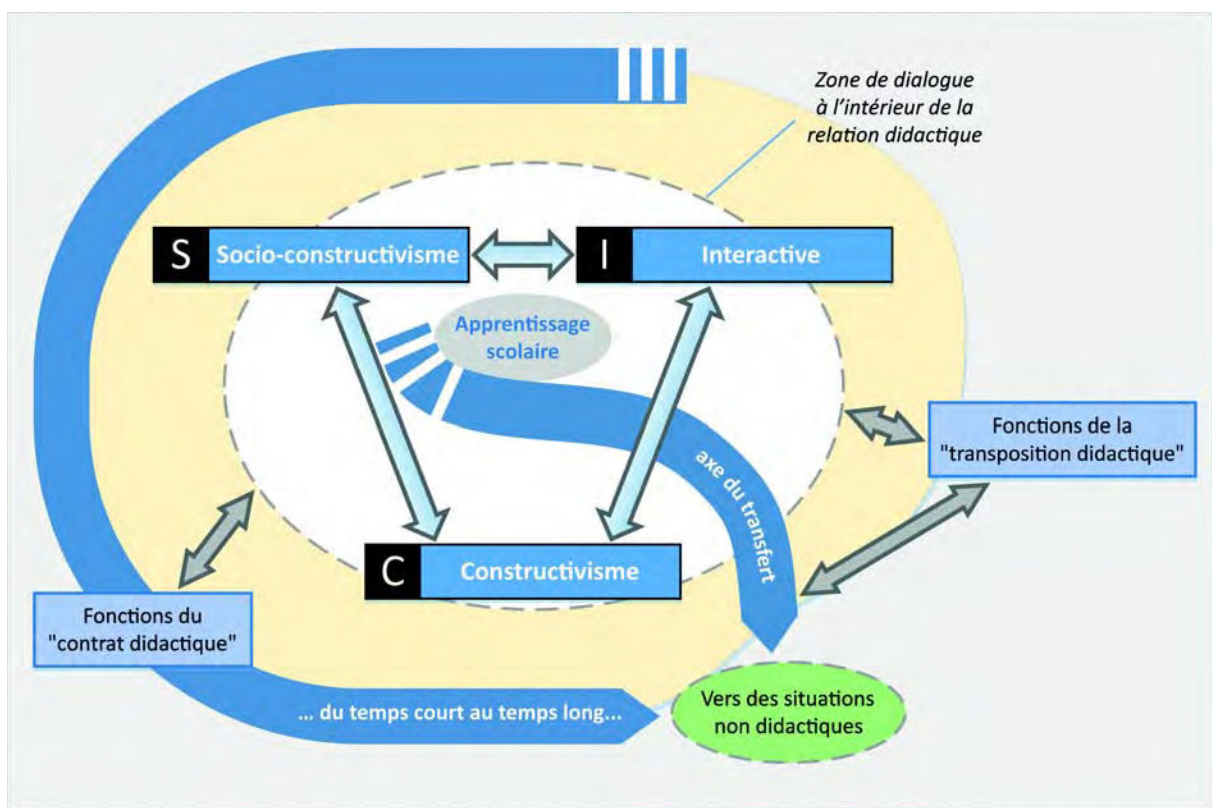
D'une autre façon, et toujours selon Jonnaert et *al.* (1999/2003), le “contrat didactique” assure quant à lui la mise en relation ou, plus justement, en interaction des trois partenaires de toute relation didactique, régulant ainsi les rapports que peuvent entretenir les apprenants et l'enseignant vis-à-vis du savoir. Nous pouvons ainsi résumer les fonctions du “contrat didactique” exercées au sein du “modèle SCI”, en contexte scolaire (tableau 9-5 ; d'après Jonnaert & *al.*, 1999/2003).

Tableau 9-5. Fonctions du “contrat didactique” exercées au sein du “modèle SCI”, en contexte scolaire (d'après Jonnaert & *al.*, 1999/2003)

| |
|---|
| Fonction 1 |
| Création d'espaces, de zones de dialogue entre les apprenants, l'enseignant et le savoir. |
| Fonction 2 |
| Régulation des rapports des apprenants et de l'enseignant au savoir. |

Ne nous reste plus qu'à intégrer ces fonctions respectives mais complémentaires de la "transposition didactique" et du "contrat didactique" au sein même de l'apprentissage scolaire et, en cela, au "modèle SCI". C'est alors que nous pouvons désormais présenter une seconde approche dynamique du "modèle SCI" (figure 9-5 ; Jonnaert & al., 1999/2003, p. 235).

Figure 9-5. Seconde approche dynamique du "modèle SCI" (Jonnaert & al., 1999/2003, p. 235)



Nous retrouvons là cependant, avec la question du réinvestissement, du transfert, une orientation claire pour une pédagogie qui se rattache à l'éducation nouvelle, quand elle majore la logique de l'apprenant, et minore la logique du savoir. L'ambition annoncée est louable, et digne d'intérêt même : assurer une proximité certaine entre la vie quotidienne et la vie scolaire mais, selon Orange (2012), il n'est pas pour autant certain qu'une vision utilitariste du savoir

scientifique soit de fait plus motivante. Surtout, et de façon toute légitime, la question se pose « *des savoirs dont l'utilité immédiate hors de l'école n'apparaît pas ? C'est le cas d'une partie importante des savoirs scientifiques. Doivent-ils être retirés des programmes ? Pour nous, l'étude des œuvres (et les savoirs scientifiques en sont) n'a pas pour but une utilisation immédiate mais bien la formation de l'esprit.* » (Orange, 2012, p. 10). À cela deux remarques de notre part. D'abord, n'est ici et pour Orange (2012) sûrement pas pris en compte le changement d'échelle précédemment discuté, et qui permet de passer du temps court au temps long, afin de pouvoir envisager une sortie du contexte scolaire. Ensuite, il nous semble que la question du réinvestissement, du transfert, n'est sans doute pas aussi vive sur le premier degré qu'elle ne peut l'être sur le second degré : en cela pensons-nous qu'il est peut-être plus ardu d'envisager avec facilité, et sur le second degré, des réinvestissements et / ou des transferts des apprentissages scolaires en contexte non scolaire. Quoi qu'il en soit, nous rejoignons Orange (2012) quand l'activité scientifique doit être entendue comme une formation de l'esprit (Bachelard, 1938/1986) nous donnant, comme le souligne Astolfi (2008), une foultitude « *de véritables outils pour penser qui ouvrent de nouvelles façons de voir le monde.* » (Orange, 2012, p. 10). Dit autrement, une telle vue de l'esprit privilégie un usage plus scientifique que pragmatique du savoir considéré et, par là même, une motivation plus interne qu'externe, toujours par rapport au savoir considéré (Astolfi, 1992) ; que l'on se centre sur la logique de l'apprenant ou du savoir, on le voit bien, la polémique n'est pas nouvelle, et anime depuis longtemps les passions.

4. Perspectives de recherche

Au regard même de nos instructions officielles, et nous l'avons déjà montré, la pratique des sciences expérimentales et technologie est trop souvent présentée comme ne relevant que du seul monde des faits constatables, où l'expérimentation et l'observation règnent alors en maîtres (Coquidé, 1998). D'un tel cas de figure, la construction du problème scientifique en jeu s'en trouve nécessairement éludée (Orange, 1997), et puisque ne peut avoir lieu le va-et-vient permanent entre le champ empirique et le champ des modèles, qui justement caractérise le schéma de l'activité scientifique (figure 3-8 ; Orange, (2003), p. 4). Pratiquement, les sciences expérimentales et technologie valorisent donc et depuis longtemps l'expérience au sens large, ce qui par ailleurs n'entre pas en contradiction avec la tradition pédagogique des militants du mouvement de l'éducation nouvelle qui, activement, n'ont eu de cesse de mettre en œuvre la thèse piagétienne, c'est-à-dire le registre psychologique du constructivisme : on a d'ailleurs et à ce sujet parlé de méthodes actives. Mais il est tout à fait possible de savoir faire des choses, de les réussir même, tout en ne sachant en rien les expliquer, ce qui nous permet en outre de distinguer l'actif⁵⁵⁸ de l'acteur⁵⁵⁹. C'est ainsi, et comme le souligne Jaubert (2007), que le travail à la paillassse n'engage pas nécessairement l'apprendre, c'est-à-dire le comprendre, lorsqu'il engage le faire ; et « *si le "faire" ne s'articule pas à un raisonnement et à un jugement porté sur les faits, si le travail sur la table d'expériences ne s'articule pas à un travail au tableau noir (Bachelard, 1938/1980), il devient une "découverte" et fait de l'observation la métaphore de l'intellection. En effet, la seule focalisation sur l'observation présuppose l'existence d'un objet de savoir extérieur, immuable, transcendant, dont le sujet apprenant ou connaissant ne peut être que spectateur.* » (Jaubert, 2007, p. 35). C'est pourquoi l'on glisse, et d'une certaine façon, du primat du sujet connaissant au primat de l'objet à connaître (figure 8-1 ; d'après Not, 1979/1988), lorsque de rupture intellectuelle il est question. Il s'agit là de la thèse bachelardienne, c'est-à-dire le registre épistémologique du constructivisme, lorsque pour ce qui est du « *savant, la connaissance sort de l'ignorance comme la lumière sort des ténèbres. Le savant ne voit pas que l'ignorance est un tissu d'erreurs positives, tenaces, solidaires. Il ne se rend pas compte que les ténèbres spirituelles ont une structure et que, dans ces conditions, toute expérience objective correcte doit toujours déterminer la correction d'une erreur subjective. Mais on ne détruit pas les erreurs une à une facilement. Elles sont coordonnées. L'esprit scientifique ne peut se constituer qu'en détruisant l'esprit non scientifique.* » (Bachelard, 1940/1983, p. 8). Plus encore, Bachelard (1953)

558 Lequel est capable de faire, et si ce n'est de réussir la tâche prescrite.

559 Lequel est capable de comprendre ce qu'il a fait, en termes d'échec ou de réussite, de la tâche prescrite.

caractérise-t-il ainsi les choses, philosophiquement parlant : à l'empirisme la connaissance commune, au rationalisme la connaissance scientifique. En effet, vis-à-vis de « *la connaissance commune et la connaissance scientifique la rupture nous paraît si nette que ces deux types de connaissance ne sauraient avoir la même philosophie. L'empirisme est la philosophie qui convient à la connaissance commune. L'empirisme trouve là sa racine, ses preuves, son développement. Au contraire, la connaissance scientifique est solidaire du rationalisme et, qu'on le veuille ou non, le rationalisme est lié à la science, le rationalisme réclame des buts scientifiques. Par l'activité scientifique, le rationalisme connaît une activité dialectique qui enjoint une extension constante des méthodes.* » (Bachelard, 1953, p. 224).

Concrètement, nous retrouvons en situation de classe la force, la résistance des représentations initiales de nos apprenants ; de par leur logique interne, leur relative pertinence même, elles se comportent comme de véritables obstacles épistémologiques (Bachelard, 1938/1986) qu'il ne s'agirait bien évidemment d'ignorer, ou même de détruire (Astolfi & Peterfalvi, 1993), mais de plus sûrement dépasser (Astolfi & Peterfalvi, 1997). La prégnance de l'approche empiriste de l'activité scientifique au sein de la sphère éducative (Coquidé, 1998) ne peut cependant répondre à une telle attente, de par l'inductivisme qu'elle met en œuvre. Il s'agit plutôt, dans le cadre d'une approche rationaliste de l'activité scientifique, et où le déductivisme est de mise, de mettre au travail les représentations initiales de nos apprenants. De ces conceptions, ou constructs, que l'on peut d'ailleurs assimiler à des modèles naissants, reste-t-il à la charge de l'enseignant d'en organiser la confrontation (figure 9-1 ; Jonnaert & al., 1999/2003, p. 32) : d'abord avec les autres⁵⁶⁰, c'est-à-dire les autres apprenants et l'enseignant, ensuite avec le milieu⁵⁶¹, c'est-à-dire la situation d'enseignement-apprentissage, et où l'expérimentation et l'observation peuvent, en sciences, cette fois-ci jouer tout leur rôle. De la sorte, et de la première de ces confrontations, notre « *débat scientifique dans la classe permet ainsi de donner une idée de la nature de la science qui rompt avec l'empirisme des pratiques dominantes ; les élèves peuvent alors comprendre la façon dont les scientifiques travaillent.* » (Schneeberger, 2002, p. 50). À l'image du débat scientifique, les séances dites de structuration ou, plus simplement, les moments structurants dont nous avons usé sur le temps des investigations empiriques, nous semblent parfaitement répondre à cette attente ; sans doute sommes-nous par ailleurs sur une stratégie possible d'évaluation formative (Allal, 1979/1985). Peut-être même pourrions-nous aller jusqu'à dire qu'il s'agit là d'une forme

560 Et nous retrouvons là le point de vue du « Travail sur les représentations » (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000).

561 Et nous retrouvons là le point de vue de la « Construction de problème » (tableau 3-1 ; d'après Orange, 2000).

possible de la “transposition didactique” du débat scientifique en sciences.

Quoi qu'il en soit, de telles situations de classe, où la pratique régulière « *de travaux en petits groupes m'a souvent permis de constater que les situations interactives amènent les élèves à se poser des questions qui n'auraient pas surgi dans un cadre collectif (classe entière) et à proposer des explications sous une forme parfois inattendue.* » (Schneeberger, 2002, p. 51), nous apparaissent comme clairement propices à la fonction d'étayage, de tutelle de l'enseignant (Bruner, 1983/1996) et, en termes de perspectives de recherche, nous souhaiterions dorénavant nous intéresser à la caractérisation même de la forme prise par un tel processus de soutien. Nous pourrions maintenant nous saisir de la formalisation des activités langagières en jeu lors du premier (figure 6-12 ; figure 6-13 ; figure 6-14 ; figure 6-15 ; figure 6-16) et du second (figure 7-9 ; figure 7-10 ; figure 7-11 ; figure 7-12 ; figure 7-13 ; figure 7-14) recueils de données, lors de tels moments structurants, et chercher à déterminer la forme d'une telle fonction. De quoi, au sens de Bruner (1983/1996), est-il finalement question ? De l'enrôlement ? De la réduction des degrés de liberté ? Du maintien de l'orientation ? De la signalisation des caractéristiques déterminantes ? Du contrôle de la frustration ? De la démonstration ? Mais l'on pourrait aussi, afin de ne pas se défaire du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, s'en retourner plus naturellement peut-être, par le biais de Fabre (1999) aux fonctions didactiques en jeu lors de la problématisation (tableau 9-6 ; d'après Fabre, 1999).

Tableau 9-6. Fonctions didactiques en jeu lors de la problématisation (d'après Fabre, 1999)

| |
|--|
| Fonction d'émergence |
| Permettre la formulation de réponses, remonter des réponses aux problèmes qui les fondent et qui définissent ainsi l'objet de recherche commun. |
| Fonction de positionnement |
| Souligner les ressemblances et différences entre les réponses obtenues. |
| Fonction de cadrage |
| Rappeler ou découvrir les contraintes de l'espace-problème, les conditions du problème et, plus généralement, les règles du jeu de la recherche. |
| Fonction critique |
| Déstabiliser les représentations par l'évocation d'un problème empirique ou conceptuel. |
| Fonction de reconstruction |

Permettre l'édification d'une représentation différente par l'évocation de nouvelles données, de nouveaux outils.

De ce point de vue, et concernant la formalisation des activités langagières en jeu lors du second recueil de données (figure 7-9 ; figure 7-10 ; figure 7-11 ; figure 7-12 ; figure 7-13 ; figure 7-14), les choses paraissent d'ailleurs assez simples, avec :

d'abord, une fonction de cadrage, lorsque l'enseignant rappelle ou, plus justement, fait rappeler qu'une fleur se transforme en un fruit, et que la graine est dans le fruit ;

ensuite, une fonction critique, lorsque l'enseignant rappelle que l'on sait que, dans la reproduction humaine, un ovule et un spermatozoïde sont nécessaires à la formation de la graine ;

enfin, une fonction de reconstruction, lorsque les apprenants reconstruisent la nécessité d'un "spermatozoïde" et d'un "ovule", et puisqu'entre autres il faut qu'ait lieu la fécondation.

On le perçoit déjà, si de telles recherches paraissent ô combien intéressantes et stimulantes pour le chercheur que nous sommes, elles pourraient surtout apporter « *un instrument d'anticipation pédagogique pour l'enseignant.* » (Fabre, 1999, p. 211) que, définitivement, nous souhaiterions toujours pouvoir mieux servir.

Conclusion générale

Le présent travail de recherche, lorsqu'il se réclame de prime abord du cadre conceptuel de la problématisation, se veut l'héritier direct de la didactique historique du domaine des sciences de la vie et de la Terre ; néanmoins, souhaitons-nous n'en rester pas seulement là, et tant nos préoccupations pédagogiques nous tenaient même à cœur. D'où l'importance peut-être, que nous avons cru bon d'apporter à la présentation du déroulé de chaque séance portant sur le temps des investigations empiriques, et lors de nos différentes analyses. D'où l'importance également, que nous avons cru bon d'accorder à la signification même du modèle d'"investigation-structuration", au sens des différents courants pédagogiques (éducation traditionnelle *versus* éducation nouvelle), et lors de nos différentes discussions. En définitive, avons-nous tenté de nous intéresser à l'écosystème didactico-pédagogique, et qui ne vise rien d'autre que l'apprentissage de tout un chacun.

Notre ambition, comprenons-le bien, ne visait pas l'analyse fouillée de l'un ou l'autre dispositif didactique scientifique (celui de la nutrition végétale, celui de la reproduction végétale) ; plus justement, cherchions-nous quelques traces d'une possible activité de problématisation sur le temps des investigations empiriques, traces qui auraient alors attesté de l'articulation tant désirée de l'investigation à la problématisation. Pour ce faire, nous avons à l'initial pensé des séances dites de structuration ; ces dernières présentaient, entre autres, la particularité de se clore par la rédaction, à l'aide de l'enseignant, d'un énoncé "structurant" qui, toujours, a permis la mise en mots des savoirs scientifiques dont il était question. Néanmoins, et pour nos deux séquences d'enseignement-apprentissage, c'est lors d'un moment structurant que nous avons intégré à une séance dite d'investigation que, faut-il le reconnaître, la reprise de l'activité de problématisation nous a paru la plus flagrante. Et cela en raison, sans doute, de l'importance (épistémologique) que représentaient à nos yeux les différentes raisons travaillées, à ce moment précis, avec :

pour le thème d'étude de la nutrition végétale, la construction de la nécessité d'une transformation des matières premières (CO₂, eau et sels minéraux) prélevées dans son environnement (air + terre) ;

pour le thème d'étude de la reproduction végétale, la reconstruction de la nécessité d'un "spermatozoïde" et d'un "ovule".

Sans doute le thème d'étude de la nutrition végétale se prêtait-il plus volontiers à la démarche d'investigation, plus qu'à la démarche de problématisation d'ailleurs (au regard de l'âge de nos jeunes apprenants). De ce point de vue, et s'il n'était guère aisé, lors du dispositif didactique scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale, de mobiliser notre "espace contraintes et nécessités" sur le temps des investigations empiriques et, en somme, de problématiser, nous n'avons pu qu'apprécier le bénéfice d'un tel moment structurant qui, à l'évidence, nous a permis de combler cet écueil : c'est ainsi que la question de l'absorption, de la distribution, mais surtout de la transformation a pu être mise au travail. N'oublions pas aussi que, pour ce thème d'étude-ci, le registre empirique était en partie à construire avec les apprenants (après le débat scientifique, c'est-à-dire sur le temps des investigations empiriques), condition *sine qua non* afin de pouvoir réellement envisager le travail des questions pré-citées.

Concernant le thème d'étude de la reproduction végétale, il s'avère que l'analogie d'avec la reproduction humaine, antérieurement travaillée de tous, et dont nous avons usé et abusé lors de la mise en œuvre de ce dispositif didactique scientifique, a été un élément décisif à la reprise de l'activité de problématisation, sur le temps des investigations empiriques. Ce point mériterait d'ailleurs et selon nous d'être approfondi ; ou de mieux comprendre les pouvoirs et la richesse créatrice du mécanisme que peut représenter l'analogie (Hofstadter & Sander, 2013).

Quoi qu'il en soit, le moment structurant de l'une ou l'autre séquence d'enseignement-apprentissage fait sans nul doute écho à ce que certains qualifient de pauses de régulation (Simon, Schmehl-Postaï & Huchet, 2015) : nous parlerons pour notre part de pauses de structuration, voire de pauses structurantes.

Disposant maintenant d'un matériau conséquent de séances d'investigations empiriques, ne nous reste-t-il plus en termes de perspectives de recherche, qu'à cette fois mener de nouvelles analyses ciblées (c'est-à-dire lors de telle ou telle séance), mais plus approfondies encore, pour toujours mieux comprendre, notamment dans l'activité de l'enseignant, ce qui pourrait ou

non participer à (la reprise de) l'activité de problématisation.

Bibliographie

Alemanni L., Astolfi J.-P., Deman C., Develay M. & Host V. (1980). *Activités d'éveil scientifiques à l'école élémentaire. VI. Éléments d'évaluation*. Paris : Institut National de Recherche Pédagogique.

Alemanni L., Astolfi J.-P., Deman C., Deunff J., Develay M., Ducancel G., Gris J., Host V. & Josseme J. (1983). *Éveil scientifique et modes de communication*. Paris : Institut National de Recherche Pédagogique.

Allal L. (1979/1985). Stratégies d'évaluation formative : conceptions psycho-pédagogiques et modalités d'application. In L. Allal, J. Cardinet & P. Perrenoud. *L'évaluation formative dans un enseignement différencié*. Berne, Francfort-s. Main, New York : Peter Lang, p. 130-156.

Artigue M. (2002). Ingénierie didactique : quel rôle dans la recherche didactique aujourd'hui ? *Les dossiers des Sciences de l'Éducation*, n°8, p. 59-72.

Astolfi J.-P. (1990a). L'émergence de la didactique de la biologie, un itinéraire. *Aster*, n°11, p. 195-224.

Astolfi J.-P. (1990b). Les concepts de la didactique des sciences, des outils pour lire et construire les situations d'apprentissage. *Recherche et Formation pour les professions de l'éducation*, n°8, p. 19-31.

Astolfi J.-P. (1992). *L'école pour apprendre*. Paris : ESF éditeur.

Astolfi J.-P. (1993). Trois paradigmes pour les recherches en didactique. *Revue Française de Pédagogie*, n°103, p. 5-18.

Astolfi J.-P. (1995). Savoirs et savoir-faire dans le métier d'enseignant : un point de vue didactique. In A. Bentolila. *Savoirs et savoir-faire. Les entretiens nathan*. (Paris) : Éditions Nathan, p. 105-113.

Astolfi J.-P. (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Paris : ESF éditeur.

Astolfi J.-P. (2008). *La saveur des savoirs. Disciplines et plaisir d'apprendre*. Issy-les-Moulineaux : ESF éditeur.

Astolfi J.-P. & Develay M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris : Presses Universitaires de France.

Astolfi J.-P. & Laurent S. (1992). Le transfert, enjeu des apprentissages. *Cahiers Pédagogiques*, n°304-305, p. 78-83.

Astolfi J.-P. & Peterfalvi B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, n°16, p. 103-141.

Astolfi J.-P., Darot É., Ginsburger-Vogel Y. & Toussaint J. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences. Repères, définitions, bibliographies*. Paris-Bruxelles : De Boeck Université.

Astolfi J.-P. & Peterfalvi B. (1997). Stratégies de travail des obstacles : dispositifs et ressorts. *Aster*, n°25, p. 193-216.

- Astolfi J.-P., Peterfalvi B. & Vérin A. (1998). *Comment les enfants apprennent les sciences*. Paris : Retz.
- Bachelard G. (1934/1949). *Le nouvel esprit scientifique*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Bachelard G. (1938/1986). *La formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. Paris : Vrin.
- Bachelard G. (1940/1983). *La philosophie du non. Essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Bachelard G. (1948). *La terre et les rêveries du repos*. Paris : José Corti.
- Bachelard G. (1949). *Le rationalisme appliqué*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Bachelard G. (1953). *Le matérialisme rationnel*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Bain D., Bronckart J.-P., Davaud C., Pasquier A. & Schneuwly B. (1982). Classification de textes pour la rédaction et l'analyse. *Pratiques et théorie (Cahiers de la Section des Sciences de l'Éducation, université de Genève, Genève)*, n°28, 74 p.
- Bakhtine M. (1978). *Esthétique et théorie du roman*⁵⁶². Paris : Gallimard.
- Bakhtine M. (1984). *Esthétique de la création verbale*⁵⁶³. Paris : Gallimard.
- Barbery M. (2006). *Notes de cours*. Document interne, IUFM de l'université de Caen Basse-Normandie, Caen.
- Barbier J.-M. (1996/1998). *Savoirs théoriques et savoirs d'action*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Barker M. & Carr M. (1992). Un modèle d'enseignement génératif de la photosynthèse. *Aster*, n°15, p. 33-54.
- Barthes R. (1984). *Le Bruissement de la langue. Essais critiques IV*. Paris : Éditions du Seuil.
- Bautier É. & Rayou P. (2009). *Les inégalités d'apprentissage. Programmes, pratiques et malentendus scolaires*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Beorchia F. (2003). *La communication nerveuse : conceptions des apprenants et problématisation. Importance des explications mécanistes et vitalistes*. Thèse de doctorat en sciences de l'Éducation non publiée, université de Nantes, Nantes.
- Beorchia F. (2005). Débat scientifique et engagement des élèves dans la problématisation. Cas d'un débat sur la commande nerveuse du mouvement en CM2 (10-11 ans). *Aster*, n°40, p. 121-151.
- Beorchia F. & Lhoste Y. (2007). La procréation : quelles problématisations du CP au collège ? *Recherches en Éducation*, n°3, p. 29-50.

562 Traduit du russe par Daria Olivier. Préface de Michel Aucouturier.

563 Traduit du russe par Alfreda Aucouturier. Préface de Tzvetan Todorov.

- Bernard C. (1952). *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Paris : Flammarion.
- Bernard C. (1965). *Cahier de notes. 1850-1860*. Paris : Gallimard.
- Bernié J.-P. (2002). L'approche des pratiques langagières scolaires à travers la notion de “communauté discursive” : un apport à la didactique comparée ? *Revue Française de Pédagogie*, n°141, p. 77-88.
- Bertrand Y. & Houssaye J. (1995). Didactique et pédagogie : l'illusion de la différence. L'exemple du triangle. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, n°1, p. 7-23.
- Beuve F.-X. (2006). *Mise en évidence du rôle de la protéine de 18,7 kDa dans la gestion (mobilisation / stockage) de l'azote endogène chez le Colza (Brassica napus L.)*. Mémoire de master recherche en Biologie non publié, ENSAR & université de Rennes 1, Rennes.
- Beuve F.-X. (2009). *Problèmes, savoirs et apprentissages scientifiques : le cas de la reproduction végétale*. Écrit professionnel réflexif de professeur des Écoles seconde année non publié, IUFM de l'université de Caen Basse-Normandie, Caen.
- Beuve F.-X. (2011). *Problématisation, investigations expérimentales et apprentissages dans les sciences du vivant. Le cas de la nutrition végétale au cycle des approfondissements du premier degré*. Mémoire de master recherche en sciences de l'Éducation et Didactiques non publié, université de Caen Basse-Normandie, Caen.
- Beuve F.-X. (2013). Problématisation, investigations expérimentales et apprentissages dans les sciences du vivant. Le cas de la nutrition végétale au cycle des approfondissements du premier degré. *Les Cahiers de l'IUFM de Basse-Normandie. “Recherches et métiers de l'éducation, de l'enseignement, de la formation”*, vol. 2, p. 89-134.
- Beuve F.-X. (2016). Articulation de la problématisation à l'investigation par le biais du modèle d'“investigation-structuration”. De l'intérêt des contraintes sur le modèle au sein de l'“espace contraintes et nécessités”. In *Actes du colloque international « Colloque doctoral international de l'éducation et de la formation »*. Nantes : 27, 28 octobre 2016.
- Beuve F.-X., Le Gou L., Desclos M., Etienne P., Bonnefoy J., Bréant L., Fourchet M., Ourry A. & Avice J.-C. (2006). *Mobilization of N by leaf senescence after induction by nitrate deprivation or methyl jasmonate enhanced accumulation of proteins in taproot of oilseed rape (Brassica napus L.)*. Congrès de la Société Française d'Électrophorèse et d'Analyse Protéomique, Saint-Malo, 16-18 octobre.
- Beuve F.-X. & Lhoste Y. (2016). Articulation de la problématisation à l'investigation par le biais du modèle d'“investigation-structuration”. In *Actes du colloque international « 9^e rencontres scientifiques de l'ARDiST »*. Lens : 30, 31 mars et 1 avril 2016.
- Bianco M. & Bressoux P. (2009). Effet-classe et effet-maître dans l'enseignement primaire : vers un enseignement efficace de la compréhension ? In X. Dumay & V. Dupriez. *L'efficacité dans l'enseignement. Promesses et zones d'ombre*. Bruxelles : De Boeck Université, p. 35-54.

Bisault J., Isidore-Prigent J., Orange C., Plane S., Rebière M. & Weisser M. (2004). Quelques éléments de cadrage de cette recherche. In J. Douaire. *Argumentation et disciplines scolaires*. Saint-Fons : Institut National de Recherche Pédagogique, p. 13-43.

Blanchard J.-M. (2002). *Documents d'application des programmes. Fiches connaissances. Cycles 2 et 3*. CNDP.

Blanchard J.-M. & Denis J. (2002). *Documents d'accompagnement des programmes. Enseigner les sciences à l'école. Outil pour la mise en œuvre des programmes 2002. Cycles 1, 2 et 3*. CNDP.

Bodergat J.-Y. (2014). La pédagogie et le sens du problème. In A. Vergnion, T. Piot & J.-Y. Bodergat. *La Pédagogie. Son sens, ses pratiques*. Paris : Éditions Publibook, p. 83-118.

Borzeix A. (2001). Le travail et sa sociologie à l'épreuve du langage. In A. Borzeix & B. Fraenkel. *Langage et Travail. Communication, cognition, action*. Paris : CNRS Éditions, p. 55-87.

Boyer C. (1998). *Conceptualisation de la reproduction végétale à l'école primaire*. Thèse de doctorat en sciences de l'Éducation non publiée, université de Paris 5, Paris.

Boyer C. (2000). Conceptualisation et actions didactiques à propos de la reproduction végétale. *Aster*, n°31, p. 149-171.

Bressoux P. (1994). Les recherches sur les effets-écoles et les effets-maîtres. *Revue Française de Pédagogie*, n°108, p. 91-137.

Bressoux P. (2013). Les démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences : mises au point et mises en garde. In M. Grangeat. *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe*. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble, p. 237-243.

Bronckart J.-P. (1996). *Activité langagière, textes et discours. Pour un interactionisme socio-discursif*. Lausanne – Paris : Delachaux & Niestlé.

Bronckart J.-P., Bain D., Schneuwly B., Davaud C. & Pasquier A. (1985). *Le fonctionnement des discours. Un modèle psychologique et une méthode d'analyse*. Neuchâtel – Paris : Delachaux & Niestlé.

Brossard M. (1997). Pratiques d'écrit, fonctionnements et développement cognitifs. In C. Moro, B. Schneuwly & M. Brossard. *Outils et signes. Perspectives actuelles de la théorie de Vygotski*. Bern, Berlin, Frankfurt/M., New York, Paris, Wien : Peter Lang, p. 95-114.

Brossard M. (1998/2002). Approche socio-historique des situations d'apprentissage de l'écrit. In M. Brossard & J. Fijalkow. *Apprendre à l'école : perspectives piagetiennes et vygotkiennes*. Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux, p. 37-50.

Brossard M. (2004). *Vygotski. Lectures et perspectives de recherches en éducation*. Villeneuve d'Ascq : Presses Universitaires du Septentrion.

Brousseau G. (1986). *Théorisation des phénomènes d'enseignement des mathématiques*. Thèse de

doctorat d'état ès sciences non publiée, université de Bordeaux 1, Bordeaux.

Brousseau G. (1987). Didactique des mathématiques et questions d'enseignement : propositions pour la géométrie. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, n°1-2, p. 69-100.

Brousseau G. (1998). *Théorie des situations didactiques (Didactique des mathématiques 1970-1990)*⁵⁶⁴. Grenoble : Éditions La Pensée Sauvage.

Bruner J. S. (1983/1996). *Le développement de l'enfant : savoir faire, savoir dire*⁵⁶⁵. Paris : Presses Universitaires de France.

Brunet P. (1998). Enseigner et apprendre par problèmes scientifiques dans les sciences de la vie. État de la question. *Aster*, n°27, p. 145-181.

Calmettes B. & Boilevin J.-M. (2014). Le modèle “investigation-structuration” et l'actualité des tensions autour des constructivismes. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, n°9, p. 103-128.

Campestrini P. (1992). Sortir de la logique de Van Helmont. *Aster*, n°15, p. 85-100.

Cañal de León P. (1992). Quel enseignement sur la nutrition des plantes en éducation “de base” ? Proposition didactique. *Aster*, n°15, p. 7-32.

Canguilhem G. (1955). *La formation du concept de réflexe aux XVII^e et XVIII^e siècles*. Paris : Presses Universitaires de France.

Canguilhem G. (1958/1969). Physiologie animale. In R. Taton. *Histoire générale des sciences. Tome II. La science moderne (De 1450 à 1800)*. Paris : Presses Universitaires de France, p. 619-647.

Canguilhem G. (1968). *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris : Vrin.

Canguilhem G. (1977/1981). *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie. Nouvelles études d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris : Vrin.

Canguilhem G. (1985⁵⁶⁶). *La connaissance de la vie*. Paris : Vrin⁵⁶⁷.

Canguilhem G. (1989). Vie. In *Encyclopædia universalis. Corpus 23. Trypanosomiases – Zygomycètes*. Paris : Encyclopædia Universalis, p. 546-553.

Cantor M. (1995). À la conquête des germes. In F. Balibar & M.-L. Prévost. *Pasteur. Cahiers d'un savant*. Paris / Cadeilhan : CNRS Éditions / Zulma, p. 121-135.

Chabanne J.-C. & Bucheton D. (2002). L'activité réflexive dans les écrits intermédiaires : quels indicateurs ? In J.-C. Chabanne & D. Bucheton. *Parler et écrire pour penser, apprendre et se construire. L'écrit et l'oral réflexifs*. Paris : Presses Universitaires de France, p. 25-51.

564 Textes rassemblés et préparés par Nicolas Balacheff, Martin Cooper, Rosamund Sutherland, Virginia Warfield.

565 Textes traduits et présentés par Michel Deleau avec la collaboration de Jean Michel.

566 Deuxième édition revue et augmentée.

567 Depuis longtemps épuisé, cet ouvrage est réédité par les soins de la Librairie philosophique Joseph Vrin, avec la gracieuse permission de la Librairie Hachette.

Chalmers A. F. (1987). *Qu'est-ce que la science ? Récents développements en philosophie des sciences : Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerabend*⁵⁶⁸. Paris : Éditions La Découverte.

Champagnol R. (1974). Aperçus sur la pédagogie de l'apprentissage par résolution de problèmes. *Revue Française de Pédagogie*, n°28, p. 21-27.

Chevallard Y. (1985). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : Éditions La Pensée Sauvage.

Clément P. (1998). La biologie et sa didactique, dix ans de recherche. *Aster*, n°27, p. 57-93.

Coquidé M. (1998). Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles. *Aster*, n°26, p. 109-132.

Coquidé M. (2000). *Le rapport expérimental au vivant*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches en didactique des Disciplines non publié, université de Paris-Sud, Paris.

Coquidé-Cantor M. & Vander Borgh C. (1998). Des recherches en didactique de la biologie : finalités, problématiques, concepts et productions (1988-1998). *Aster*, n°27, p. 95-123.

Coquidé M., Bourgeois-Victor P. & Desbeaux-Salviat B. (1999). "Résistance du réel" dans les pratiques expérimentales. *Aster*, n°28, p. 57-77.

Coquidé M., Fortin C. & Rumelhard G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster*, n°49, p. 51-77.

Couture C., Dionne L., Savoie-Zajc L. & Arousseau E. (2015). Développer des pratiques d'enseignement des sciences et des technologies : selon quels critères et dans quelle perspective ? *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, n°11, p. 109-132.

Delbos G. & Jorion P. (1984/1990). *La transmission des savoirs*. Paris : Éditions de la Maison des sciences de l'homme.

Deleuze G. (1968). *Différence et répétition*. Paris : Presses Universitaires de France.

Deleuze G. (1969). *Logique du sens*. Paris : Les Éditions de Minuit.

Detienne M. & Vernant J.-P. (1974). *Les ruses de l'intelligence. La mètis des Grecs*. Paris : Flammarion.

Develay M. (1987). À propos de la transposition didactique en sciences biologiques. *Aster*, n°4, p. 119-138.

Develay M. (1989). Sur la méthode expérimentale. *Aster*, n°8, p. 3-15.

Develay M. (1990). Produire des documents de ressources en didactique des sciences expérimentales. *Repères*, n°1, p. 95-117.

Develay M. (1994). *Peut-on former les enseignants ?* Paris : ESF éditeur.

- Dewey J. (X/1931). *L'école et l'enfant*⁵⁶⁹. Neuchâtel – Paris : Delachaux & Niestlé.
- Dewey J. (1967/1993). *Logique. La théorie de l'enquête*⁵⁷⁰. Paris : Presses Universitaires de France.
- Doise W. & Mugny G. (1981). *Le développement social de l'intelligence*. Paris : InterÉditions.
- Drouin A.-M. (1988). Le modèle en questions. *Aster*, n°7, p. 1-20.
- Ducancel G. (1988). Écrire en sciences à l'école élémentaire. Référents théoriques pour une didactique. Exemples d'activités d'écriture en classe de sciences. *Aster*, n°6, p. 167-190.
- Ducrot O. (1984). *Le dire et le dit*. Paris : Les Éditions de Minuit.
- Duhem P. (1906). *La Théorie physique. Son objet et sa structure*. Paris : Chevalier & Rivière.
- Dumas-Carré A., Caillot M., Martinez Torregrossa J. & Gil D. (1989). Deux approches pour modifier les activités de résolution de problèmes en physique dans l'enseignement secondaire : une tentative de synthèse. *Aster*, n°8, p. 135-160.
- Einstein A. & Infeld L. (1983). *L'évolution des idées en physique. Des premiers concepts aux théories de la relativité et des quanta*⁵⁷¹. Paris : Flammarion.
- Fabre M. (1992). Psychanalyse de la raison didactique et professionnalisation des enseignants : un programme de recherches. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, n°1-2, p. 131-154.
- Fabre M. (1993). De la résolution de problème à la problématisation. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, n°4-5, p. 71-101.
- Fabre M. (1995). *Bachelard éducateur*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Fabre M. (1997). Pensée pédagogique et modèles philosophiques : le cas de la situation-problème. *Revue Française de Pédagogie*, n°120, p. 49-58.
- Fabre M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Fabre M. (2005a). Deux sources de l'épistémologie des problèmes : Dewey et Bachelard. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, vol. 38, n°3, p. 53-67.
- Fabre M. (2005b). Éditorial. *Recherche et Formation pour les professions de l'éducation*, n°48, p. 5-14.
- Fabre M. (2006). Qu'est-ce que problématiser ? L'apport de John Dewey. In M. Fabre & E. Vellas. *Situations de formation et problématisation*. Bruxelles : De Boeck Université, p. 17-30.
- Fabre M. (2007). Des savoirs scolaires sans problèmes et sans enjeux. La faute à qui ? *Revue Française de Pédagogie*, n°161, p. 69-78.
- Fabre M. (2009). *Philosophie et pédagogie du problème*. Paris : Vrin.

569 Traduit par L.-S. Pidoux.

570 Présentation et traduction de Gérard Deledalle.

571 Traduit de l'anglais par Maurice Solovine.

Fabre M. (2010). Du bon usage des controverses. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, n°1, p. 153-169.

Fabre M. & Ridao C. (1990). Une expérience de formation des maîtres. Le cas des modules biologie en école normale. *Recherche et Formation pour les professions de l'éducation*, n°7, p. 103-114.

Fabre M. & Orange C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster*, n°24, p. 37-57.

Fabre M. & Houssaye J. (2005). Peut-on parler d'une problématisation pédagogique ? *Recherche et Formation pour les professions de l'éducation*, n°48, p. 107-117.

Fabre M. & Musquer A. (2009). Comment aider l'élève à problématiser ? Les inducteurs de problématisation. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, vol. 42, n°3, p. 111-129.

Fleck L. (2005). *Genèse et développement d'un fait scientifique*⁵⁷². Paris : Les Belles Lettres.

Fleury B. & Fabre M. (2005). Psychanalyse de la connaissance et problématisation des pratiques pédagogiques. La longue marche vers le processus "apprendre". *Recherche et Formation pour les professions de l'éducation*, n°48, p. 75-90.

Foucault M. (1969). *L'archéologie du savoir*. Paris : Gallimard.

François F. (1989). Langage et pensée : dialogue et mouvement discursif chez Vygotski et Bakhtine. *Enfance*, t. 42, n°1-2, p. 39-47.

François F. (1998). *Le discours et ses entours. Essai sur l'interprétation*. Paris : L'Harmattan.

Garcia-Debanc C. (1994). Apprendre à justifier par écrit une réponse : analyses linguistiques et perspectives didactiques. *Pratiques*, n°84, p. 5-40.

Gil-Pérez D. (1993). Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique. *Aster*, n°17, p. 41-64.

Giordan A.⁵⁷³ (1978a). *Quelle éducation scientifique pour quelle société ?* Paris : Presses Universitaires de France.

Giordan A. (1978b). *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*. Paris : Éditions du Centurion.

Giordan A.⁵⁷⁴ (1983/1987). *L'élève et/ou les connaissances scientifiques. Approche didactique de la construction des concepts scientifiques par les élèves*. Berne, Francfort-s. Main, New York, Paris : Peter Lang.

Giordan A. (1999). Quelle éducation scientifique pour quelle société ? Vingt ans après... *Le Télémaque*

572 Traduit de l'allemand et annoté par Nathalie Jas.

573 Jean-Pierre Astolfi, André Giordan, Gabriel Gohau, Victor Host, Jean-Louis Martinand, Guy Rumelhard & Georges Zadounaïsky. Coordination : André Giordan.

574 Sous la responsabilité scientifique d'André Giordan, avec Jean-Louis Martinand, Jean-Pierre Astolfi, Guy Rumelhard, Anne Coulibaly, Michel Develay, Jacques Toussaint, Victor Host et collaborateurs.

– *Philosophie, Éducation, Société*, n°15, p. 41-51.

Giordan A. & de Vecchi G. (1987). *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel – Paris : Delachaux & Niestlé.

Girault Y. & Lhoste Y. (2010). Opinions et savoirs : positionnements épistémologiques et questions didactiques. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, n°1, p. 29-66.

Gobert J. (2014). *Processus d'enseignement-apprentissage de raisonnements néodarwiniens en classe de Sciences de la Vie et de la Terre*. Thèse de doctorat en didactique des Disciplines non publiée, université de Caen Basse-Normandie, Caen.

Gohau G. (1992). Esprit déductif versus esprit inductif. *Aster*, n°14, p. 9-19.

Goix M. (1996). *Les concepts de croissance et de développement en biologie : obstacles et représentations chez les élèves de collège ; propositions de situations didactiques pouvant faciliter l'apprentissage*. Thèse de doctorat en didactique des Disciplines non publiée, université de Paris 7, Paris.

Goix M. (1997). Grandir : oui mais comment ? *Aster*, n°24, p. 141-170.

Goody J. (1979). *La raison graphique. La domestication de la pensée sauvage*⁵⁷⁵. Paris : Les Éditions de Minuit.

Goody J. (2007). *Pouvoirs et savoirs de l'écrit*⁵⁷⁶. Paris : La Dispute.

Gould S. J. (1991). *La vie est belle. Les surprises de l'évolution*⁵⁷⁷. Paris : Éditions du Seuil.

Grize J.-B. (1992). Sur la nature du discours d'information scientifique. *Aster*, n°14, p. 41-52.

Grmek M. D. (1973). *Raisonnement expérimental et recherches toxicologiques chez Claude Bernard*. Genève – Paris : Librairie Droz.

Gueye B. (1992). Les expériences de Ruben et Kamen (1941) à travers les manuels scolaires. *Aster*, n°15, p. 75-84.

Hofstadter D. & Sander E. (2013). *L'Analogie. Cœur de la pensée*. Paris : Éditions Odile Jacob.

Host V. (1978). Place des procédures d'apprentissages “spontanées” dans la formation scientifique. *Revue Française de Pédagogie*, n°45, p. 103-110.

Host V. (1980). Les opérations intellectuelles en activités d'éveil scientifiques. *Repères*, n°58, p. 6-12.

Host V., Deman C., Deunff J. & Dussardier M. (1973). *Activités d'éveil scientifiques à l'école élémentaire. I. Objectifs – méthodes – moyens*. Paris : Institut National de Recherche et de Documentation Pédagogiques.

Host V., Deman C. & Deunff J. (1974). *Activités d'éveil scientifiques à l'école élémentaire. II. Première*

⁵⁷⁵ Traduit de l'anglais et présenté par Jean Bazin et Alban Bensa.

⁵⁷⁶ Traduction de l'anglais de Claire Maniez. Coordination par Jean-Marie Privat.

⁵⁷⁷ Traduit de l'américain par Marcel Blanc.

approche des problèmes écologiques. Paris : Institut National de Recherche et de Documentation Pédagogiques.

Host V. & Martinand J.-L. (1975). *Activités d'éveil scientifiques à l'école élémentaire. III. Initiation physique et technologique*. Paris : Institut National de Recherche et de Documentation Pédagogiques.

Host V., Deman C. & Deunff J. (1976). *Activités d'éveil scientifiques. IV. Initiation biologique. Unité du vivant et diversité des formes vivantes. L'homme parmi les vivants*. Paris : Institut National de Recherche Pédagogique.

Housaye J. (1988a). *Théorie et pratiques de l'éducation scolaire (I). Le triangle pédagogique*. Berne, Francfort-s. Main, New York, Paris : Peter Lang.

Houssaye J. (1988b). *Théorie et pratiques de l'éducation scolaire (II). Pratiques pédagogiques*. Berne, Francfort-s. Main, New York, Paris : Peter Lang.

Houssaye J. (1993). *La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui*. Paris : ESF éditeur.

Houssaye J. (2014). *Le triangle pédagogique. Les différentes facettes de la pédagogie*. Issy-les-Moulineaux : ESF éditeur.

Jacob F. (1970). *La logique du vivant. Une histoire de l'hérédité*. Paris : Gallimard.

Jacob F. (1979). L'évolution sans projet. In F. Chapeville, P.-P. Grassé, F. Jacob, A. Jacquard, J. Ninio, J. Piveteau, A. de Ricqlès, J. Roger, P. Thuillier & É. Noël. *Le darwinisme aujourd'hui*. Paris : Éditions du Seuil, p. 144-163.

Jacob F. (1981). *Le Jeu des possibles. Essai sur la diversité du vivant*. (Paris) : Fayard.

Jacob F. (1987). *La statue intérieure*. Paris : Éditions Odile Jacob.

Jacob F. (1995). *L'émergence de la biologie moderne*. Séance publique annuelle des cinq Académies.

Jacob F. (1997). *La souris, la mouche et l'homme*. Paris : Éditions Odile Jacob.

Jacobi D. (1993). Les terminologies et leur devenir dans les textes de vulgarisation scientifique. *Didaskalia*, n°1, p. 69-83.

Jaubert M. (2000). *Fonctions et fonctionnement du langage dans la construction des savoirs scientifiques. Hétéroglossie et contextes d'apprentissage scolaire*. Thèse de doctorat en sciences de l'Éducation non publiée, université de Bordeaux 2, Bordeaux.

Jaubert M. (2007). *Langage et construction de connaissances à l'école. Un exemple en sciences*. Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux.

Jaubert M. & Rebière M. (2000). Observer l'activité langagière des élèves en sciences. *Aster*, n°31, p. 173-195.

Johsua S. & Dupin J.-J. (1989). *Représentations et modélisations : le "débat scientifique" dans la*

classe et l'apprentissage de la physique. Berne, Francfort-s. Main, New York, Paris : Peter Lang.

Jonnaert P., Vander Borght C., Defise R., Debeurme G. & Sinotte S. (1999/2003). *Créer des conditions d'apprentissage. Un cadre de référence socioconstructiviste pour une formation didactique des enseignants*. Bruxelles : De Boeck Université.

Kassou S. & Souchon C. (1992). Utilisation des aspects historiques dans l'enseignement de la photosynthèse. *Aster*, n°15, p. 55-73.

Kirschner P. A. (2009). Epistemology or Pedagogy, That Is the Question. In S. Tobias & T. M. Duffy. *Constructivist Instruction : Success or Failure ?* New York – London : Routledge, p. 144-157.

Kirschner P. A., Sweller J. & Clark R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, vol. 41, n°2, p. 75-86.

Kuhn T. S. (1983). *La structure des révolutions scientifiques*⁵⁷⁸. Paris : Flammarion.

Lalanne J. (1985). Le développement de la pensée scientifique (orientation biologique) chez les enfants de 6 à 14 ans. *Aster*, n°1, p. 155-170.

Latour B. (1989). *La science en action*⁵⁷⁹. Paris : Éditions La Découverte.

Latour B. & Woolgar S. (1988). *La vie de laboratoire. La production des faits scientifiques*⁵⁸⁰. Paris : Éditions La Découverte.

Laudan L. (1987). *La dynamique de la science*⁵⁸¹. Bruxelles : Pierre Mardaga.

Le Bas A. (1996). La notion de problème en éducation physique. Un exemple en didactique de la gymnastique sportive. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, vol. 29, n°3, p. 27-47.

Le Bas A. (2005). Didactique professionnelle et formation des enseignants. *Recherche et Formation pour les professions de l'éducation*, n°48, p. 47-60.

Le Bas A. (2007). Didactique professionnelle, formation des enseignants et problématisation. *Recherches en Éducation*, n°3, p. 109-124.

Le Bas A. (2008). *Situation de pratique scolaire. Transposition didactique et problématisation*. Document interne, IUFM de l'université de Caen Basse-Normandie, Caen.

Le Bas A. (2011). Peut-on modéliser les activités physiques en éducation physique et sportive en termes de problématisation ? L'exemple de la course de haies. *Recherches en Éducation*, n°11, p. 164-178.

Leclerc L.-P., Besançon J. & Nizet I. (1992). Élaboration de modèles conceptuels adaptés à l'enseignement professionnel : une application en agrotechnique. *Aster*, n°15, p. 101-119.

578 Ouvrage traduit de l'américain par Laure Meyer.

579 Traduction de l'anglais par Michel Biezunski. Texte révisé par l'auteur.

580 Traduit de l'anglais par Michel Biezunski.

581 Traduit de l'anglais par Philip Miller.

- Legrand L. (1969/X⁵⁸²). *Pour une pédagogie de l'étonnement*. Neuchâtel : Delachaux & Niestlé.
- Léontiev A. (1976). *Le développement du psychisme. Problèmes*⁵⁸³. Paris : Éditions Sociales.
- Lévy-Leblond J.-M. (1996). *La pierre de touche. La science à l'épreuve...* Paris : Gallimard.
- Lhoste Y. (2005). Argumentation sur les possibles et construction du problème dans le débat scientifique en classe de 3^e (14-15 ans) sur le thème de la nutrition. *Aster*, n°40, p. 153-176.
- Lhoste Y. (2006). La construction du concept de circulation sanguine en 3^e. Problématisation, argumentation et conceptualisation dans un débat scientifique. *Aster*, n°42, p. 79-107.
- Lhoste Y. (2007). *Quelques caractéristiques d'une situation de pratique scolaire en sciences et technologie*. Document interne, IUFM de l'université de Caen Basse-Normandie, Caen.
- Lhoste Y. (2008a). *Problématisation, activités langagières et apprentissages dans les sciences de la vie. Étude de débats scientifiques dans la classe dans deux domaines biologiques : nutrition et évolution*. Thèse de doctorat en sciences de l'Éducation non publiée, université de Nantes, Nantes.
- Lhoste Y. (2008b). Problématisation & Apprentissage en SVT. L'analyse épistémologique de l'activité scientifique pour comprendre ce qui se joue dans le cours de SVT. In Y. Lhoste. *Problématisation & apprentissage en sciences de la vie et de la Terre*. Document interne (GFA), IUFM de l'université de Caen Basse-Normandie, Caen, p. 9-12.
- Lhoste Y. (2014). *D'une épistémologie des savoirs scolaires à l'étude des pratiques enseignantes en SVT : langage et problématisation*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches en sciences de l'Éducation non publié, université de Nantes, Nantes.
- Lhoste Y. & Peterfalvi B. (2009). Problématisation et perspective curriculaire en SVT : l'exemple du concept de nutrition. *Aster*, n°49, p. 79-108.
- Lhoste Y. & Orange C. (2015). Quels cadres théoriques et méthodologiques pour quelles recherches en didactique des sciences et des technologies ? *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, n°11, p. 9-24.
- Lhoste Y. & Le Marquis H. (2016a). Enseigner la classification des êtres vivants dans le premier degré dans la logique d'une investigation scientifique : ressources didactiques. In C. Marlot & L. Morge. *L'investigation scientifique et technologique. Comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes, p. 231-253.
- Lhoste Y. & Le Marquis H. (2016b). Le rôle des différentes phases de l'investigation dans la construction d'un objet de savoir partagé par une classe de CP-CE1. Difficultés rencontrées par les enseignants dans la mise en œuvre d'un processus de problématisation. In C. Marlot & L. Morge. *L'investigation scientifique et technologique. Comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les*

582 Deuxième édition.

583 Traduit par les Éditions Sociales.

réduire. Rennes : Presses Universitaires de Rennes, p. 119-134.

Martinand J.-L. (1981). Pratiques sociales de référence et compétences techniques. À propos d'un projet d'initiation aux techniques de fabrication mécanique en classe de quatrième. In *Actes du colloque international « Troisièmes Journées Internationales sur l'Éducation Scientifique »*. Chamonix : 2, 3, 4 février 1981.

Martinand J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière. Des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques*. Berne, Francfort-s. Main, New York : Peter Lang.

Martinand J.-L. (1987). Modèles et Simulation : En guise d'introduction. In *Actes du colloque international « Neuvièmes Journées Internationales sur l'Éducation Scientifique »*. Chamonix : 3, 4, 5 février 1987.

Martinand J.-L. (1989). Pratiques de référence, transposition didactique et savoirs professionnels en sciences et techniques. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, n°2, p. 23-29.

Martinand J.-L. (1992). Présentation. In J.-L. Martinand. *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : Institut National de Recherche Pédagogique, p. 7-22.

Martinand J.-L. (1994). Quels enseignements peut-on tirer des travaux dans la perspective du développement de curriculum ? In J.-L. Martinand. *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : Institut National de Recherche Pédagogique, p. 115-125.

Martinand J.-L. (2014). Didactique des sciences et techniques, didactique du curriculum. *Éducation & Didactique*, vol. 8, n°1, p. 65-76.

Martinand J.-L., Host V., Paulin M. & Alemanni L. (1980). *Activités d'éveil scientifiques à l'école élémentaire. V. Démarches pédagogiques en initiation physique et technologique*. Paris : Institut National de Recherche Pédagogique.

Martinez M.-L. (1989). Le socio-constructivisme et l'innovation en français. *Pratiques*, n°63, p. 37-62.

Marx K. (1975). *Théories sur la plus-value (Livre IV du "Capital")*. Tome II (Chapitres VIII à XVIII et Annexes)⁵⁸⁴. Paris : Éditions Sociales.

Meirieu P. (1984/1996). *Itinéraire des pédagogies de groupe. Apprendre en groupe – 1*. Lyon : Chronique Sociale.

Meirieu P. (1987/1988⁵⁸⁵). *Apprendre... oui, mais comment*. Paris : ESF éditeur.

Meyer M. (1979). *Découverte et justification en science. Kantisme, néo-positivisme et problématique*. Paris : Éditions Klincksieck.

Meyer M. (1982). *Logique, langage et argumentation*. Paris : Hachette.

584 Texte français établi par Gilbert Badia, Jean-Pierre Briand, Jean Chabbert Luc Favre, Georges Hajdu-Villa, Félix Kreissler, Pierre Lefranc, Claude Mainfroy, Claude Ravel, Liliane Volery.

585 3^e édition augmentée d'un guide méthodologique et d'un glossaire.

- Meyer M. (1986). *De la problématologie. Philosophie, science et langage*. Bruxelles : Pierre Mardaga.
- Meyerson É. (1921). *De l'explication dans les sciences. Tome premier*. Paris : Payot.
- Migne J. (1970). Pédagogie et représentations. *Éducation Permanente*, n°8, p. 65-88.
- Millar R. (1996). Investigations des élèves en science : une approche fondée sur la connaissance. *Didaskalia*, n°9, p. 9-30.
- Monod J. (1970). *Le hasard et la nécessité. Essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*. Paris : Éditions du Seuil.
- Morange M. (2005). *Les secrets du vivant. Contre la pensée unique en biologie*. Paris : Éditions La Découverte.
- Not L. (1979/1988). *Les pédagogies de la connaissance*. Toulouse : Privat.
- Not L. (1990). À propos des modèles d'enseignement-apprentissage. *Cahiers Pédagogiques*, n°281, p. 8-11.
- Orange C. (1993). Repères épistémologiques pour une didactique du problème. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, n°4-5, p. 33-49.
- Orange C. (1994a). *Intérêt de la modélisation pour la définition de savoirs opérants en biologie-géologie. Exemple de la modélisation compartimentale au lycée*. Thèse de doctorat en didactique des Disciplines, université de Paris 7, Paris.
- Orange C. (1994b). Les modèles, de la mise en relation au fonctionnement. In J.-L. Martinand. *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : Institut National de Recherche Pédagogique, p. 25-43.
- Orange C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie. Quels apprentissages pour le lycée ?* Paris : Presses Universitaires de France.
- Orange C. (2000). *Idées et raisons. Construction de problèmes, débats et apprentissages scientifiques en Sciences de la vie et de la Terre*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches en sciences de l'Éducation non publié, université de Nantes, Nantes.
- Orange C. (2002a). Apprentissages scientifiques et problématisation. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, vol. 35, n°1, p. 25-42.
- Orange C. (2002b). L'expérimentation n'est pas la science. *Cahiers Pédagogiques*, n°409, p. 19-20.
- Orange C. (2003). Investigations empiriques, construction de problèmes et savoirs scientifiques. In C. Larcher. *L'expérimental dans la classe. Enjeux, références, fonctionnements, contraintes*. Paris : Institut National de Recherche Pédagogique, p. 59-84.
- Orange C. (2005a). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages

scientifiques. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, vol. 38, n°3, p. 69-94.

Orange C. (2005b). Problème et problématisation dans l'enseignement scientifique. *Aster*, n°40, p. 3-11.

Orange C. (2006). Problématisation, savoirs et apprentissages en sciences. In M. Fabre & E. Vellas. *Situations de formation et problématisation*. Bruxelles : De Boeck Université, p. 75-90.

Orange C. (2007a). Problèmes, savoirs et problématisations : l'exemple des activités scientifiques. In M. Durand & M. Fabre. *Les situations de formation entre savoirs, problèmes et activités*. Paris : L'Harmattan, p. 191-210.

Orange C. (2007b). Spécificité de la problématisation scientifique : le travail d'abstraction et de généralisation. *Recherches en Éducation*, n°3, p. 8-13.

Orange C. (2009a). Construire des modèles explicatifs et en débattre : la nutrition au cycle 3. In P. Schneeberger & A. Vérin. *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences. Quels enjeux pour les apprentissages à l'école ?* Lyon : Institut National de Recherche Pédagogique, p. 197-223.

Orange C. (2009b). La place des activités langagières en classe de sciences : une question de point de vue sur la science. In P. Schneeberger & A. Vérin. *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences. Quels enjeux pour les apprentissages à l'école ?* Lyon : Institut National de Recherche Pédagogique, p. 17-27.

Orange C. (2009c). Organiser et mener un débat scientifique en classe. In P. Schneeberger & A. Vérin. *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences. Quels enjeux pour les apprentissages à l'école ?* Lyon : Institut National de Recherche Pédagogique, p. 343-352.

Orange C. (2009d). Réel, langages et apprentissages scientifiques. In P. Schneeberger & A. Vérin. *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences. Quels enjeux pour les apprentissages à l'école ?* Lyon : Institut National de Recherche Pédagogique, p. 245-250.

Orange C. (2010). Situations forcées, recherches didactiques et développement du métier enseignant. *Recherches en Éducation*, hors-série n°2, p. 73-85.

Orange C. (2012). *Enseigner les sciences. Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Bruxelles : De Boeck Éducation.

Orange C. (2015). Pratiques d'argumentation et construction de savoirs en classe de sciences : une étude de cas concernant le concept d'articulation en biologie à la fin de l'école primaire. In N. Muller Mirza & C. Buty. *L'argumentation dans les contextes de l'éducation*. Bern, Berlin, Bruxelles, Frankfurt am Main, New York, Oxford, Wien : Peter Lang, p. 227-265.

Orange C., Beorchia F., Ducrocq P. & Orange D. (1999). "Réel de terrain", "réel de laboratoire" et construction de problèmes en Sciences de la Vie et de la Terre. *Aster*, n°28, p. 107-129.

Orange-Ravachol D. & Triquet É. (2007). Sciences et récits, des rapports problématiques. *Aster*, n°44, p.

7-22.

Paccaud M. (1991). Les conceptions comme levier d'apprentissage du concept de respiration. *Aster*, n°13, p. 35-58.

Pansu P. (2013). Les démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences : des bases théoriques (socio)constructivistes à leur mise en œuvre. In M. Grangeat. *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe*. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble, p. 231-235.

Pastré P. (2006). Apprendre à faire. In É. Bourgeois & G. Chapelle. *Apprendre et faire apprendre*. Paris : Presses Universitaires de France, p. 109-121.

Perrenoud P. (1995). Enseigner des savoirs ou développer des compétences : l'école entre deux paradigmes. In A. Bentolila. *Savoirs et savoir-faire. Les entretiens nathan*. (Paris) : Éditions Nathan, p. 73-88.

Peterfalvi B. (2001). *Obstacles et situations didactiques en sciences : processus intellectuels et confrontations. L'exemple des transformations de la matière*. Thèse de doctorat en sciences de l'Éducation non publiée, université de Rouen, Rouen.

Piaget J. (1975). *L'équilibration des structures cognitives. Problème central du développement*. Paris : Presses Universitaires de France.

Piaget J. & Inhelder B. (1941/X⁵⁸⁶). *Le développement des quantités physiques chez l'enfant. Conservation et atomisme*. Neuchâtel : Delachaux & Niestlé.

Piaget J. & Garcia R. (1983). *Psychogenèse et histoire des sciences*. Paris : Flammarion.

Piattelli-Palmarini M. (1979). *Théories du langage. Théories de l'apprentissage. Le débat entre Jean Piaget et Noam Chomsky*⁵⁸⁷. Paris : Éditions du Seuil.

Pichot A. (1983). Explication biochimique et explication biologique. In H. Barreau. *L'explication dans les sciences de la vie*. Paris : CNRS Éditions, p. 69-103.

Piot T. (2014). La pédagogie : une activité humaine adressée à autrui. In A. Vergnioux, T. Piot & J.-Y. Bodergat. *La Pédagogie. Son sens, ses pratiques*. Paris : Éditions Publibook, p. 61-81.

Popper K. R. (1984⁵⁸⁸). *La logique de la découverte scientifique*⁵⁸⁹. Paris : Payot.

Popper K. R. (1985). *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique*⁵⁹⁰. Paris : Payot.

Popper K. R. (1991). *La connaissance objective*⁵⁹¹. Paris : Aubier.

586 Troisième édition.

587 Traduction des textes anglais par Yvonne Noizet.

588 Cet ouvrage reproduit tel quel le texte de la première édition française, parue en 1973.

589 Traduit de l'anglais par Nicole Thyssen-Rutten et Philippe Devaux.

590 Traduit de l'anglais par Michelle-Irène et Marc B. de Launay.

591 Traduction intégrale de l'anglais et préfacé par Jean-Jacques Rosat. Titre original : *Objective Knowledge*.

- Prost A. (1985). *Éloge des pédagogues*. Paris : Éditions du Seuil.
- Rancière J. (1987). *Le maître ignorant. Cinq leçons sur l'émancipation intellectuelle*. (Paris) : Fayard.
- Raynaud D. (2003). *Sociologie des controverses scientifiques*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Reboul O. (1971). *La philosophie de l'éducation*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Reboul O. (1980/1993). *Qu'est-ce qu'apprendre ? Pour une philosophie de l'enseignement*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Reboul O. (1992). *Les valeurs de l'éducation*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Rey B. (2002). Diffusion des savoirs et textualité. *Recherche et Formation pour les professions de l'éducation*, n°40, p. 43-57.
- Richard J.-F. (1990). *Les activités mentales. Comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris : Armand Colin Éditeur.
- Ricœur P. (1983). *Temps et récit. Tome I*. Paris : Éditions du Seuil.
- Ricœur P. (1984). *Temps et récit. Tome II. La configuration du temps dans le récit de fiction*. Paris : Éditions du Seuil.
- Ricœur P. (1985). *Temps et récit. Tome III. Le temps raconté*. Paris : Éditions du Seuil.
- Ridao C. (1993). Le concept de représentation en didactique de la biologie, un concept central et opératoire dans une didactique du problème. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, n°4-5, p. 103-130.
- Roqueplo P. (1974). *Le partage du savoir. Science, culture, vulgarisation*. Paris : Éditions du Seuil.
- Rumelhard G. (1985). Quelques représentations à propos de la photosynthèse. *Aster*, n°1, p. 37-66.
- Rumelhard G. (1986). *La génétique et ses représentations dans l'enseignement*. Berne, Francfort-s. Main, New York : Peter Lang.
- Rumelhard G. (1992). Eau, air, terre, lumière et plantes vertes. *Aster*, n°15, p. 3-5.
- Rumelhard G. (1998). Au milieu des courants, constitution d'une didactique des Sciences de la Vie et de la Terre. *Aster*, n°27, p. 45-56.
- Saltiel É., Worth K. & Duque M. (2009). *L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation. Conseils pour les enseignants*. Pollen : Villes Pépinières de Sciences, une approche participative pour un développement durable de l'enseignement des sciences en Europe.
- Samurçay R. & Rabardel P. (2004). Modèles pour l'analyse de l'activité et des compétences, propositions. In R. Samurçay & P. Pastré. *Recherches en didactique professionnelle*. Toulouse : Octarès Editions, p. 163-180.

- Sauvageot-Skibine M. (1991). La digestion au collège : transformation physique ou chimique ? *Aster*, n°13, p. 93-110.
- Schneeberger P. (2002). Des controverses scientifiques en CE2. *Cahiers Pédagogiques*, n°401, p. 49-51.
- Schneeberger P. & Rodriguez R. (1999). Des lycéens face à une investigation à caractère expérimental : un exemple en Première S. *Aster*, n°28, p. 79-105.
- Serres M., Legros M. & Ortolì S. (2014). *Pantopie : de hermès à petite poucette*. Paris : Éditions Le Pommier.
- Shapin S. (1988). Robert Boyle and Mathematics: Reality, Representation, and Experimental Practice. *Science in Context*, vol. 2, n°01, p. 23-58.
- Simon F., Schmehl-Postai A. & Huchet C. (2015). Le *Parcours Problema Littérature* : une modélisation de possibles pour l'enseignement-apprentissage de la compréhension-interprétation à l'école primaire. *Repères*, n°51, p. 177-191.
- Stengers I. (1993). *L'invention des sciences modernes*. Paris : Éditions La Découverte.
- Sweller J. (2009). What Human Cognitive Architecture Tells Us About Constructivism. In S. Tobias & T. M. Duffy. *Constructivist Instruction : Success or Failure ?* New York – London : Routledge, p. 127-143.
- Tobias S. (2009). An Eclectic Appraisal of the Success or Failure of Constructivist Instruction. In S. Tobias & T. M. Duffy. *Constructivist Instruction : Success or Failure ?* New York – London : Routledge, p. 335-350.
- Tobias S. & Duffy T. M. (2009). *Constructivist Instruction : Success or Failure ?* New York – London : Routledge.
- Trabal P. (1999). Une sociologie de l'enseignement des mathématiques. *Le Télémaque – Philosophie, Éducation, Société*, n°15, p. 57-68.
- Vergnaud G. (1989). “La formation des concepts scientifiques. Relire Vygotski et débattre avec lui aujourd'hui”. *Enfance*, t. 42, n°1-2, p. 111-118.
- Vergnaud G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 10, n°2.3, p. 133-169.
- Vergnaud G. (1995). Quelle théorie pour comprendre les relations entre savoir-faire et savoir ? In A. Bentolila. *Savoirs et savoir-faire. Les entretiens nathan*. (Paris) : Éditions Nathan, p. 5-20.
- Vergnioux A. (2003). *L'explication dans les sciences*. Bruxelles : De Boeck Université.
- Vérin A. (1988). Apprendre à écrire pour apprendre les sciences. *Aster*, n°6, p. 15-46.
- Vérin A. & Peterfalvi B. (1985). Un instrument d'analyse des modèles implicites de l'enseignement scientifique chez les enseignants. *Aster*, n°1, p. 7-28.

Verret M. (1975). *Le temps des études. Tome I*. Paris : Éditions Honoré Champion.

Veslin J. (1988). Quels textes scientifiques espère-t-on voir les élèves écrire ? Quelques exemples de l'utilisation d'une modélisation des textes scientifiques dans un contexte d'évaluation formatrice. *Aster*, n°6, p. 91-127.

Vygotski L. (1985). Le problème de l'enseignement et du développement mental à l'âge scolaire⁵⁹². In B. Schneuwly & J.-P. Bronckart. *Vygotsky aujourd'hui*. Neuchâtel – Paris : Delachaux & Niestlé, p. 95-117.

Vygotski L. (X/1997). *Pensée et langage*⁵⁹³. Paris : La Dispute.

Walliser B. (1977). *Systèmes et modèles. Introduction critique à l'analyse de systèmes*. Paris : Éditions du Seuil.

Wallon H. (1945/1963). *Les origines de la pensée chez l'enfant*. Paris : Presses Universitaires de France.

Weil-Barais A. (1991). Résolution de problèmes. In J.-P. Rossi. *La recherche en psychologie (Domaines et méthodes)*. Paris : Bordas (Dunod), p. 103-155.

Yore L. D., Florence M. K., Pearson T. W. & Weaver A. J. (2006). Written Discourse in Scientific Communities: A conversation with two scientists about their views of science, use of language, role of writing in doing science, and compatibility between their epistemic views and language. *International Journal of Science Education*, vol. 28, n°2-3, p. 109-141.

592 Ce texte a été écrit par Vygotsky entre 1933 et 1934, peu avant sa mort, et publié en 1935 sous le titre “Problema obucheniaz i umstvennogo razvitya v chkol'nom vozraste” dans le livre sur “Le développement mental de l'enfant dans le processus d'enseignement”. La traduction de Catherine Haus inclut une série de remarques de Vygotsky sur la pédagogie.

593 Traduction de Françoise Sève.

Sommaire

Introduction générale (p. 19)

CHAPITRE 1. INTRODUCTION ET EXPECTATIVES (p. 27)

1. Problèmes et modélisation dans l'enseignement des sciences de la vie (p. 29)
2. La formation de l'esprit scientifique dans l'apprentissage des sciences de la vie (p. 33)
3. Situations-problèmes et savoir scolaire dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences de la vie (p. 38)

CHAPITRE 2. “SITUATION DE PRATIQUE SCOLAIRE”, PROBLÉMATISATION ET DÉMARCHE SCIENTIFIQUE D'INVESTIGATION (p. 41)

Introduction (p. 43)

1. Activité et apprentissage : quel(s) lien(s) ? (p. 45)
 - 1.1. L'apprentissage portant sur l'activité en situation (p. 46)
 - 1.2. L'apprentissage se produisant à l'école (p. 46)
2. La pédagogie de projet, telle une problématique du sens (p. 48)
 - 2.1. Le projet d'activité : une logique de produits, la finalisation (p. 51)
 - 2.2. Le projet d'apprentissage : une logique de besoins, la légitimation (p. 51)
 - 2.3. Le projet d'enseignement : une logique de moyens, la didactisation (p. 52)
 - 2.4. L'intérêt de la pédagogie de projet (p. 55)
3. Le fonctionnement du système didactique au travers de la “situation de pratique scolaire” (p. 56)
 - 3.1. La “situation de pratique scolaire” au regard du projet d'activité, ou la rencontre de la logique de la société et de la logique de l'apprenant (p. 58)
 - 3.2. La “situation de pratique scolaire” au regard du projet d'enseignement, ou la rencontre

de la logique du savoir et de la logique de la société (p. 59)

3.3. La “situation de pratique scolaire” au regard du projet d'apprentissage, ou la rencontre de la logique de l'apprenant et de la logique du savoir (p. 60)

3.4. L'opérationnalisation de la “situation de pratique scolaire” (p. 60)

4. La démarche de problématisation, telle une méthodologie d'apprentissage (p. 62)

4.1. Première caractéristique : un processus multidimensionnel impliquant position, construction et résolution de problèmes (p. 64)

4.2. Deuxième caractéristique : une recherche de l'inconnu à partir du connu, c'est-à-dire de l'édification d'un certain nombre de points d'appui à partir desquels questionner (p. 66)

4.3. Troisième caractéristique : une dialectique de faits et d'idées, d'expériences et de théories (p. 67)

4.4. Quatrième caractéristique : une pensée contrôlée par des normes (intellectuelles, éthiques, techniques, pragmatiques...), ces normes étant elles-mêmes tantôt prédéfinies et tantôt à construire (p. 67)

4.5. Cinquième caractéristique : une schématisation fonctionnelle du réel qui renonce à tout embrasser et à reproduire la réalité mais vise plutôt à construire des outils pour penser et agir (p. 69)

5. Regards croisés entre la démarche d'investigation et le modèle d'“investigation-structuration” (p. 71)

5.1. Fondements épistémologiques de la démarche d'investigation (p. 74)

5.1.1. Intérêts de la démarche d'investigation (p. 74)

5.1.2. Limites de la démarche d'investigation (p. 75)

5.2. Fondements épistémologiques du modèle d'“investigation-structuration” (p. 76)

5.2.1. Critères des activités de structuration (p. 81)

5.2.2. Trames conceptuelles et itinéraires d'apprentissage (p. 82)

5.2.3. Modèle d'“investigation-structuration” et finalités de l'enseignement scientifique (p. 87)

6. Conclusion et première formulation de la question de recherche (p. 89)

CHAPITRE 3. PROBLÉMATISATION SCIENTIFIQUE ET INVESTIGATIONS EMPIRIQUES (p. 93)

Introduction (p. 95)

1. Problèmes et savoirs dans les activités scientifiques (p. 97)

1.1. Relations entre problèmes et savoirs scientifiques (p. 98)

1.2. Construction des problèmes dans les savoirs scientifiques (p. 99)

1.3. De la particularité des problèmes et de la problématisation scientifiques (p. 100)

1.3.1. Relations entre problèmes et savoirs scientifiques : la circularité et le dynamisme (p. 101)

1.3.2. Construction des problèmes dans les savoirs scientifiques et apodicticité : les concepts scientifiques (p. 102)

1.4. Activités langagières, problématisation et conceptualisation scientifiques (p. 103)

2. Problèmes et modèles dans les activités scientifiques (p. 104)

2.1. Registres en jeu dans les savoirs scientifiques (p. 104)

2.2. Registres en jeu et construction des problèmes dans les savoirs scientifiques (p. 109)

2.3. Des “espaces de contraintes” aux “espaces contraintes et nécessités” (p. 112)

3. Problèmes et expériences dans les activités scientifiques (p. 118)

3.1. De la diversité des épistémologies scientifiques (p. 118)

3.1.1. L'épistémologie empiriste de l'activité scientifique (p. 120)

3.1.2. L'épistémologie rationaliste de l'activité scientifique (p. 122)

3.1.3. Positionnement épistémologique du cadre conceptuel de la problématisation (p. 124)

3.2. De la diversité du registre empirique (p. 128)

3.2.1. Dans l'activité de recherche scientifique (p. 128)

3.2.2. Dans l'activité d'apprentissage scientifique (p. 130)

3.3. De la diversité des investigations empiriques (p. 131)

3.3.1. Première fonction des investigations empiriques : la mise à l'épreuve d'un modèle (*p. 131*)

3.3.2. Deuxième fonction des investigations empiriques : la mise en tension critique des idées explicatives et des investigations empiriques (*p. 132*)

3.3.3. Troisième fonction des investigations empiriques : "l'instanciation" des modèles (*p. 134*)

3.3.4. Quatrième fonction des investigations empiriques : les expériences ou les relevés descriptifs (*p. 134*)

4. Conclusion et seconde formulation de la question de recherche (*p. 136*)

CHAPITRE 4. PROBLÉMATISATION SCIENTIFIQUE ET ACTIVITÉS LANGAGIÈRES (*p. 141*)

Introduction (*p. 143*)

1. De la recherche à la justification de l'explication : la mise en texte du savoir au laboratoire (*p. 145*)

1.1. Le langage au sein de l'activité scientifique (*p. 145*)

1.2. La communication informelle, ou la recherche de l'explication (*p. 148*)

1.3. La communication formelle, ou la justification de l'explication (*p. 150*)

1.4. Conclusion (*p. 152*)

2. Le langage dans les activités scientifiques (*p. 154*)

2.1. Le langage, telle une activité consubstantielle de l'activité scientifique (*p. 154*)

2.2. Le langage, et la notion de dialogisme (*p. 155*)

2.3. Le langage, et la notion de genres du discours (*p. 159*)

2.4. Conclusion (*p. 160*)

3. Le langage dans les apprentissages scientifiques (*p. 164*)

3.1. Constructivisme et socio-constructivisme (*p. 164*)

3.2. Apprentissages incidents et apprentissages intentionnels (*p. 165*)

3.3. Concepts quotidiens et concepts scientifiques (*p. 167*)

3.4. Zone prochaine de développement et niveau présent de développement (*p. 169*)

3.5. Fonction interpsychique et fonction intrapsychique (*p. 170*)

3.6. Conclusion (*p. 172*)

CHAPITRE 5. PROBLÉMATISATION SCIENTIFIQUE ET MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL (*p. 177*)

Introduction (*p. 179*)

1. Philosophie du dispositif didactique scientifique (*p. 181*)

1.1. L'évaluation diagnostique, ou la "perception" du problème (*p. 182*)

1.1.1. La dévolution du projet d'apprentissage (*p. 182*)

1.1.2. La dévolution du projet d'activité (*p. 183*)

1.2. Le débat scientifique, ou l'articulation de la perception et de la construction du problème (*p. 183*)

1.2.1. Fondements didactiques du débat scientifique (*p. 183*)

1.2.1.1. Préparation du débat scientifique (*p. 184*)

1.2.1.2. Organisation du débat scientifique (*p. 185*)

1.2.2. Atouts didactiques du débat scientifique (*p. 186*)

1.3. Les investigations empiriques, ou l'articulation de la construction et de la résolution du problème (*p. 187*)

2. Analyse de l'évaluation diagnostique en termes de problématisation scientifique (*p. 189*)

2.1. Référentiel pour l'analyse des conceptions des apprenants sur le thème d'étude de la nutrition végétale : le cas des végétaux supérieurs (*p. 189*)

2.1.1. Référentiel en termes de questions fondamentales (*p. 189*)

2.1.2. Référentiel en termes de grandes conceptions (*p. 190*)

2.1.2.1. Nutrition des végétaux supérieurs à partir du sol (*p. 190*)

2.1.2.2. Nutrition des végétaux supérieurs à partir du sol et respiration (*p. 191*)

2.1.2.3. Nutrition des végétaux supérieurs à partir de la photosynthèse (*p. 191*)

2.2. Référentiel pour l'analyse des conceptions des apprenants sur le thème d'étude de la reproduction animale : le cas de l'Homme (*p. 192*)

2.2.1. Référentiel en termes de questions fondamentales (*p. 192*)

2.2.2. Référentiel en termes de grandes conceptions (*p. 192*)

2.2.2.1. Premier axe d'analyse : le principe géniteur (*p. 193*)

2.2.2.2. Second axe d'analyse : la formation de l'enfant (*p. 193*)

3. Analyse du débat scientifique en termes de problématisation scientifique (*p. 194*)

3.1. Analyse thématique du débat scientifique (*p. 194*)

3.1.1. Du débat scientifique aux épisodes thématiques (*p. 195*)

3.1.2. Des épisodes thématiques à l'espace-problème (*p. 198*)

3.2. Analyse épistémologique du débat scientifique (*p. 200*)

3.2.1. Du débat scientifique aux interventions des apprenants : première réduction du corpus initial (*p. 200*)

3.2.2. Des interventions des apprenants aux contraintes et nécessités : seconde réduction du corpus initial (*p. 201*)

3.2.3. Des contraintes et nécessités à l'«espace contraintes et nécessités» (*p. 204*)

4. Analyse des investigations empiriques en termes de problématisation scientifique (*p. 206*)

5. Conclusion (*p. 207*)

CHAPITRE 6. CONCEPTUALISATION, MISE EN ŒUVRE ET ANALYSE D'UN DISPOSITIF DIDACTIQUE LORS D'UNE PROBLÉMATISATION SCIENTIFIQUE AYANT TRAIT À LA NUTRITION VÉGÉTALE (*p. 209*)

Introduction (*p. 211*)

1. Analyse épistémologique de l'objet d'étude (*p. 215*)

- 1.1. Les obstacles en jeu (*p. 216*)
 - 1.1.1. Une simple rupture au niveau de la conception de la vie (*p. 216*)
 - 1.1.2. Une double rupture au niveau de la conception de la matière et de l'organisme (*p. 217*)
 - 1.1.3. De la nécessaire prise en compte de ces multiples ruptures (*p. 218*)
- 1.2. Les représentations en jeu (*p. 218*)
 - 1.2.1. Niveau de formulations premier, ou de l'absence d'un réel questionnement scientifique (*p. 220*)
 - 1.2.2. Niveau de formulations second, ou de la présence d'un réel questionnement scientifique (*p. 221*)
- 1.3. Les explications en jeu (*p. 223*)
- 2. Analyse de l'évaluation diagnostique en termes de problématisation scientifique (*p. 225*)
 - 2.1. Première question (*p. 225*)
 - 2.2. Deuxième question (*p. 227*)
 - 2.3. Troisième question (*p. 229*)
 - 2.4. Discussion partielle (*p. 230*)
- 3. Analyse du débat scientifique en termes de problématisation scientifique (*p. 232*)
 - 3.1. Analyse thématique du débat scientifique (*p. 232*)
 - 3.2. Analyse épistémologique du débat scientifique (*p. 241*)
- 4. Analyse des investigations empiriques en termes de problématisation scientifique (*p. 258*)
 - 4.1. Séance du mardi vingt-cinq mars deux-mille-quatorze : investigation sur le besoin en eau (*p. 259*)
 - 4.2. Séance du mardi premier avril deux-mille-quatorze : investigation sur le besoin en eau (*p. 263*)
 - 4.3. Séance du lundi sept avril deux-mille-quatorze : structuration sur le besoin en eau (*p. 263*)

4.3.1. Premier temps de la séance (p. 263)

4.3.2. Second temps de la séance (p. 266)

4.3.2.1. Première phase (p. 266)

4.3.2.2. Seconde phase (p. 269)

4.4. Séance du mardi huit avril deux-mille-quatorze : investigation sur le besoin en sels minéraux (p. 270)

4.4.1. Premier temps de la séance (p. 270)

4.4.2. Second temps de la séance (p. 272)

4.5. Séance du lundi quatorze avril deux-mille-quatorze : structuration sur le besoin en sels minéraux (p. 274)

4.5.1. Premier temps de la séance (p. 274)

4.5.2. Second temps de la séance (p. 275)

4.5.2.1. Première phase (p. 275)

4.5.2.2. Seconde phase (p. 281)

4.6. Séance du mardi quinze avril deux-mille-quatorze : investigation sur le besoin en CO₂ + lumière (p. 286)

4.6.1. Premier temps de la séance (p. 286)

4.6.2. Second temps de la séance (p. 290)

4.7. Séance du mardi vingt-deux avril deux-mille-quatorze : structuration sur le besoin en CO₂ + lumière (p. 306)

4.7.1. Premier temps de la séance (p. 306)

4.7.2. Second temps de la séance (p. 310)

5. Discussion générale autour du premier recueil de données (p. 317)

5.1. Articulation de l'investigation à la problématisation sur le temps des investigations empiriques (p. 317)

5.2. Construction de relations entre concepts : un cas d'étude, la séance ayant pour objectif la structuration sur le besoin en sels minéraux (p. 320)

5.3. Construction de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] d'une transformation (*via* un organe) de la matière prélevée : un cas d'étude, la séance ayant pour objectif l'investigation sur le besoin en CO₂ + lumière (*p.* 322)

5.4. Obstacles à la construction de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] d'une transformation (*via* un organe) de la matière prélevée (*p.* 327)

5.5. Le besoin en CO₂ : une connaissance apodictique pour le savoir savant, une connaissance assertorique pour le savoir à enseigner (*p.* 338)

5.6. Retour sur la question de recherche, de sa première formulation à sa seconde formulation (*p.* 343)

CHAPITRE 7. CONCEPTUALISATION, MISE EN ŒUVRE ET ANALYSE D'UN DISPOSITIF DIDACTIQUE LORS D'UNE PROBLÉMATISATION SCIENTIFIQUE AYANT TRAIT À LA REPRODUCTION VÉGÉTALE (*p.* 347)

Introduction (*p.* 349)

1. Analyse épistémologique de l'objet d'étude (*p.* 352)

1.1. Le concept de fleur (*p.* 355)

1.1.1. Le concept scientifique de fleur (*p.* 355)

1.1.2. Le concept quotidien de fleur (*p.* 355)

1.2. Le concept de fruit (*p.* 357)

1.2.1. Le concept scientifique de fruit (*p.* 357)

1.2.2. Le concept quotidien de fruit (*p.* 358)

1.3. Le concept de graine (*p.* 358)

1.3.1. Le concept scientifique de graine (*p.* 358)

1.3.2. Le concept quotidien de graine (*p.* 358)

1.4. Conclusion : actions didactiques possibles (*p.* 359)

2. Analyse de l'évaluation diagnostique en termes de problématisation scientifique (*p.* 361)

2.1. Première question : le changement de génération au cours du cycle de développement /

vie (p. 362)

2.2. Deuxième question : la forme, la structure de la fleur et sa fonction, son rôle (p. 364)

2.3. Troisième question : l'origine du fruit (p. 366)

2.4. Quatrième question : la fonction, le rôle du fruit (p. 368)

2.5. Discussion partielle (p. 369)

3. Analyse du débat scientifique en termes de problématisation scientifique (p. 371)

3.1. Analyse thématique du débat scientifique (p. 371)

3.2. Analyse épistémologique du débat scientifique (p. 386)

4. Analyse des investigations empiriques en termes de problématisation scientifique (p. 399)

4.1. Séance du mardi dix mars deux-mille-quinze : le concept de fleur, et le pistil (p. 399)

4.1.1. Premier temps de la séance (p. 399)

4.1.2. Second temps de la séance (p. 414)

4.2. Séance du mardi dix-sept mars deux-mille-quinze : les concepts de fruit et de graine (p. 423)

4.2.1. Premier temps de la séance (p. 423)

4.2.2. Second temps de la séance (p. 431)

4.3. Séance du vendredi vingt mars deux-mille-quinze : le concept de fleur, et le pollen (p. 443)

4.4. Séance du mardi vingt-quatre mars deux-mille-quinze (p. 461)

4.4.1. Premier temps de la séance (p. 461)

4.4.2. Second temps de la séance (p. 473)

5. Discussion générale autour du second recueil de données (p. 481)

5.1. Articulation de l'investigation à la problématisation sur le temps des investigations empiriques (p. 481)

5.2. Construction de la nécessité sur le modèle [ou les modèles] d'un "spermatozoïde" et

d'un "ovule" : un cas d'étude, la séance portant sur le concept de fleur, et plus particulièrement la conceptualisation scientifique du pistil (p. 484)

5.3. Construction de relations entre concepts : un cas d'étude, la séance structurant les concepts de fleur, de fruit et de graine (p. 486)

5.4. Observation de l'activité langagière dans les activités scientifiques (p. 489)

5.5. Retour sur la question de recherche, de sa première formulation à sa seconde formulation (p. 490)

CHAPITRE 8. DISCUSSION GÉNÉRALE (p. 495)

Introduction (p. 497)

1. La démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences expérimentales et technologie (p. 501)

1.1. Des bases théoriques (socio)constructivistes à leur mise en œuvre (p. 501)

1.2. Mises au point et mises en garde (p. 504)

2. Le modèle d'"investigation-structuration" : une solution à la tension qui s'exerce entre la logique de l'apprenant, psychologique, et la logique du savoir, épistémologique (p. 508)

2.1. Contextualisation et description du modèle d'"investigation-structuration" (p. 508)

2.2. Écologie du modèle d'"investigation-structuration" (p. 512)

3. Les trois sens du constructivisme (p. 515)

3.1. Le registre épistémologique (p. 515)

3.2. Le registre psychologique (p. 517)

3.3. Le registre pédagogique (p. 519)

3.3.1. L'auto-structuration du savoir (p. 520)

3.3.2. L'hétéro-structuration du savoir (p. 520)

3.3.3. L'inter-structuration du sujet connaissant et de l'objet à connaître (p. 521)

4. Fonction d'étayage, de tutelle et zone prochaine de développement : ou de l'intérêt des activités de structuration (p. 524)

5. Perspectives vygotkienne et bakhtinienne de l'apprentissage en sciences : ou de l'intérêt des énoncés négociés et des énoncés "structurants" (productions langagières intermédiaires) (p. 527)

6. Le modèle d'"investigation-structuration" : une incarnation de la "situation de pratique scolaire" en sciences (p. 529)

7. Le modèle d'"investigation-structuration" : une condition pour des investigations empiriques problématisantes (p. 536)

7.1. Investigations empiriques et construction de problèmes explicatifs (p. 536)

7.2. Investigations empiriques et connaissances en jeu (p. 537)

7.2.1. Dans l'activité de recherche scientifique (p. 537)

7.2.2. Dans l'activité d'apprentissage scientifique (p. 539)

7.2.3. Positionnement pédagogique du cadre conceptuel de la problématisation (p. 540)

7.2.3.1. Le choix des domaines d'investigation empirique (p. 541)

7.2.3.2. Le recours à des références empiriques aménagées (p. 541)

7.2.3.3. La séparation dans le temps (p. 542)

7.2.3.4. L'action de l'enseignant (p. 542)

7.3. Investigations empiriques au sein de la construction de problèmes explicatifs : diversité de formes, de structures et de fonctions, de rôles (p. 543)

8. Le modèle d'"investigation-structuration" : une solution au double écueil de la pédagogie de la réponse et de la pédagogie de la question (p. 547)

CHAPITRE 9. CONCLUSION ET PERSPECTIVES (p. 551)

1. Conditions didactiques de la problématisation scientifique (p. 554)

2. Conditions didactiques de la problématisation scientifique au regard de nos études empiriques : de l'importance, aussi, de ne pas négliger le registre psychologique du constructivisme (p. 556)

2.1. Sur le temps du débat scientifique (p. 557)

2.2. Sur le temps des investigations empiriques (*p.* 558)

3. Les trois dimensions du constructivisme en situation de classe (*p.* 562)

4. Perspectives de recherche (*p.* 570)

Conclusion générale (*p.* 575)

Bibliographie (*p.* 579)

FRANÇOIS-XAVIER BEUVE, 2017. PROBLÉMATISATION, INVESTIGATIONS ET APPRENTISSAGES DANS LES SCIENCES DE LA VIE. ÉTUDE DIDACTICO-PÉDAGOGIQUE DES CONDITIONS DE POSSIBILITÉ POUR DES INVESTIGATIONS EMPIRIQUES PROBLÉMATISANTES, DANS DEUX DOMAINES BIOLOGIQUES : NUTRITION ET REPRODUCTION VÉGÉTALES.

Université de Caen Normandie, UFR Humanités et Sciences Sociales, Département Sciences de l'Éducation, ED Homme, Sociétés, Risques, Territoire

Résumé – Depuis quelques années déjà, et en référence aux épistémologies rationalistes de Bachelard, Canguilhem et Popper, les relations entre problèmes, savoirs et apprentissages scientifiques sont au centre de nombreuses recherches didactiques. Au cœur de cela les interactions langagières y tiennent une place de premier choix, ce qui explique notamment l'importance accordée au débat scientifique, et dont la représentation du produit, en termes d'activité problématisante, est rendue possible par la réalisation d'"espaces contraintes et nécessités", lesquels s'appuient sur la distinction centrale du registre empirique et du registre du modèle [ou des modèles], mais également sur la distinction tout aussi centrale de l'assertorique et de l'apodictique, c'est-à-dire de ce qui relève du contingent et du nécessaire. Reste cependant que, si le débat scientifique semble consacré à la construction du problème en jeu, se pose à présent la question, au sein du cadre conceptuel de la problématisation que nous mobilisons, de la fonction même des investigations empiriques, au regard de leur structure propre : participent-elles encore à la construction du problème en jeu et, le cas échéant, à quelles conditions ? De ces quelques constats, le présent travail de recherche vise donc à la conceptualisation, la mise en œuvre et l'analyse de deux dispositifs didactiques en sciences, et ce dans une classe du cycle de consolidation du premier degré, le tout afin de mettre en évidence les quelques éléments pouvant participer à l'activité de problématisation scientifique engagée, notamment dans l'articulation de la construction à la résolution du problème en jeu.

Mots-clefs : apprentissage par investigation, apprentissage par problèmes, débats et controverses, discours argumentatif, interaction en éducation, sciences -- étude et enseignement.

FRANÇOIS-XAVIER BEUVE, 2017. PROBLEMATIZATION, INVESTIGATIONS AND LEARNING IN NATURAL SCIENCE. DIDACTIC-PEDAGOGICAL STUDY OF THE CONDITIONS OF POSSIBILITY FOR PROBLEMATIZING EMPIRICAL INVESTIGATIONS, IN TWO BIOLOGICAL DOMAINS : PLANT NUTRITION AND REPRODUCTION.

Université de Caen Normandie, UFR Humanités et Sciences Sociales, Département Sciences de l'Éducation, ED Homme, Sociétés, Risques, Territoire

Abstract – For several years now, and with reference to the rationalist epistemology of Bachelard, Canguilhem and Popper, the relationship between problem, scientific knowledge and learning is the focus of extensive educational research. Language holds a first choice place at the heart of this interaction, which explains more particularly the importance given to scientific debate, and whose representation of the outcome, in terms of problematizing activity, is enabled by creating "spaces of constraints and needs", which build on the fundamental distinction of an empirical thesaurus and the thesaurus of the model [or the models], and also on the equally fundamental distinction of the apodictic and assertoric, that is what is the contingency and the necessary. Furthermore, though the scientific debate seems centered around the construction of the problem at stake, another question is raised, within the conceptual framework of problematization that we mobilize, the very function of empirical investigations, according to their own structure : are still involved in the construction of the problem at stake and, where appropriate, under what conditions ? Based on these recent findings, this research work aims at the conceptualization, the implementation and the analysis of two teaching-learning science sequence, in a class of year 9 and 10, so as to highlight some elements which may participate in the scientific case of problematization to be surveyed, more particularly in the articulation of the construction to solve the problem at stake.

Keywords : learning by investigation, learning by problems, debates and controversies, argumentative discourse, interaction in education, science -- study and teaching.

CIRNEF

Université de Caen Normandie

Esplanade de la Paix

14 032 CAEN CEDEX 5

TABLE DES ANNEXES

Annexe 2-1

Repères pour la mise en œuvre d'une démarche expérimentale d'investigation

p. 7

Annexe 2-2

Activités d'exploration (ou fonctionnelles) et activités d'investigation

p. 11

Annexe 3-1

Principes de l'induction et de la déduction

p. 15

Annexe 3-2

Biographie, œuvres, discours et travaux académiques de François Jacob

p. 19

Annexe 5-1

Opération "Un poster pour la science"

p. 23

Annexe 6-1

Projet d'enseignement, "situation de pratique scolaire" portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale

p. 27

Annexe 6-2

Classification des végétaux

p. 31

Annexe 6-3

Le concept de nutrition végétale & Le concept de communauté et d'écosystème en écologie

p. 35

Annexe 6-4

Reproduction des évaluations diagnostiques portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale

p. 51

Annexe 6-5

Reproduction des affiches ayant servi à la préparation du débat scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale

p. 91

Annexe 6-6

Transcription intégrale du débat scientifique portant sur le thème d'étude de la nutrition végétale

p. 97

Annexe 6-7

Document de travail de la séance du lundi sept avril deux-mille-quatorze

p. 131

Annexe 6-8

Document de travail de la séance du mardi huit avril deux-mille-quatorze

p. 135

Annexe 6-9

Document de travail de la séance du lundi quatorze avril deux-mille-quatorze

p. 139

Annexe 6-10

Document de travail de la séance du mardi quinze avril deux-mille-quatorze

p. 145

Annexe 6-11

Document de travail de la séance du mardi vingt-deux avril deux-mille-quatorze

p. 149

Annexe 6-12

Classification / Tableau périodique des éléments, ou table de Mendeleïev

p. 155

Annexe 7-1

Projet d'enseignement, "situation de pratique scolaire" portant sur le thème d'étude de la reproduction végétale

p. 159

Annexe 7-2

Classification des végétaux

p. 163

Annexe 7-3

Le concept de reproduction végétale, et développement

p. 167

Annexe 7-4

Reproduction des évaluations diagnostiques portant sur le thème d'étude de la reproduction végétale

p. 177

Annexe 7-5

Reproduction des affiches ayant servi à la préparation du débat scientifique portant sur le thème d'étude de la reproduction végétale

p. 263

Annexe 7-6

Transcription intégrale du débat scientifique portant sur le thème d'étude de la reproduction végétale

p. 269

Annexe 7-7

Document de travail de la séance du mardi dix mars deux-mille-quinze

p. 299

Annexe 7-8

Document de travail de la séance du mardi dix-sept mars deux-mille-quinze

p. 305

Annexe 7-9

Document de travail de la séance du vendredi vingt mars deux-mille-quinze

p. 309

Annexe 2-1

Repères pour la mise en œuvre d'une démarche répondant au schéma :

"Du questionnement à la connaissance en passant par l'expérience" ⁽¹⁾

Groupe Technique
associé au Comité de suivi du
Plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école
23 mars 2001

Le canevas ci-dessous est destiné aux maîtres. Il a pour objet de leur donner des repères pour la mise en œuvre d'une démarche d'enseignement respectant l'esprit du Plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie.

Il s'agit d'un document pédagogique opérationnel qui n'a pas la prétention de définir "la" méthode scientifique, ni celle de figer de façon exhaustive le déroulement qui conduit de la problématisation à l'investigation puis à la structuration. Apparentée aux méthodes actives, la démarche proposée pourra notamment être comparée à celle qui est recommandée pour la résolution de problèmes en mathématiques.

Par commodité de présentation, cinq moments essentiels ont été identifiés. L'ordre dans lequel ils se succèdent ne constitue pas une trame à adopter de manière linéaire. En fonction des sujets, un aller et retour entre ces moments est tout à fait souhaitable. En revanche, chacune des phases identifiées est essentielle pour garantir l'investigation réfléchie des élèves.

Divers aspects d'une démarche expérimentale d'investigation

La démarche qui sous-tend le Plan de rénovation des sciences et de la technologie à l'école obéit aux **principes d'unité et de diversité**.

Principe d'unité

Cette démarche s'articule sur le questionnement des élèves sur le monde réel : phénomène ou objet, vivant ou non vivant, naturel ou construit par l'Homme. Ce questionnement conduit à l'acquisition de connaissances et de savoir-faire, à la suite d'une investigation menée par les élèves guidés par le maître.

Principe de diversité

L'investigation réalisée par les élèves peut recourir à diverses méthodes, y compris au cours d'une même séance :

- expérimentation directe ;
- réalisation matérielle (construction directe, recherche d'une solution technique) ;
- observation, directe ou assistée par un instrument ;
- recherche sur documents ; ⁽²⁾
- enquête et visite.

La complémentarité entre ces méthodes d'accès à la connaissance est à équilibrer en fonction de l'objet d'étude. Chaque fois qu'elles sont possibles, matériellement et déontologiquement, l'expérimentation et l'action directe par les élèves sur le réel doivent être privilégiées.

Le choix d'une situation de départ (paramètres qui ont guidé son choix par le maître en fonction des objectifs des programmes) :

- adéquation au projet de cycle élaboré par le conseil des maîtres du cycle ;
- caractère productif du questionnement auquel peut conduire la situation ;
- ressources locales (en matériel et en ressources documentaires) ;
- centres d'intérêt locaux, d'actualité ou suscités lors d'autres activités, scientifiques ou non ;
- pertinence de l'étude entreprise par rapport aux intérêts propres de l'élève.

La formulation du questionnement ⁽⁴⁾ des élèves :

- travail *guidé par le maître* qui, éventuellement, aide à *reformuler* les questions pour s'assurer de leur sens, à les recentrer sur le champ scientifique et à favoriser l'amélioration de l'expression orale des élèves ;
- choix orienté et justifié par le maître de l'exploitation de questions productives (c'est-à-dire se prêtant à une démarche constructive prenant en compte la disponibilité du matériel expérimental et documentaire) qui débouchent sur un apprentissage inscrit dans les programmes ;
- émergence des conceptions initiales des élèves ⁽⁵⁾, confrontation de leurs éventuelles divergences pour favoriser l'appropriation par la classe du problème soulevé.

L'élaboration des hypothèses et la conception de l'investigation à réaliser pour les valider / invalider :

- gestion par le maître des *modes de groupement des élèves* (de niveau divers selon les activités, de la dyade au groupe classe entier) ; consignes données (fonctions et comportements attendus au sein des groupes) ;
- formulation orale d'hypothèses dans les groupes ;
- élaboration éventuelle de *protocoles* ⁽⁶⁾, destinés à valider ou à invalider les hypothèses ;
- élaboration d'écrits précisant les hypothèses et protocoles (textes et schémas) ;
- formulation orale et / ou écrite par les élèves de leurs prévisions : « que va-t-il se passer selon moi ? », « pour quelles raisons ? » ;
- communication orale à la classe des hypothèses et des protocoles proposés.

L'investigation conduite par les élèves :

- moments de débat interne au groupe d'élèves : les modalités de la mise en œuvre de l'expérience ;
- contrôle de la variation des paramètres ;
- description de l'expérience (schémas, description écrite) ;
- reproductibilité de l'expérience (relevé des conditions de l'expérience par les élèves) ;
- gestion des traces écrites personnelles des élèves.

L'acquisition et la structuration des connaissances :

- *comparaison et mise en relation des résultats* obtenus dans les divers groupes, dans d'autres classes...
- *confrontation avec le savoir établi* (autre forme de recours à la recherche documentaire), respectant des *niveaux de formulation accessibles aux élèves* ;
- recherche des causes d'un éventuel désaccord, analyse critique des expériences faites et proposition *d'expériences complémentaires* ;
- *formulation écrite*, élaborée par les élèves avec l'aide du maître, des connaissances nouvelles acquises en fin de séquence ;
- réalisation de productions destinées à la *communication du résultat* (texte, graphique, maquette, document multimédia).

(1) Le mot est pris ici dans le sens large, explicité ci-dessous, de démarche expérimentale d'investigation.

(2) Voir le texte "Statut de la recherche documentaire et des TIC dans le cadre du Plan de rénovation".

(3) Constituée en général de plusieurs séances relatives à un même sujet d'étude.

(4) Voir les textes "Du questionnement à la connaissance en passant par l'expérience" et "L'enseignement des sciences à l'école primaire".

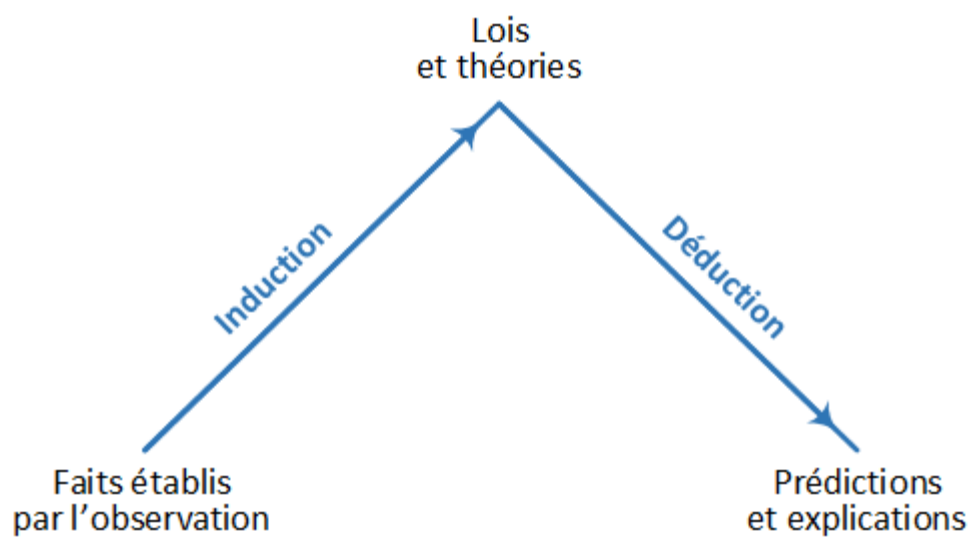
(5) Le guidage par le maître ne doit pas amener à occulter ces conceptions initiales.

(6) Au sens large, incluant notamment un projet de construction.

Annexe 2-2

| Activité fonctionnelle | Activité de résolution de problème |
|--|---|
| Fabrication de gâteaux. | À quoi sert la levure ? |
| Plantation d'arbres achetés par la commune. | Comment les arbres font pour grandir ? |
| Recherche de tout ce que l'on peut manger en forêt, à l'occasion d'une sortie. | D'où viennent les noisettes ? |
| Promenade en forêt à l'automne. | Comment l'araignée fait-elle pour capturer ses proies ? |
| Cultures du jardin scolaire. | Comment détruire les pucerons et les mauvaises herbes ? |
| Élevage des fourmis. | Comment les fourmis recherchent-elles leur nourriture ? |
| Élevage de poissons exotiques. | Y a-t-il un chef dans l'aquarium ? |
| Entretien des plantes en classe. | Que devient l'eau d'arrosage des plantes ? |
| Organisation d'une exposition à partir des éléments rapportés après une visite en forêt. | Essai de classification de champignons. |
| Réalisation de bouquets pour décorer la classe avec des fleurs des champs. | Les fleurs sont-elles bâties sur le même plan malgré les différences apparentes ? |
| Fabrication d'un journal de classe avec un duplicateur à alcool. | Comment l'alcool à brûler peut sentir jusqu'au fond de la classe ? |
| Jeu avec des pistolets à ressort pendant les récréations. | Quels pistolets visent le plus juste ? Pourquoi ? |
| Incident survenu lors de la venue à bicyclette à l'école : dérailler et arriver les mains pleines de cambouis. | À quoi sert le dérailleur ? |
| Élevages en aquarium. | Pourquoi voit-on les objets plus gros dans le bocal ? |
| Transport des glaçons de la maison à l'école. | Les glaçons fondent-ils plus vite dans l'eau même froide que dans l'air ? Pourquoi la bouteille éclate-t-elle par le gel ? Est-ce que la laine réchauffe le glaçon ? Quelle est l'eau la plus froide ? |
| Comment faire disparaître la tache d'eau sur un vêtement ? | Comment faire évaporer plus vite ? |
| Jeux avec des objets frottés. | Quelles sont les substances qui peuvent attirer ? Quels sont les objets attirés ? |
| Fabrication d'un jeu électrique. Réparation des pannes dans une lampe torche. | Comment allumer l'ampoule ? |
| Préparation de la vinaigrette. | Pourquoi l'huile et le vinaigre ne se mélangent pas ? |
| Utilisation ou fabrication d'instruments de musique. | Comment les trompettes, les cordes de la guitare font-elles de la musique ? |
| Séance en piscine. | Pourquoi on porte plus facilement dans l'eau ? Pourquoi j'ai intérêt à faire correctement les mouvements de la brasse ? Comment nage la grenouille ? |
| Séance d'EPS : qui saute le plus haut ? | Que se passe-t-il quand je saute en hauteur ? |

Annexe 3-1



Annexe 3-2



François JACOB

Académie française

Biographie

Né à Nancy, le 17 juin 1920. Après ses classes au lycée Carnot à Paris, il commence des études de médecine à la Faculté de Paris dans le but de devenir chirurgien. Ces études sont interrompues par la guerre. En juin 1940, alors qu'il est en seconde année de médecine, il quitte la France et s'engage à Londres dans les Forces françaises libres. Envoyé en Afrique, il est alors médecin de bataillon et fait les campagnes du Fezzan, de Libye, Tripolitaine et Tunisie, où il est blessé. Affecté à la 2^e

division blindée, il est grièvement blessé en Normandie en août 1944. Après la guerre, François Jacob termine ses études de médecine et soutient une thèse de doctorat à Paris en 1947. Ne pouvant faire de chirurgie à cause de ses blessures, il s'essaie à différents métiers avant de se tourner vers la biologie. Il obtient une licence ès sciences en 1951, puis un doctorat ès sciences en 1954 à la Sorbonne.

En 1950, François Jacob entre à l'Institut Pasteur dans le service du docteur André Lwoff. Il est successivement nommé chef de laboratoire, en 1956, puis, en 1960, chef du service de génétique cellulaire récemment créé à l'Institut Pasteur. En 1964, il est nommé professeur de génétique cellulaire au Collège de France. De 1982 à 1988, il a été président du conseil d'administration de l'Institut Pasteur. Il fut chancelier de l'ordre de la Libération jusqu'en octobre 2011.

François Jacob a reçu plusieurs prix scientifiques français et notamment le prix Charles Léopold Mayer de l'Académie des sciences. En 1965, il a reçu, avec André Lwoff et Jacques Monod, le prix Nobel de physiologie ou médecine. Il est membre étranger de l'Académie royale des lettres et sciences du Danemark, de l'American Academy of Arts and Sciences, de la National Academy of Sciences des États-Unis, de l'American Philosophical Society, de la Royal Society (Londres), de l'Académie royale de médecine de Belgique, de la New York Academy of Sciences, de l'International Academy of the History of Science, de l'Académie des sciences de Hongrie, de l'Académie royale des sciences (Madrid). Il est docteur *honoris causa* des universités de Chicago, Michigan, The Mount Sinai Medical Center (New York), Humboldt (Berlin), Bruxelles, Barcelone, The Weizmann Institute of Science, The Rockefeller University (New York), Oxford, Rome, Lisbonne, Bologne, Harvard, Athènes, Crète, Montréal, Valence, Madrid, Istanbul.

Élu membre de l'Académie des sciences, le 22 novembre 1976. Élu à l'Académie française, le 19 décembre 1996, au fauteuil de Jean-Louis Curtis (38^e fauteuil).

Mort le 20 avril 2013 à Paris.

Principaux travaux

Les travaux de François Jacob ont porté principalement sur les mécanismes génétiques existant chez les bactéries et les bactériophages ainsi que sur les effets biochimiques des mutations. Il a tout d'abord étudié les propriétés des bactéries lysogènes et mis en évidence leur "immunité", c'est-à-dire l'existence d'un mécanisme inhibant l'activité des gènes dans le prophage comme chez les particules infectantes du même type.

En 1954 commence une longue et fructueuse collaboration avec Élie Wollman pour tenter d'établir la nature des relations entre prophage et matériel génétique de la bactérie. Cette étude conduit à préciser le mécanisme de la conjugaison bactérienne et, par là même, a permis d'analyser l'équipement génétique de la cellule bactérienne. De là émergent toute une série de notions nouvelles, comme le processus orienté de transfert génétique du mâle à la femelle, la circularité du chromosome bactérien ou le concept d'épisome.

En 1958, la remarquable analogie révélée par l'analyse génétique de la lysogénie et par celle de la biosynthèse induite de la β -galactosidase conduit François Jacob à étudier avec Jacques Monod les mécanismes assurant les transferts d'information génétique ainsi que les circuits de régulation qui, dans la cellule bactérienne, ajustent l'activité et la synthèse des macromolécules. À la suite de cette analyse, Jacob et Monod proposent une série de notions nouvelles, celles d'ARN messager, de gènes de régulation, d'opéron, d'allostérie. En 1963, François Jacob propose avec Sydney Brenner l'hypothèse du "réplicon" pour rendre compte de certains aspects de la division cellulaire chez les bactéries.

En 1970, il a commencé à étudier des cellules de mammifères en culture et notamment certains aspects de leurs propriétés génétiques. Au cours des dernières années, François Jacob a étudié les premiers stades du développement embryonnaire chez la souris. Il a utilisé notamment, comme modèle, une tumeur maligne de la souris, le tératocarcinome.



François JACOB

Œuvres

- 1954 *Les Bactéries lysogènes et la notion de provirus* (Masson)
- 1961 *Sexuality and the genetics of bacteria, avec Élie Wollman* (Academic Press)
- 1970 *La Logique du vivant, une histoire de l'hérédité* (Gallimard)
- 1981 *Le jeu des possibles, essai sur la diversité du vivant* (Fayard)
- 1987 *La Statue intérieure* (Odile Jacob)
- 1997 *La Souris, la Mouche et l'Homme* (Odile Jacob)

Discours et travaux académiques

L'évolution : introduction aux Conférences sur l'évolution à l'Académie des sciences, le 4 février 1985

Science de jour, science de nuit : communication à l'Académie des sciences morales et politiques, le 26 janvier 1987

Pasteurs et pastoriens : un certain style en science. Célébration du centenaire de Pasteur à l'Académie des sciences, le 12 octobre 1987

L'imagination en art et en science. Communication au Colloque « Créer et découvrir ». Bicentenaire de l'Institut de France, le 26 septembre 1995

Le Comité de défense des hommes de science. Communication au Colloque « Missions permanentes et missions nouvelles de l'Institut de France au seuil du XXI^e siècle ». Bicentenaire de l'Institut de France, le 28 septembre 1995

L'émergence de la biologie moderne, le 24 octobre 1995

Discours de réception de François Jacob, le 20 novembre 1997

Réponse au discours de réception de Pierre Messmer, le 10 février 2000

Annexe 5-1

A SAINT-LO, le 11 février 2011

L'Inspecteur d'Académie
Directeur des Services Départementaux de
l'Education Nationale de la Manche

à Mesdames et Messieurs les Enseignants,
Mesdames les Directrices et Messieurs les
Directeurs d'école

S/c de Mesdames et Messieurs les IEN

Objet : Préparation de l'opération « Un poster pour la science » 2011

Depuis deux ans, l'Inspection Académique de la Manche, avec le concours des correspondants « sciences » et des équipes des circonscriptions, vous propose de participer à un projet intitulé : « **Un poster pour la science** ».

Le principe en est simple : chaque participant élabore un (ou plusieurs) poster(s) destiné(s) à être affiché(s), durant une semaine, de façon à être visibles de l'extérieur de l'école. Ce (ou ces) poster(s) présente(nt) un aspect des activités scientifiques ou technologiques conduites au cours de l'année scolaire. Il peut s'agir du compte rendu d'une expérience menée dans la classe, du résultat d'une recherche documentaire, d'une synthèse de connaissances, de la biographie d'un scientifique... Selon les écoles, ces productions sont l'œuvre d'un groupe d'élèves ou bien de plusieurs classes.

Des exemples de productions réalisées dans le cadre de ce projet sont en ligne sur le site de l'Inspection Académique.

L'opération « **Un poster pour la science** » vise à offrir au public une image de l'école axée sur les savoirs, leur mise en forme et leur communication.

Cette année, elle sera reconduite et se déroulera du 27 mai au 1^{er} juin 2011. La production de posters peut d'ores et déjà être anticipée.

Le correspondant « sciences » de votre circonscription se tient à votre disposition afin de vous apporter les précisions ainsi que les aides dont vous pourriez avoir besoin.

Les enseignants souhaitant participer se signaleront auprès de ce correspondant « sciences » ou de l'équipe de circonscription, de préférence avant le 26 février prochain.

Je vous remercie de votre engagement en faveur de ces domaines d'activité qui méritent toute notre attention.

Francis MORLET

Annexe 6-1

PROJET D'ENSEIGNEMENT

THÈME D'ÉTUDE

La nutrition végétale.

OBJET D'ÉTUDE

La signification de la nutrition des végétaux chlorophylliens dans le cadre de la croissance et / ou du développement.

OBSTACLE

De la non prise en compte de la matière, et qui renvoie à des représentations où la croissance est un mot (---> obstacle verbal), une image (---> obstacle descriptif), dans le cours des choses (---> obstacle tautologique) ou due à l'âge.

PROBLÈME

Comment envisager la croissance et / ou le développement des végétaux chlorophylliens comme nécessitant avant tout un apport de matière, alors que cette dernière n'est en rien prise en compte.

COMPÉTENCE

DIMENSION PRODUCTIVE : OBJECTIF DE PRESTATION

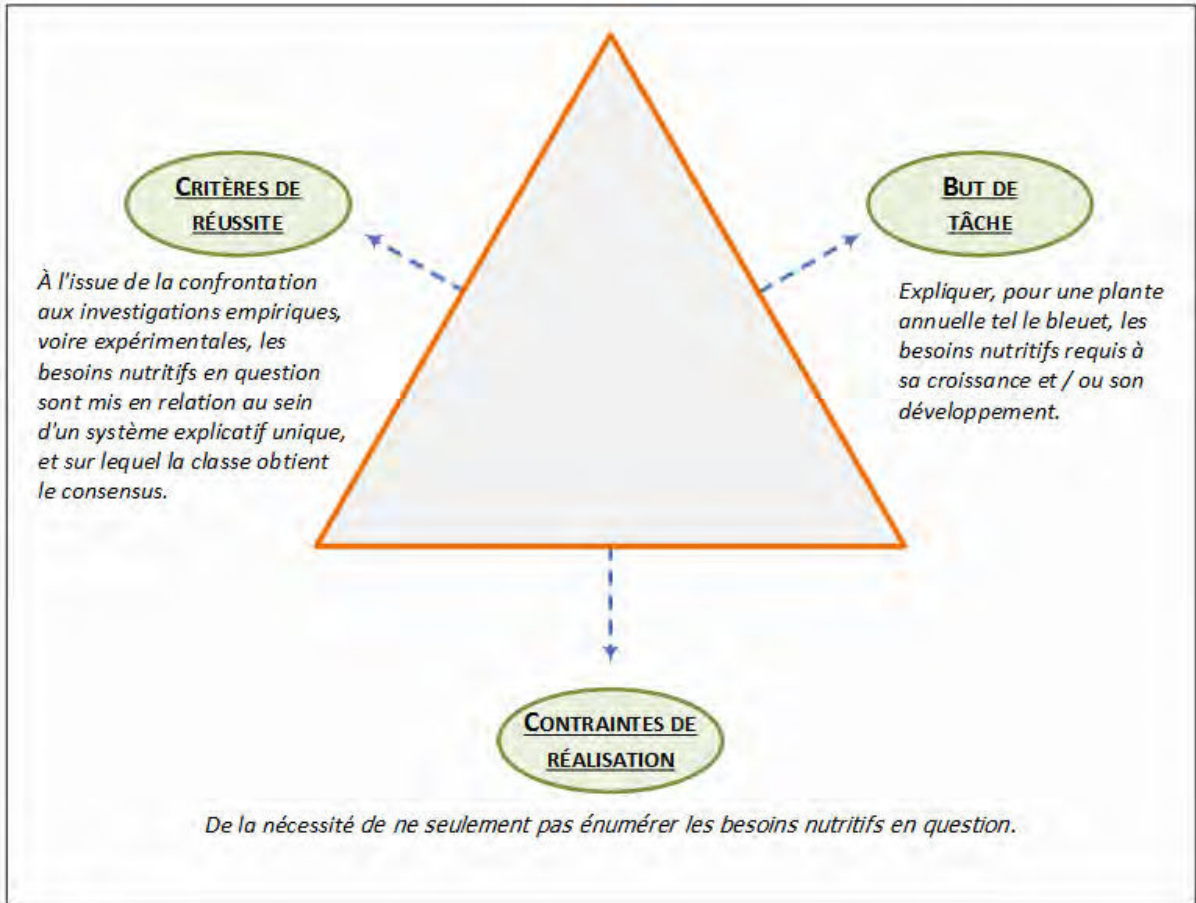
Être capable d'expliciter la croissance et / ou le développement des végétaux chlorophylliens, laquelle pourrait être formulée ainsi : les végétaux chlorophylliens, pour fabriquer leur propre matière –organique, ont besoin à la fois d'eau et de substances minérales, prélevées par le système souterrain de la plante, et de CO₂ et de lumière, prélevés par le système aérien de la plante.

DIMENSION CONSTRUCTIVE : OBJECTIF DE TRANSFORMATION

Passer de l'absence d'un réel questionnement scientifique, et en cela d'une non prise en compte de la matière, à la présence d'un réel questionnement scientifique, et en cela d'une prise en compte de la matière, qu'elle amène à un modèle continu, discontinu "homogène" ou discontinu "hétérogène" de la matière.

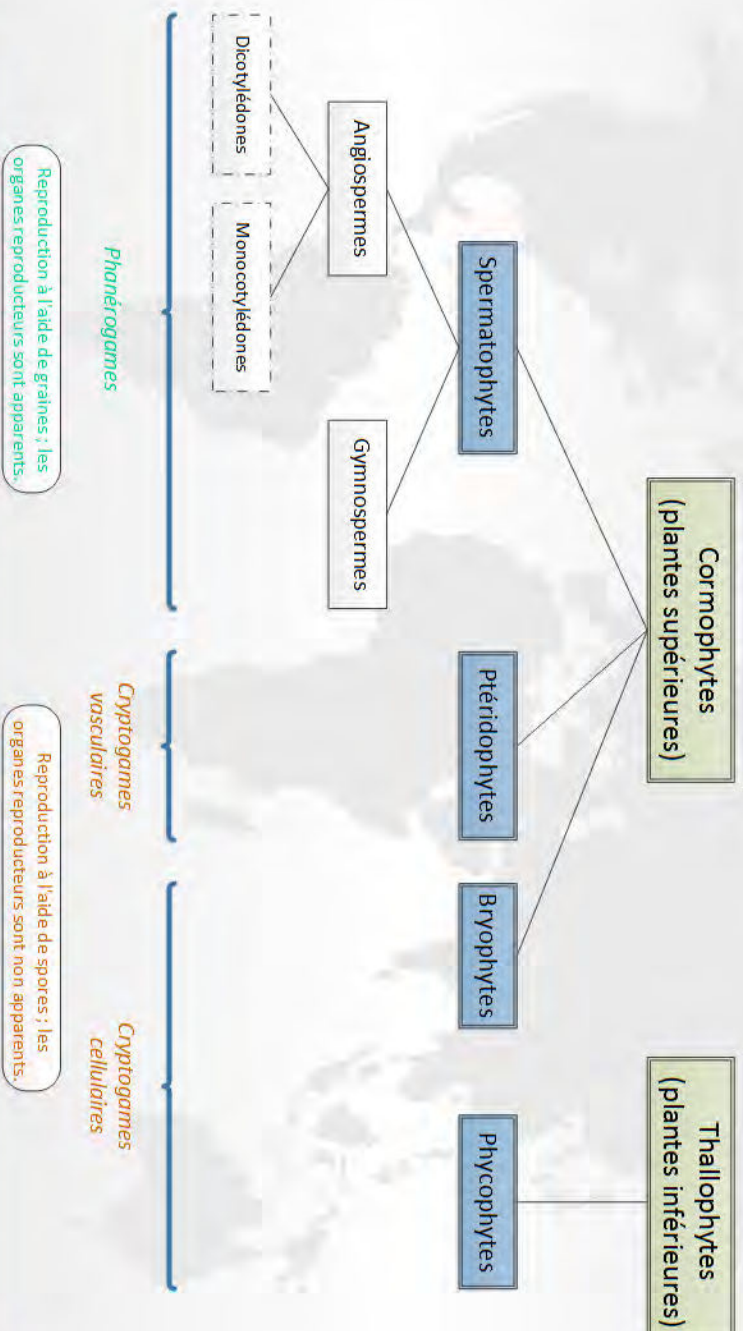
CONTENUS D'ENSEIGNEMENT

Mettre en relation l'intervention des besoins nutritifs des végétaux chlorophylliens avec la présence de l'eau et des substances minérales au niveau souterrain, et du CO₂ et de la lumière au niveau aérien.
Mettre en relation la localisation –du prélèvement– des besoins nutritifs des végétaux chlorophylliens avec la structure même de la plante (système souterrain, système aérien).
Mettre en relation l'absorption des besoins nutritifs des végétaux chlorophylliens avec la fabrication de la matière propre de la plante.



Annexe 6-2

Classification des végétaux



Nota bene : à la différence des cryptogames cellulaires, les cryptogames vasculaires, ainsi que les phanérogames, sont pourvus d'un système vasculaire.

Annexe 6-3

LE CONCEPT DE NUTRITION VEGETALE

Les végétaux **chlorophylliens**, fait plus que remarquable, synthétisent dans le cadre de leur nutrition leur propre matière, et en cela de la matière *vivante*, à partir de matières minérales prélevées dans leur environnement, et que sont l'**eau**, le **gaz carbonique** et les **sels minéraux**, et en cela de la matière *inerte*. Du lieu de prélèvement de ces différents besoins nutritifs, et qu'il s'agisse du *sol* ou de l'*air*, l'étude d'une telle nutrition peut alors se décomposer en deux temps : l'une pour les besoins *souterrains*¹, l'autre pour les besoins *aériens*².

1. Les nutriments inorganiques prélevés au niveau du sol

1.1. Absorption des nutriments inorganiques du sol

Il s'agit là d'éléments qui contribuent de façon *minoritaire* à la masse totale de la plante, ou plus justement de ses substances organiques nouvellement synthétisées, et parmi lesquels on retrouve :

L'**eau** qui, en plus de son rôle de nutriment³, s'accumule grandement au niveau de la vacuole centrale de la cellule végétale dite mature, pour ainsi en permettre la croissance. Remarquons cependant que l'essentiel de l'**eau** absorbée, par les *racines* de la plante, est en réalité transpiré, par les *feuilles* de la plante ;

Les **minéraux** qui, lorsqu'ils font défaut⁴, altèrent grandement la croissance de la plante, et par la même occasion la coloration des feuilles.

Nota bene : certaines espèces végétales, de la famille des Légumineuses, sont capables de fixer l'N atmosphérique (minéral), excessivement abondant, par le biais d'une relation symbiotique⁵ avec une bactérie fixatrice d'N (*Rhizobium sp.*). Cette dernière, à l'aide d'un complexe enzymatique que l'on nomme **nitrogénase**, réduit alors N₂ (diazote) en NH₃ (ammoniac), qui se transforme vite en NH₄⁺ (ammonium). Cependant, l'absorption de NO₃⁻ (nitrate) est souvent préférée à celle de NH₄⁺ (ammonium), l'oxydation de l'un en l'autre étant alors assurée par une bactérie nitrifiante.

Les *racines*, lorsque la plante en possède⁶, servent fondamentalement à deux choses : **ancrer** la plante dans le *sol*, d'abord, et y **puiser** ensuite l'**eau** et les **sels minéraux** dont elle a besoin. D'un

¹ Et qui ont trait, entre autres, à la nutrition *azotée*.

² Et qui ont trait à la nutrition *carbonée*.

³ Elle fournit en effet une grande part d'H, mais également une part d'O, aux substances organiques nouvellement synthétisées.

⁴ On parle alors de **carences**.

⁵ Et plus précisément d'une relation de mutualisme, à savoir une interaction symbiotique avantageuse pour l'*hôte* et le *symbionte*.

⁶ Ce qui est le cas chez tous les **cormophytes** (plantes *supérieures*), et à la différence des **thallophytes** (plantes *inférieures*) ; remarquons cependant, au regard des **spermaphytes** et des **ptéridophytes** –et par rapport à ce qui est dit ci-après, que les **bryophytes** ne possèdent pas de véritables *racines* mais, plus justement, des *rhizoïdes*, sortes de crampons à l'efficacité des plus limitées et qui n'ont en réalité aucune réelle fonction

point de vue structural, ajoutons également qu'une coiffe protège l'extrémité de la *racine*, elle préserve ainsi les cellules en division. L'épiderme, quant à lui, protège toute la *racine*, des **poils absorbants** y poussent, et augmentent ainsi la surface de contact, et donc d'échange entre la *racine* et le *sol*. Après l'épiderme, dans la région interne du cortex, se trouvent les cellules de l'endoderme, quand le péricycle est une autre couche de cellules. L'endoderme et le péricycle entourent la partie centrale des faisceaux conducteurs que sont le *xylème* et le *phloème*.

Nota bene : en l'absence de **poils absorbants** et pour de nombreux arbres, l'absorption d'**eau** et de **sels minéraux** se réalise par le biais d'une relation symbiotique⁷ avec un champignon, pour ainsi former un **mycorhize** : on distingue alors, de par les relations physio-anatomiques qu'entretiennent les deux partenaires, les *endomycorhizes*, ou *mycorhizes internes*, des *ectomycorhizes*, ou *mycorhizes externes*. S'agissant de l'un ou de l'autre⁸, les bénéfiques se répartissent de la façon qui suit : à la plante⁹ les apports de matières *inorganiques*, au champignon¹⁰ les apports de matières *organiques*.

1.2. La sève brute et sa circulation dans la plante

L'**eau** et les **sels minéraux**, après avoir été absorbés par les **poils absorbants** de la *racine*, rejoignent -en interne- les faisceaux¹¹ conducteurs du *xylème*, le tout en vue d'y former la sève *brute*, ou sève *xylémique*, laquelle s'achemine dans toutes les parties aériennes de la plante¹² et depuis les *racines*.

La sève *brute*, en dépression, a la particularité d'être des plus *diluées* (essentiellement de l'**eau** et de la matière *inorganique* -bien que de la matière *organique* soit également présente, mais en très faible quantité) et au pH légèrement *acide* (≈ 6), et transportée au sein d'éléments conducteurs *morts* que sont les vaisseaux capillaires du *xylème*, ou vaisseaux du *bois*. Retenons aussi que le sens de conduction de la sève *xylémique* est *unidirectionnel* : elle se déplace toujours des *racines* vers les *feuilles*, et gagne donc toutes les parties de la plante de par une circulation *ascendante* ; il s'agit là d'un processus métabolique *passif*.

Nota bene : la vitesse de circulation est relativement rapide, à savoir quelques *centimètres* à l'heure.

Il nous faut à présent dire quelques mots du phénomène d'**évapotranspiration**, ou d'"**aspiration**" **foliaire** : en effet, il s'agit là, et chez les végétaux terrestres -uniquement, d'un

d'absorption. Dans ce cas, l'absorption de l'**eau** et des **sels minéraux** se fait alors au niveau de toute la surface du végétal.

⁷ Et plus précisément d'une relation de mutualisme, à savoir une interaction symbiotique avantageuse pour l'*hôte* et le *symbionte*.

⁸ Et comme, de la même façon, on le retrouve chez les **lichens**, association symbiotique à bénéfiques réciproques entre un champignon, aussi appelé *mycobionte*, et une algue verte (et donc *eucaryote*) ou bleu-vert (et donc *procaryote*), aussi appelée *photobionte*. Cependant, et puisque le champignon représente ici l'essentiel de l'association, il n'est pas rare de parler également de **champignons lichénisés**, et pour désigner les **lichens** ; en effet, le bénéfice d'une telle association est assurément à l'avantage du champignon, et vis-à-vis de l'algue.

⁹ Organisme *autotrophe* pour le C.

¹⁰ Organisme *hétérotrophe* pour le C.

¹¹ On parle également de tissus ou de vaisseaux.

¹² A savoir les *feuilles*, les *tiges*, mais également les *bourgeons*, les *fleurs* et les *fruits*.

processus physiologique d'importance majeure, puisqu'à l'origine du transport de l'eau et des **sels minéraux** au sein de la plante entière : la sève *xylémique* est ainsi *tirée* par le *haut*, et non *poussée* par le *bas*. C'est ainsi qu'il nous est permis de constater que, lors de la croissance et du développement d'une plante, 99 % de l'eau absorbée, au niveau des *racines*, est rejetée, au niveau des *feuilles*, voire des *tiges*... De cela, la raison d'une telle perte d'eau s'explique finalement en partie du fait que les **stomates**¹³, à l'œuvre lors de la **transpiration stomatique** -et à la différence de la **transpiration cuticulaire**, sont à la fois le lieu d'*entrée* du CO₂ et de *sortie* de l'H₂O ; le CO₂ étant, on le sait, relativement peu concentré dans l'atmosphère, et pourtant essentiel à la synthèse première de **glucides** par la plante.

Nota bene : si l'"**aspiration**" foliaire, qui *tire* par le *haut* et provoque la **transpiration**¹⁴, est pour l'essentiel responsable de la montée de la sève *brute*, on ne peut passer sous silence, et puisqu'il existe néanmoins, le rôle de la **pression racinaire**, qui *pousse* par le *bas* et provoque la **guttation**¹⁵.

2. Les nutriments inorganiques prélevés au niveau de l'air

2.1. Absorption des nutriments inorganiques de l'air

Il s'agit là d'un élément qui contribue de façon *majoritaire* à la masse totale de la plante, ou plus justement de ses substances organiques nouvellement synthétisées, et en cela le **dioxyde de carbone**. En effet, les végétaux **chlorophylliens**, en vertu de leur **autotrophie** pour le C, possèdent cette formidable -et unique- capacité à fixer le C atmosphérique (minéral), le tout en vue de se constituer eux-mêmes. Retenons qu'à cela, c'est le mécanisme de la **photosynthèse** qui, par le biais de pigments assimilateurs¹⁶ -qui fixent l'énergie *physique* (photons) pour la convertir en énergie *chimique* (électrons), est responsable de la transformation du C *inorganique* en C *organique* : apparaissent alors des molécules de type CHO (**glucides**) dans un *premier* temps, puis des molécules de type CHON (**protides**, etc.) dans un *second* temps.

Nota bene : si les échanges gazeux relatifs à la **photosynthèse**¹⁷ ne se déroulent que le jour, il est à souligner que les échanges gazeux relatifs à la **respiration**¹⁸ se déroulent aussi bien le jour que la nuit. Cependant, et de jour, l'on remarque aisément que les *entrées* de CO₂, liées aux échanges *photosynthétiques*, sont bien supérieures aux *sorties* de CO₂, liées aux échanges *respiratoires*.

2.2. La sève élaborée et sa circulation dans la plante

¹³ Ou pores microscopiques : sortes de complexes pluricellulaires épidermiques (des *feuilles* et des *tiges*) composés d'une ouverture, l'*ostiole*, laquelle est toujours bordée de deux cellules -épidermiques- de garde (en forme d'*haltère* chez les **monocotylédones**, et en forme de *rein* chez les **dicotylédones**), régulant l'*ouverture* et la *fermeture* du **stomate**, puis de cellules -épidermiques- annexes, entourant lesdites cellules -épidermiques- de garde. Ainsi faits, les **stomates** rendent alors possible les échanges gazeux entre l'air environnant et la plante elle-même, mais aussi le rejet de ce que l'on pourrait nommer un trop-plein d'eau, à l'œuvre lors du phénomène d'**évapotranspiration**, ou d'"**aspiration**" foliaire.

¹⁴ Laquelle correspond à un rejet dans l'atmosphère de l'eau à l'état *gazeux*.

¹⁵ Laquelle correspond à un rejet dans l'atmosphère de l'eau à l'état *liquide*.

¹⁶ Parmi ceux-ci, la **chlorophylle**, qui se trouve dans les **chloroplastes**, en est le plus important, et de loin.

¹⁷ Et en cela une *entrée* de CO₂ et une *sortie* d'O₂ au niveau des **stomates**.

¹⁸ Et en cela une *entrée* d'O₂ et une *sortie* de CO₂ au niveau des **stomates**.

Les substances organiques nouvellement synthétisées, et issues de la **photosynthèse**, rejoignent -en interne- les faisceaux¹⁹ conducteurs du *phloème*, le tout en vue d'y former la sève *élaborée*, ou sève *phloémique*, laquelle s'achemine dans toutes les parties de la plante et depuis les *feuilles*, voire les *tiges*.

La sève *élaborée*, sous pression, a la particularité d'être des plus *concentrées* (essentiellement de l'**eau** et de la matière *organique* -bien que de la matière *inorganique* soit également présente, mais en très faible quantité) et au pH légèrement *basique* (≈ 8), et transportée au sein d'éléments conducteurs *vivants* que sont les tubes criblés du *phloème*, ou vaisseaux du *liber*. Retenons aussi que le sens de conduction de la sève *phloémique* est *bidirectionnel* : elle se déplace toujours d'une *source* de matière *organique* vers un *puits* de matière *organique*, et gagne donc toutes les parties de la plante de par une circulation *ascendante* et *descendante* ; il s'agit là d'un processus métabolique *actif*.

Nota bene : la vitesse de circulation est relativement lente, à savoir quelques *millimètres* à l'heure.

Les substances organiques nouvellement synthétisées peuvent, dans le cadre de la reproduction et du développement de la plante, faire l'objet d'une mise en réserve²⁰ ; il s'agit de l'amidon notamment pour les réserves *glucidiques*, des triacylglycérols²¹ essentiellement pour les réserves *lipidiques*, et des grains d'aleurone pour les réserves *protidiques*. Les organes consacrés -à cette mise en réserve- diffèrent alors et selon qu'il s'agisse :

De l'appareil *reproducteur*, où l'on y retrouve les fruits et les graines ;

De l'appareil *végétatif*, où l'on y retrouve les bulbes, les rhizomes et les tubercules.

Un bilan peut alors être dressé, notamment sous forme d'un **bilan de réaction**, voire d'une **équation de réaction**²², au sujet des nutriments inorganiques, prélevés aussi bien au niveau du *sol* que de l'*air*.

3. Rôles de la nutrition végétale : maintien²³, fonctionnement²⁴ et croissance²⁵ de l'organisme

¹⁹ On parle également de tissus ou de vaisseaux.

²⁰ Avant l'hiver notamment.

²¹ On parle également de triglycérides.

²² On parle également d'une **équation-bilan**, laquelle, lorsqu'elle décrit une réaction chimique, obéit à deux lois, toujours : la conservation de la *masse*, la conservation de la *matière* ; car, nous le savons bien, « *Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme.* » (Antoine-Laurent de Lavoisier, 1743-1794). Pour exemple, telle est l'**équation de réaction** de la combustion du méthane : $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ (lorsque le **bilan de réaction** de la combustion du même méthane prend la forme qui suit : méthane + dioxygène \rightarrow dioxyde de carbone + eau).

²³ Ce qui renvoie au rôle *énergétique* de la nutrition, lorsqu'est permis une **libération d'énergie**.

²⁴ Ce qui renvoie au rôle *fonctionnel* de la nutrition, lorsqu'est permis une **participation au fonctionnement de l'organisme**.

La croissance et le développement d'une **angiosperme** concerne à la fois son système *caulinaire*, aérien, et son système *racinaire*, souterrain, et ce tout au long de la vie de la plante : ainsi et à l'inverse des *animaux* (ou la plupart) qui présentent une croissance *définie*, les *végétaux* (ou la plupart) présentent une croissance *indéfinie*. A cela, deux croissances distinctes peuvent être distinguées, et comme suit :

La croissance *primaire*, en longueur, responsable de la structure *primaire* de la plante, et pour laquelle les méristèmes *primaires*, ou **apicaux**, présents au niveau de l'embryon, sont nécessaires. On distingue alors :

Le méristème qui est situé à l'apex de la **racine** ;

Le méristème qui est situé à l'apex de la **tige**.

La croissance *secondaire*²⁶, en largeur, responsable de la structure *secondaire* de la plante, et pour laquelle les méristèmes *secondaires*, ou **latéraux**, absents au niveau de l'embryon, sont nécessaires. On distingue alors :

Dans le **cortex**, le cambium *subérophelloidermique*²⁷, qui produit le *suber*²⁸ à l'*extérieur*, et le *phelloderme* à l'*intérieur* ;

Dans la **stèle**, le cambium *libéroligneux*, qui produit le phloème secondaire (ou vaisseaux du *liber*) à l'*extérieur*, et le xylème secondaire (ou vaisseaux du *bois*) à l'*intérieur*.

Nota bene : si les plantes *herbacées* ne sont concernées que par la croissance *primaire*, les plantes *ligneuses* sont à la fois concernées par les croissances *primaire* et *secondaire*.

²⁵ Ce qui renvoie au rôle *plastique* de la nutrition, lorsqu'est permis une **fabrication de matière**.

²⁶ Caractéristique de toutes les **gymnospermes**, ce qui n'est pas le cas pour les **angiospermes** (petite minorité de **monocotylédones**, grande majorité de **dicotylédones**).

²⁷ On parle également de **phellogène**.

²⁸ On parle également de **liège**.

LE CONCEPT DE COMMUNAUTE ET D'ECOSYSTEME EN ECOLOGIE²⁹

1. Niveaux trophiques et réseaux alimentaires, flux de l'énergie, interactions des populations

Tel un ensemble dynamique, l'**écosystème**³⁰, et quel qu'il soit, se compose d'une **communauté** d'organismes potentiellement interactifs, tout aussi bien entre eux qu'avec leur environnement propre. C'est pourquoi l'on y distingue la **biocénose**, ou composante *biotique*³¹ de l'**écosystème**, et en cela l'ensemble des êtres vivants (animaux, champignons, végétaux...), du **biotope**³², ou composante *abiotique*³³ de l'**écosystème**, et en cela le milieu de vie de ces mêmes êtres vivants (climat (éclairage, humidité, température...) & sol (composition, humidité, pH...)). Retenons par ailleurs que les **écosystèmes** sont de tailles variées, allant ainsi des *micro-écosystèmes*³⁴ aux *macro-écosystèmes*³⁵, en passant par les *méso-écosystèmes*³⁶. De même et pour quelques uns, la **biosphère** pourrait être assimilée à un **écosystème**, alors composé de l'ensemble des **écosystèmes** de la Terre, dits locaux.

Nota bene : si les différentes composantes de l'**écosystème** sont en interaction³⁷, des interactions se produisent également au sein de chaque composante.

1.1. Relations trophiques élémentaires

Précisons d'emblée que tout **écosystème** est avant tout caractérisé de par un certain nombre de relations alimentaires, en cela d'une structure trophique, et qui expliquent les flux de *matière* et d'*énergie* observés, notamment au niveau des **cycles biogéochimiques**³⁸. C'est alors que l'on peut distinguer différents niveaux alimentaires ou trophiques, et comme suit :

²⁹ « Etude scientifique des interactions entre les organismes et entre les organismes et leur milieu dans les conditions naturelles. » (Campbell, 1995, Glossaire). A ne pas confondre avec l'écologie politique, mouvement militant et politisé.

³⁰ Qui par ailleurs représente le plus haut niveau de l'organisation biologique.

³¹ On parle également de composante vivante.

³² "Biotope", "environnement" et "milieu" peuvent être considérés comme des synonymes ; ajoutons cependant que, dans le cas de l'Homme, l'environnement regroupe à la fois les facteurs *naturels* (biologiques, chimiques, physiques) et *sociaux* susceptibles d'influencer son existence.

³³ On parle également de composante non vivante.

³⁴ Comme celui d'une souche d'arbre.

³⁵ Comme celui d'un océan.

³⁶ Comme celui d'une prairie.

³⁷ En effet, la **biocénose** influence le **biotope**, et vice-versa.

³⁸ Que sont les cycles des nutriments ; traversant tout autant la **biocénose** que le **biotope**, les cycles des nutriments sont, par conséquent, également qualifiés de **cycles biogéochimiques**. Remarquons que l'eau, qui possède son propre cycle, participe pour beaucoup au transport de substances dans les divers **cycles biogéochimiques**.

Les **producteurs**, tous *autotrophes* pour le C, qui sont essentiellement représentés par des organismes *photolithotrophes*³⁹, tels que les végétaux⁴⁰, et plus rarement représentés par des organismes *chimolithotrophes*⁴¹, tels que les bactéries des sources thermales du fond de l’océan ;

matière inorganique → matière organique

Les **consommateurs**, tous *hétérotrophes* pour le C, qui se nourrissent de **producteurs**, *directement* ou *indirectement*, et ce qui nous permet de distinguer à nouveau les **consommateurs primaires**⁴², **secondaires**⁴³, **tertiaires**⁴⁴, **quaternaires**⁴⁵... ;

matière organique → matière organique

Les **décomposeurs**, tous *hétérotrophes* pour le C, qui se nourrissent des **producteurs** et **consommateurs**⁴⁶ décrits ci-avant, mais seulement lorsqu’ils sont morts. De la **minéralisation** ici en jeu et assurée par de tels organismes, distingue-t-on un *premier* temps, en cela une **minéralisation incomplète**⁴⁷, et prise en charge par les Blattes, Ecrevisses, Lombrics, Vautours⁴⁸... et un *second* temps, en cela une **minéralisation complète**, et prise en charge par les Bactéries et les Champignons⁴⁹. « *Ces organismes sécrètent des enzymes qui dégradent la matière organique, puis ils absorbent les produits de la décomposition ; il existe même des Bactéries et des Mycètes capables de digérer la cellulose.* » (Campbell, 1995, p. 1133).

matière organique → matière inorganique

Nota bene : « *En fait, tous les hétérotrophes, l’Humain y compris, dégradent la matière organique et libèrent des produits inorganiques comme le dioxyde de carbone et l’ammoniac dans leur milieu.* » (Campbell, 1995, p. 1133). Ainsi, retiendrons-nous que, si les **producteurs** se nourrissent de matière inorganique, les **consommateurs** se nourrissent de matière organique *vivante*, et les **décomposeurs** de matière organique *morte*.

De ces différentes relations trophiques qui, nous venons de le voir, unissent les **producteurs** aux **consommateurs** et aux **décomposeurs**, pouvons-nous à présent envisager un modèle général du recyclage des nutriments et, plus généralement, de la matière.

³⁹ Alimentés par l’énergie *solaire*.

⁴⁰ Des **phytophytes** aux **spermaphytes** donc, mais plus encore, des *unicellulaires (protophytes)* aux *pluricellulaires (métaphytes)*, et quand ce n’est des *procaryotes* aux *eucaryotes*, lorsque l’on considère les cyanobactéries.

⁴¹ Alimentés par l’énergie *géothermique*.

⁴² Tous les **herbivores**, ou **phytophages**, sont des **consommateurs primaires**.

⁴³ Tous les **carnivores**, ou **zoophages**, se nourrissant d’**herbivores** sont des **consommateurs secondaires**.

⁴⁴ Tous les **carnivores**, ou **zoophages**, se nourrissant de **carnivores** qui se nourrissent d’**herbivores** sont des **consommateurs tertiaires**.

⁴⁵ Tous les **carnivores**, ou **zoophages**, se nourrissant de **carnivores** qui se nourrissent de **carnivores** qui se nourrissent d’**herbivores** sont des **consommateurs quaternaires**.

⁴⁶ Et y compris de leurs excréments.

⁴⁷ Et qui aboutit à l’**humus**.

⁴⁸ Pour lesquels la digestion se réalise à l’*intérieur* de l’organisme ; l’on peut parler ici de **détritivores**.

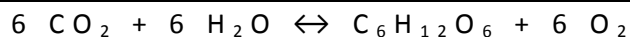
⁴⁹ Pour lesquels la digestion se réalise à l’*extérieur* de l’organisme ; l’on peut parler ici de **transformateurs**.

1.2. Chaînes trophiques, réseaux trophiques et pyramides écologiques

C'est alors que, pour rendre compte de ces transferts de nourriture, et donc de *matière* et d'*énergie*, au sein d'un **écosystème**, on en arrive à la réalisation de chaînes⁵⁰ alimentaires ou trophiques, elles-mêmes constituées de différents **maillons**, et qui correspondent à autant de niveaux alimentaires ou trophiques : gardons cependant à l'esprit que ce sont, et de façon systématique, les **producteurs** qui en constituent le premier **maillon**. De cela, nous reste-t-il à observer que, d'un **maillon** à l'autre et pour un organisme donné, la masse de matière construite est toujours inférieure à la masse de matière consommée, laquelle peut en effet différemment être utilisée, et selon qu'elle est *rejetée*⁵¹ ou *transformée*⁵², auquel cas elle est alors *assimilée*⁵³, mais ce qui ne l'empêche pas d'être *respirée*⁵⁴. Ainsi et pour la chenille, apprécions que sur 200 J de feuilles qu'elle a consommées, seulement la moitié peut être assimilée quand, des 100 J restants, la **respiration** cellulaire s'en octroie les deux tiers (67 J) : il ne reste plus ainsi et au final que 33 J de croissance à la chenille. Mais plus encore et à l'échelle de l'espèce, nous faut-il considérer que la chenille ne pourra, loin s'en faut, consommer toute la végétation environnante ; en effet, pour « *une prairie réelle, par exemple, les Insectes ne convertissent qu'environ 4 % de la production primaire nette en production secondaire.* » (Campbell, 1995, p. 1139). C'est pourquoi l'on estime, et bien qu'il existe des variations⁵⁵, à seulement 10 % la proportion de l'énergie disponible d'un **maillon** et qui se rend au **maillon** suivant, et ce dont rend compte la **pyramide** de *productivité*, mais également les **pyramides** associées des *biomasses* et des *nombres*.

Nota bene : si la **productivité secondaire** d'un **écosystème** rend compte, pour les **consommateurs**, du taux de conversion de l'énergie potentielle des aliments en biomasse, la **productivité primaire** d'un **écosystème** rend compte, pour les **producteurs**, du taux de conversion de l'énergie physique en énergie chimique, ou **photosynthèse** ; selon qu'il soit ou non question de la **respiration** (R), on parle alors de **productivité primaire brute**⁵⁶ (PPB) ou **nette**⁵⁷ (PPN), et avec la relation qui suit : PPN = PPB – R. Pour rappel :

Photosynthèse (→)



Respiration (←)

1.3. Relations trophiques spécialisées

⁵⁰ Voire de réseaux alimentaires ou trophiques, et puisque les chaînes alimentaires ou trophiques s'entremêlent.

⁵¹ Car non digérée.

⁵² Car digérée.

⁵³ Et donc retrouvée au niveau de la masse de matière construite.

⁵⁴ Et donc non retrouvée au niveau de la masse de matière construite.

⁵⁵ Les **carnivores**, ou **zoophages**, auraient ainsi une meilleure efficacité écologique que les **herbivores**, ou **phytophages**.

⁵⁶ En ne tenant pas compte de la **respiration**.

⁵⁷ En tenant compte de la **respiration**.

Passées les traditionnelles relations d'**indifférence**⁵⁸ et d'**antagonisme**⁵⁹ entre espèces, nous reste-t-il à discuter les relations de **symbiose**, et où l'on retrouve l'**hôte** et le **symbionte**, et qui se déclinent comme suit :

Le **commensalisme**, interaction symbiotique avantageuse pour l'**hôte**, et neutre pour le **symbionte**, ou le contraire : on peine cependant à croire à l'absence totale d'influence d'un partenaire sur l'autre⁶⁰ ;

Le **mutualisme**⁶¹, interaction symbiotique avantageuse pour l'**hôte** et le **symbionte** : on parle ainsi de bénéfique réciproque. Pour exemples, citons « *la fixation de l'azote par des Bactéries dans les nodosités des Légumineuses ; la digestion de la cellulose par des microorganismes dans l'intestin des Termites et des Ruminants ; la photosynthèse par les Algues unicellulaires dans les tissus du Corail ; l'échange de nutriments dans les mycorhizes, les associations de Mycètes avec des racines ; la pollinisation des Angiospermes par des Animaux.* » (Campbell, 1995, p. 1117).

Le **parasitisme**⁶², interaction symbiotique avantageuse pour le **symbionte**, et nuisible pour l'**hôte** : on distingue alors les **ectoparasites**, ou parasites *externes*, qui se développent à l'*extérieur* du corps de leur *hôte* (exemples : les Moustiques et les Pucerons), des **endoparasites**, ou parasites *internes*, qui se développent à l'*intérieur* du corps de leur *hôte* (exemples : le Ténia et les Protozoaires qui causent le paludisme).

2. Succession écologique

Les **écosystèmes** ne sont pas éternels et finissent toujours par *régresser* d'abord, et *disparaître* ensuite, en raison d'une perturbation quelconque, et qu'elle soit *artificielle*⁶³ ou *naturelle*⁶⁴ mais qui, toujours, a mis à mal la végétation. De cela, on assiste alors, et spontanément, à une **colonisation** du milieu, du territoire perturbé, par un ensemble d'espèces⁶⁵ qui, à son tour, laissera la place à un nouvel ensemble d'espèces, et ainsi de suite au cours du temps –écologique : on parle alors, et dans ce cas, d'une **succession écologique**, laquelle⁶⁶ peut cependant prendre deux formes différentes, avec et comme suit :

⁵⁸ Où il y a *absence* de relation.

⁵⁹ Où il y a *présence* de relation, soit de **compétition**, lorsque deux espèces (d'une même **communauté**) luttent pour les mêmes ressources limitantes, soit de **prédation**, lorsque deux espèces (d'une même **communauté**) luttent sur le mode *prédateur/proie* ; de cela, précisons tout de même qu'un *prédateur* peut tout aussi bien être un animal **carnivore** qu'**herbivore**, et qu'une *proie* peut tout aussi bien être un animal qu'un végétal.

⁶⁰ Pour exemples, citons « *les Algues qui croissent sur les carapaces des Tortues aquatiques et les Balanes qui s'attachent aux Baleines.* » (Campbell, 1995, p. 1116).

⁶¹ Que, par abus de langage, on associe à la **symbiose**, et quand il n'en est qu'une variante possible.

⁶² Que, d'une certaine façon, on associe à la **prédation**, et comme en étant un cas particulier.

⁶³ En cela l'activité humaine.

⁶⁴ En cela l'avancée ou le retrait d'un glacier, une éruption volcanique, un incendie, une inondation...

⁶⁵ Comme on le constate ici, il y a bel et bien **coévolution** de la **biocénose** et du **biotop**.

⁶⁶ Passés les différents stades, prévisibles, et que l'on appelle **séries**, aboutit à un stade ultime, d'une relative stabilité, et que l'on appelle **climax** : au maintien de cette stabilité, paraît-il essentiel d'avoir une **biodiversité** élevée.

La **succession primaire**, lorsque le territoire perturbé (= végétation détruite) en est devenu stérile⁶⁷ ;

Exemple d'un till laissé par le retrait d'un glacier en Alaska : Mousses & Lichens → Saules nains → Aulnes & Peupliers → Epinettes de Sitka & Pruches⁶⁸.

La **succession secondaire**, lorsque le territoire perturbé (= végétation détruite) n'en est pour autant pas devenu stérile⁶⁹.

Exemple d'un champ agricole laissé à l'abandon dans la région américaine du Piedmont : Plantes herbacées → Formes arbustives → Pins → Chênes & Caryers⁷⁰.

Nota bene : aussi bien dans le cas de la **succession primaire** que de la **succession secondaire**, nous est-il permis d'observer un processus qui, globalement, s'étale sur deux siècles.

3. Ingérence de l'être humain dans les écosystèmes

3.1. Destruction des habitats et crise de la biodiversité

Tout d'abord, le développement agricole, industriel et immobilier est, à lui-seul, en grande partie responsable du développement, de l'exploitation, et donc de la destruction de vastes étendues forestières ; on estime ainsi à plus de 75 % le taux de forêts originelles sur Terre et qui ont été abattues, ou presque. L'actuelle destruction de la forêt tropicale⁷¹, plus qu'alarmante, illustre de nos jours ce phénomène. Ensuite, et d'une ampleur tout aussi remarquable, la guerre cause à son tour de graves dommages écologiques, et comme peuvent en attester les "récentes" guerres du Vietnam et du Golfe.

3.2. Effets de la déforestation sur les cycles biogéochimiques : la forêt expérimentale de Hubbard Brook

Plus que de concourir à l'élimination de quantités ô combien importantes d'espèces *animales* et *végétales*, la déforestation perturbe-t-elle le drainage des nutriments, comme de leur recyclage ; en somme, perturbe-t-elle les **cycles biogéochimiques**. « *Pendant trois ans, ils comparèrent les entrées et les sorties d'eau et de minéraux du bassin expérimental déboisé à celles d'un bassin témoin. Faut d'arbres pour absorber l'eau du sol, le ruissellement augmenta de 30 à 40 %. Les pertes de minéraux furent énormes. La concentration de calcium dans le ruisseau quadrupla, et celle du potassium fut multipliée par 15. Pis encore, la concentration de nitrate fut multipliée par 60 [...]. Non seulement l'écosystème perdait-il un nutriment minéral essentiel, mais l'eau du ruisseau en devenait impropre à la consommation.* » (Campbell, 1995, p. 1147).

⁶⁷ Il est donc *dépourvu* de sol.

⁶⁸ Il s'agit là de la **taïga**, ou forêt boréale.

⁶⁹ Il est donc *pourvu* de sol.

⁷⁰ Il s'agit là de la végétation d'origine (avant déboisement), et comme on l'observe bien souvent dans le cas de la **succession secondaire**.

⁷¹ Avec toutes les disparitions d'espèces, *connues* ou *inconnues*, qui l'accompagnent et qui, pourtant, pourraient nous fournir des produits bien utiles.

3.3. Effets de l'agriculture sur les cycles des nutriments

Globalement, le fait de cultiver un sol nécessite, au préalable, l'élimination de toute végétation, quelle qu'elle soit, et pour laquelle le recyclage des nutriments était d'ailleurs assuré. A cela, et si le sol n'est, d'abord, en rien demandeur de quelque engrais que ce soit⁷², il en est tout autre par la suite lorsque, des réserves qui se trouvent épuisées, le sol ne peut plus alors subvenir aux besoins nutritifs des plantes cultivées qui, lorsqu'elles sont récoltées, abandonnent le territoire, et n'assurent plus ainsi le recyclage des nutriments. « *Partout où l'on pratique la culture intensive, la réserve de nutriments naturels finit par s'épuiser, et il faut ajouter des engrais.* » (Campbell, 1995, p. 1148).

3.4. Accélération de l'eutrophisation des lacs

Si, indépendamment de l'activité humaine, l'**eutrophisation naturelle** d'un jeune lac conduit à la transformation d'un lac *oligotrophe*, où la **productivité primaire** est assez *faible*⁷³, en un lac *eutrophe*, où la **productivité primaire** est assez *forte*⁷⁴, il en est tout autre de l'**eutrophisation culturelle** où, d'un apport inconsidéré de nutriments, et en provenance « *des égouts domestiques et industriels, du lessivage des engrais, et des déchets organiques de l'élevage.* » (Campbell, 1995, p. 1148), la **productivité primaire** explose.

3.5. Présence de substances toxiques dans les chaînes alimentaires

Déversées dans le milieu naturel, de nombreuses substances, et qui ont été synthétisées par l'Homme, s'avèrent bien souvent toxiques⁷⁵, et peinent à se dégrader avec le temps. Lorsqu'elles sont *absorbées* par les organismes, et à moins qu'elles ne soient *métabolisées* ou *excrétées*, ces substances toxiques s'accumulent dans les tissus au travers du processus de **bioamplification** ; en effet, nous rappelant que la biomasse d'un **maillon** quelconque d'une chaîne alimentaire ou trophique est nécessairement de moindre importance que la biomasse du **maillon** précédent, et à partir de laquelle elle a été produite, il en résulte une nécessaire concentration des substances toxiques considérées, et au niveau tissulaire, comme en atteste l'exemple du DDT⁷⁶. Egalement sujets à la **bioamplification**, les contaminants nucléaires, et que sont les isotopes radioactifs⁷⁷, demeurent un problème écologique majeur⁷⁸ et auquel il nous faudra faire face.

⁷² Car pourvu de réserves nutritives, à la fois *inorganiques* et *organiques*.

⁷³ De par la *faible* présence de nutriments, et qui alimentent le phytoplancton.

⁷⁴ De par la *forte* présence de nutriments, en raison des eaux de ruissellement, et qui alimentent le phytoplancton. Ici, l'exportation et la sédimentation équilibrent l'apport plus appuyé de nutriments.

⁷⁵ *Directement*, lorsqu'elles sont toxiques en elle-même, ou *indirectement*, lorsqu'elles sont toxiques après conversion, notamment de par le biais de microorganismes. En est donné pour preuve le mercure, substance chimique *insoluble* qui, par le biais de Bactéries qui peuplent la vase, est convertie en méthylmercure, substance chimique *soluble*, et qui peut ainsi s'accumuler au sein de tissus d'espèces diverses et variées.

⁷⁶ Un *insecticide* rémanent.

⁷⁷ On parle également de radio-isotopes.

⁷⁸ « *L'accident qui s'est produit en 1986 à la centrale nucléaire de Tchernobyl, en Ukraine, a libéré un nuage de matière radioactive qui a contaminé les cultures et les écosystèmes naturels situés sur le trajet des vents.*

3.6. Pollution de l'atmosphère

3.6.1. Augmentation de la concentration de CO₂

Du fait de l'utilisation massive de **combustibles organiques**⁷⁹, et depuis un certain temps déjà, l'on constate une inexorable augmentation de la concentration de CO₂ atmosphérique, laquelle aura alors vraisemblablement doublé, de la révolution industrielle du XIX^e siècle à 2075. De cela, et si l'on est en droit d'en espérer une **productivité végétale** augmentée⁸⁰, il n'en reste pas moins que les choses se compliquent quant au bilan thermique de la planète. En effet, le CO₂ –tout comme la vapeur d'eau, s'il ne s'oppose pas au passage de la lumière blanche, a la propriété remarquable de pouvoir *intercepter, absorber et renvoyer* une quantité non négligeable d'**IR solaires**⁸¹ sur la Terre, et ce qui nous permet d'avoir à la surface même de la Terre une température moyenne autre que celle de –18 °C. L'**effet de serre**, et puisqu'il est ainsi nommé, paraît donc essentiel à la vie sur Terre, mais peu vite se révéler au plus inquiétant, notamment lorsque, et comme dans le cas présent, la concentration de CO₂ atmosphérique ne cesse d'augmenter. De cela, pourrait-on craindre une augmentation de la température moyenne, d'ailleurs plus marquée au niveau des pôles, et ce qui engendrerait alors, de par la fonte des glaces polaires, une élévation du niveau de la mer, avec pour conséquence inéluctable l'inondation de nombreuses zones de peuplement.

3.6.2. Dégradation de la couche d'O₃

Si la couche d'O₃, et que l'on trouve dans la *haute* atmosphère⁸², est des plus essentiels à la vie sur Terre⁸³, et puisqu'elle permet l'absorption de la plus grande partie des **UV solaires**⁸⁴, force est de constater qu'elle ne cesse de se dégrader, notamment au niveau de l'Antarctique, et où le phénomène est le plus visible⁸⁵. Tenus pour principaux responsables, les CFC⁸⁶, voire leurs produits de décomposition, réduisent en effet l'O₃ de la **stratosphère** en O₂, *via* le chlore, et selon un cycle qui ne s'arrête pour ainsi dire pas, le tout étant facilité par le froid de l'Antarctique. De cela, et si les **UV solaires** n'étaient plus correctement absorbés par la couche d'O₃, pourrait-on craindre de fortes répercussions sur les espèces végétales en général, et plus particulièrement sur le phytoplancton,

Autour de Tchernobyl, l'incidence des anomalies congénitales chez les Animaux de ferme et celle du cancer de la thyroïde, de la leucémie et des cataractes chez les Humains ont monté en flèche depuis la catastrophe. » (Campbell, 1995, p. 1149).

⁷⁹ Et que sont le bois, le charbon, l'essence, le gaz naturel... lesquels libèrent du CO₂.

⁸⁰ Quoique les choses ne sont pas si simples, au regard des plantes de type C₃ (exemple : Blé) ou de type C₄ (exemple : Maïs), et qui ne sont pas aussi limitées l'une que l'autre et vis-à-vis de la disponibilité en CO₂.

⁸¹ Au préalable réfléchis par la Terre.

⁸² Ou **stratosphère**.

⁸³ Ce qui n'est pas le cas de l'O₃ que l'on trouve dans la *basse* atmosphère, ou **troposphère**, et qui, bien que possédant une demi-vie relativement courte, s'avère plus que nocif pour la santé de l'Homme, et notamment pour le cerveau, les poumons, les reins et les yeux. D'une façon générale, retenons que l'O₃ *agresse* les *animaux*, notamment par le biais de leur appareil respiratoire, et *brûle* les *végétaux*; en somme, et de son fort pouvoir oxydant, *agresse-t-il* les cellules, quelles qu'elles soient.

⁸⁴ En réalité, les **UV solaires** permettent la transformation O₂ → O₃; les **UV solaires** étant, on le sait, néfastes à l'intégrité des cellules, et donc du vivant.

⁸⁵ En effet, c'est en 1985 et à cet endroit même que le trou dans la couche d'O₃ a été découvert.

⁸⁶ Et qui sont « *des substances utilisées dans les appareils réfrigérants, comme pulseurs dans les aérosols et dans certains procédés industriels.* » (Campbell, 1995, p. 1151).

l'Homme pouvant s'attendre, quant à lui, à une recrudescence de cancers de la peau et de cataractes.

3.7. Introduction d'espèces exotiques

Qu'elle soit *involontaire* ou *volontaire*, l'expérience de transplantation d'**espèces exotiques**, *animales* ou *végétales*, ne réussit que très peu ; avec pour contre-exemples cependant, et au XIX^e siècle, l'implantation de la Carpe⁸⁷, des Etourneaux sansonnets⁸⁸ et des Moineaux domestiques⁸⁹ aux Etats-Unis d'Amérique. De manière générale, faut-il s'attendre, et de ce genre d'expériences, à ce que des torts soient causés aux espèces d'origine, alors appelées **espèces indigènes**, et comme cela a pu être le cas en Australie, lorsque le Lapin fut introduit, ou aux Etats-Unis d'Amérique, avec les Fourmis piqueuses. Mais plus encore, et grâce au **génie génétique** de notre époque, en arrive-t-on à manipuler le vivant, et l'**information génétique** qui le définit, pour majoritairement créer des plantes, d'intérêt agronomique, résistantes à divers *herbicides* ou *parasites*⁹⁰, mais avec toutes les conséquences que l'on ne mesure pas encore, et qui pourraient être :

La transformation de la **plante transgénique** en *parasite* si, comme cela est envisageable, elle déborde de son lieu de culture ;

L'acquisition du caractère introduit⁹¹ par une plante naturelle, après croisement avec la **plante transgénique** : ainsi, une mauvaise herbe pourrait devenir résistante aux *herbicides* et, conséquemment, prendre le dessus de ses concurrents, sans même penser aux répercussions, en termes de chaîne alimentaire ou trophique, dans le cas de plantes résistantes aux Insectes ;

L'accélération, chez les *parasites* par exemple, de mécanismes de **coévolution**, et qui visent à prendre un pas d'avance sur les défenses desdites **plantes transgéniques**.

⁸⁷ Originaires d'Asie, et plus précisément de Chine.

⁸⁸ Originaires d'Europe.

⁸⁹ Originaires d'Europe.

⁹⁰ On parle alors de **plantes transgéniques**, et plus généralement d'OGM.

⁹¹ Il s'agit là d'un **gène**.

Annexe 6-4

| Apprenant | Pages |
|------------------|--------------|
| Dan | 53 et 72 |
| Charly | 54 et 73 |
| Louna | 55 et 74 |
| Romane | 56 et 75 |
| Aude | 57 et 76 |
| Clémentine | 58 et 77 |
| Marceau | 59 et 78 |
| Alexis | 60 et 79 |
| Nora | 61 et 80 |
| Baptiste | 62 et 81 |
| Maxime | 63 et 82 |
| Tim | 64 et 83 |
| Lisa | 65 et 84 |
| Malo | 66 et 85 |
| Gabriel | 67 et 86 |
| Lorenzo | 68 et 87 |
| Enora | 69 et 88 |
| Charley | 70 et 89 |
| Margaux | 71 et 90 |

Nom : Arpent.....

Prénom : Dam.....

Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

La plante grandit grâce à la racine elle grandit et à l'eau et au SOLEIL



Nom : Max

Prénom : Charly

Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

Elle grandit grâce à la terre qui boit l'eau qui tombe du ciel la terre absorbe l'eau qui tombe alors l'arbre boit et après elle grandit.



- pluie
- herbe
- terre
- feuille

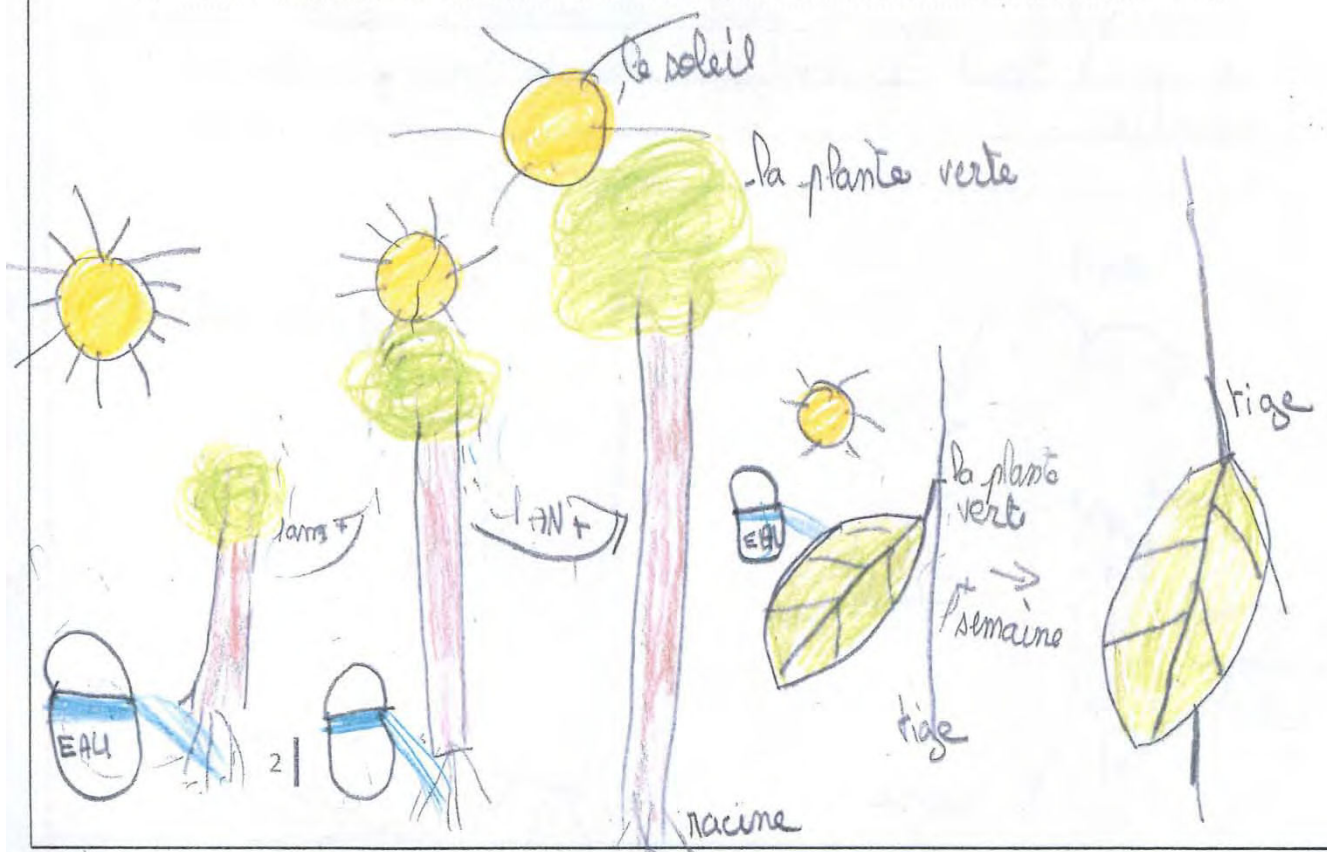
Nom : PPet

Prénom : Juliana

Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

La plante grandit avec le temps qui passe et de l'eau au pied de l'arbre (par racines) puis du soleil qui il a fait grandir.



Nom : Bottet

Prénom : Romane

Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

La plante grandit car ^{elle} se nourrit grâce à l'eau et si si vous la mettez au soleil elle va faner et elle ne grandira pas.



Nom : Boulin

Prénom : Lucie

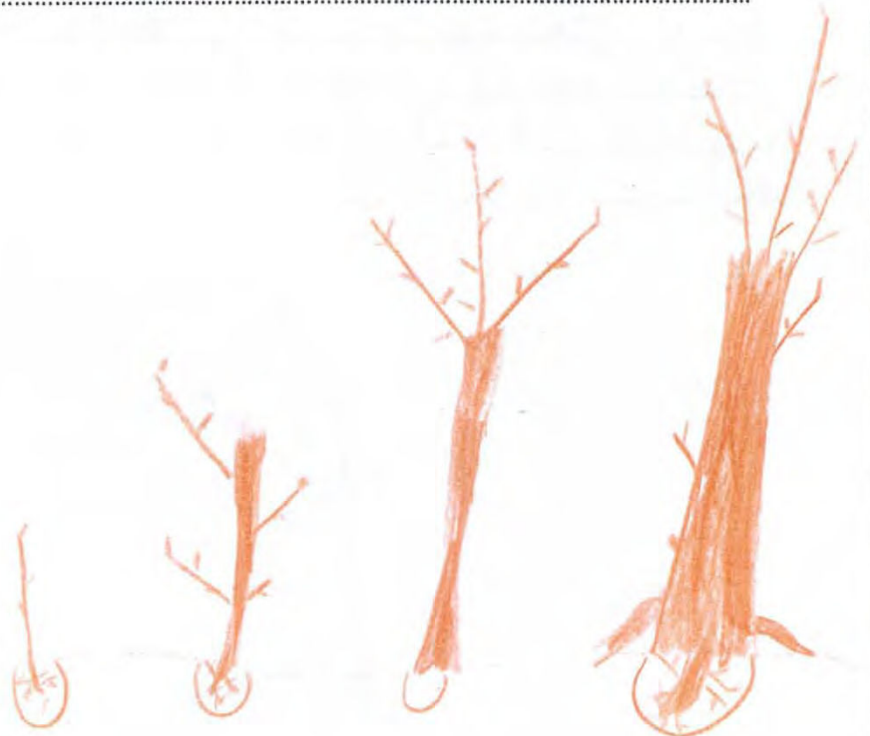
Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

La plante grandit avec une graine.
Elle grandit aussi avec de l'eau de la nourriture.



2 |



Nom : Dabas

Prénom : Élémentine

Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

Elle grandit en vieillissant. Il faut que la plante soit. Quand elle voit les racines grandissent donc l'arbre grandit. Le jour après la pluie, la terre est mouillée et elle donne de l'eau aux racines.

le lendemain



Nom : Dupin

Prénom : Harouan

Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

Elle grandit au fur à mesure grâce elle boit de l'eau et se réchauffe au soleil



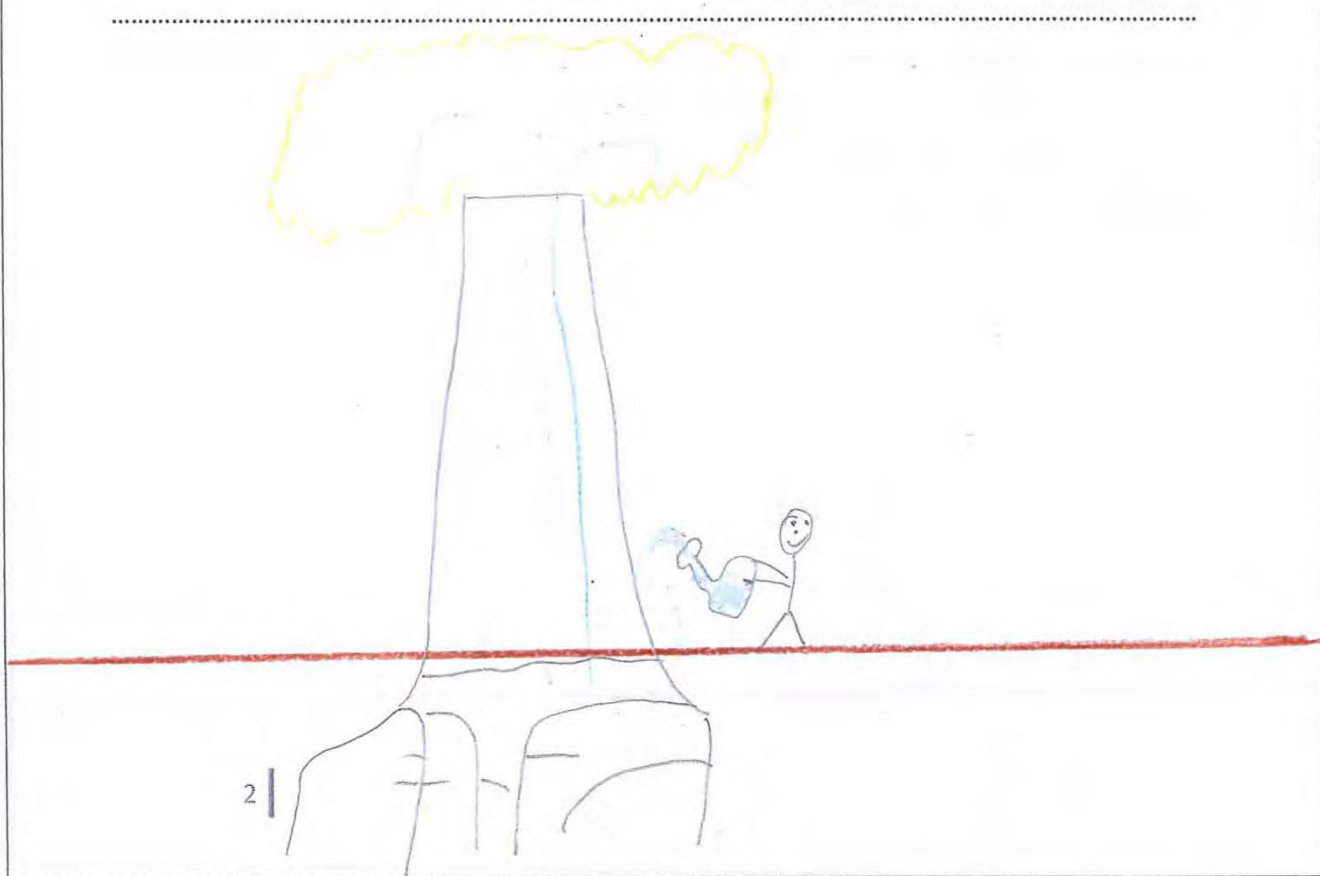
Nom : Duquenois.....

Prénom : Esther.....

Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

La plante grandit au fil du temps. Il faut le
moindre de temps en temps avec de l'eau fraîche.
Si tu lui met trop d'eau la plante pourrir. On arrose
le moins tout les 2 ou 3 jours.



Nom : Guenerie

Prénom : Nora

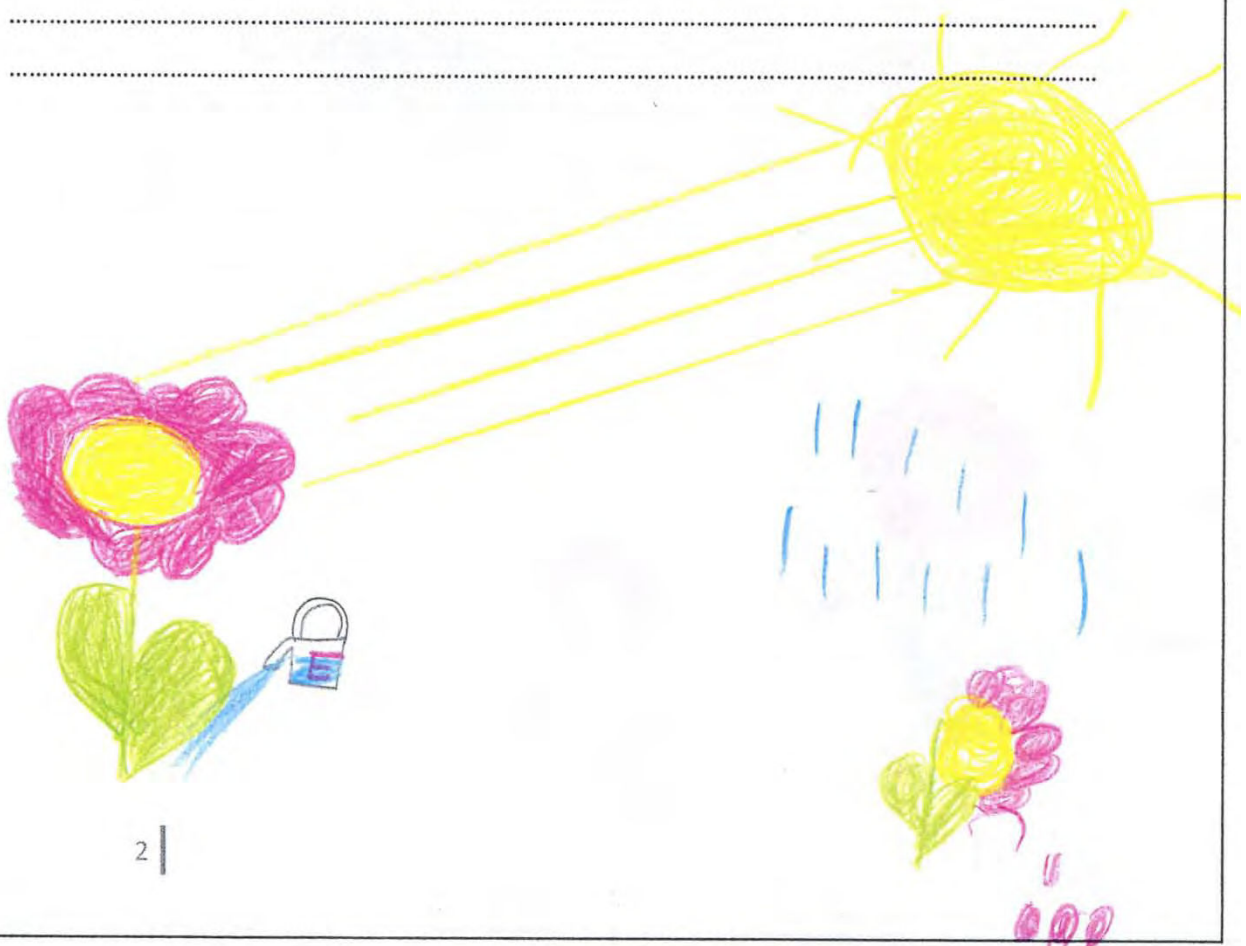
Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

La plante grandit grâce à l'eau et quand le soleil illumine la plante peu par pas qu'elle meurt.

La première plante à le Soleil et de l'eau.

La deuxième plante à la pluie mais dont le soleil et non l'eau dont elle est morte.



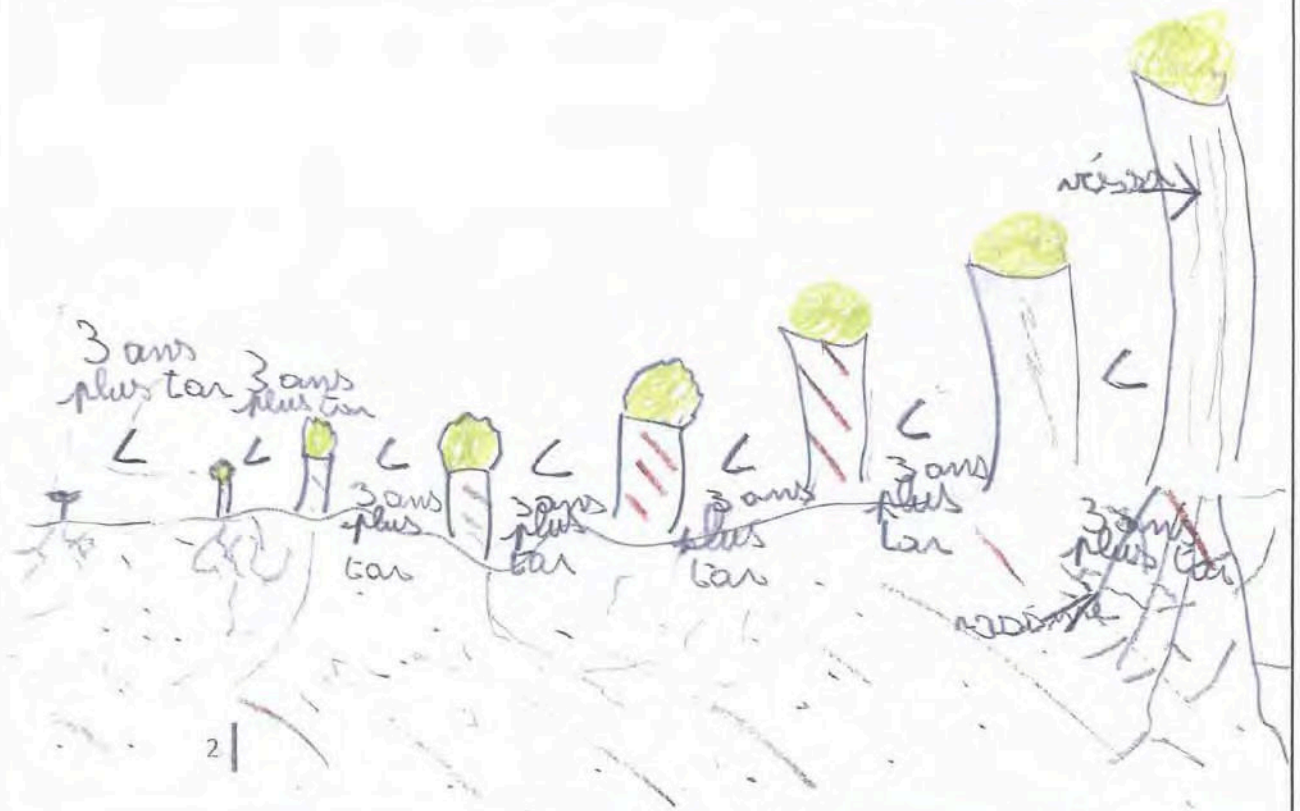
Nom : Blamelin

Prénom : Baptiste

Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

Les racines prennent les besoins dont la plante a besoin puis ces envoies par la sève dans le tronc puis dans les branches puis...



Nom : Jouan.....

Prénom : Maxime.....

Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

Elle grandit grâce à sa tige dans la tige
nouvelle (cambium) et aussi à son écorce
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



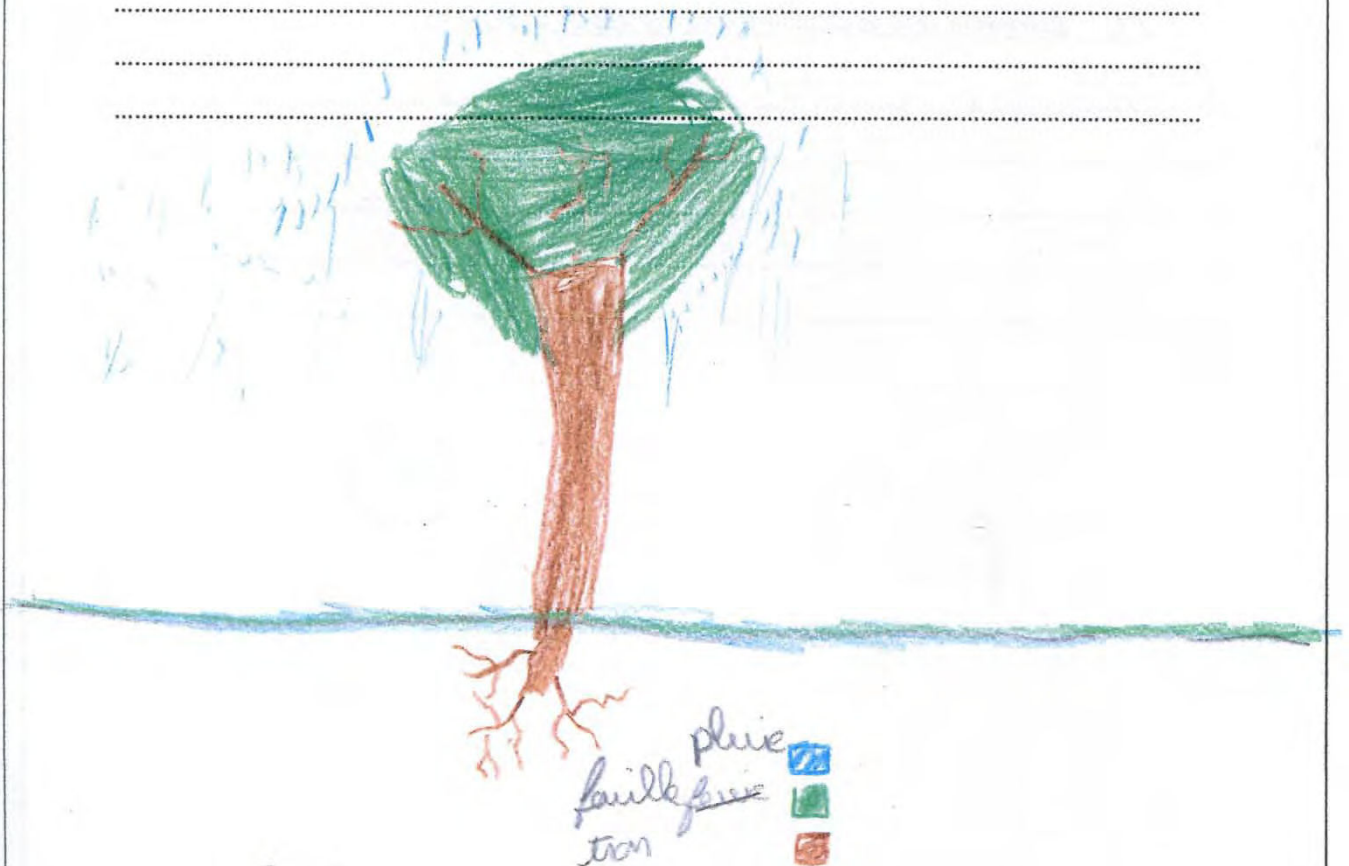
Nom : Le Baum

Prénom : Lisa

Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

Elle grandit avec grosse à la terre humide
par l'eau de pluie, l'eau de source



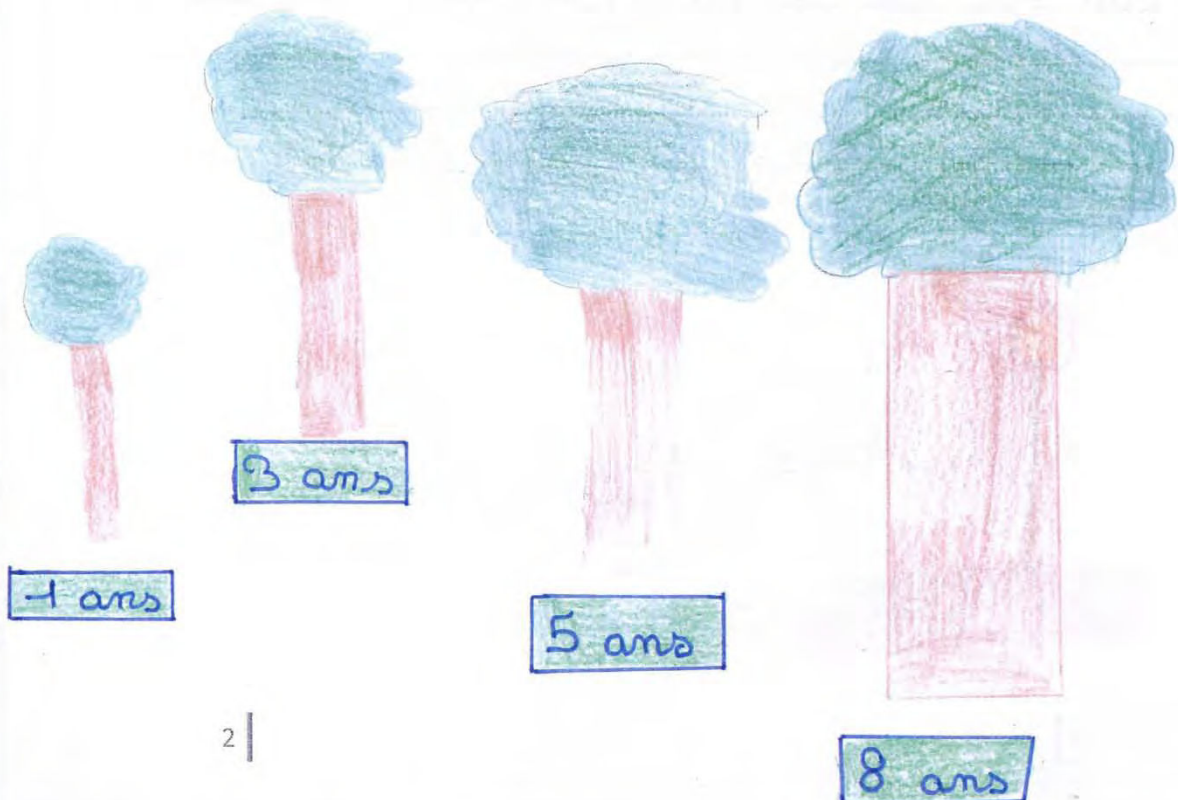
Nom : Lehaut

Prénom : Isa

Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

Elle grandit au fil du temps mais aussi grâce au temps, s'il pleut, s'il neige...



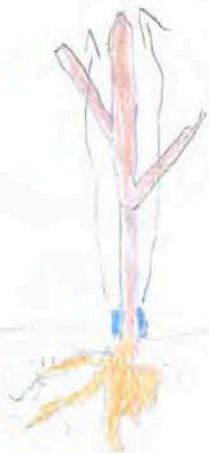
Nom : Dagut

Prénom : Mila

Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

Elle grandit grâce à la sève brute que
l'eau aspire par ses racines. Elle grandit en
se faisant des nœuds toujours plus hauts.



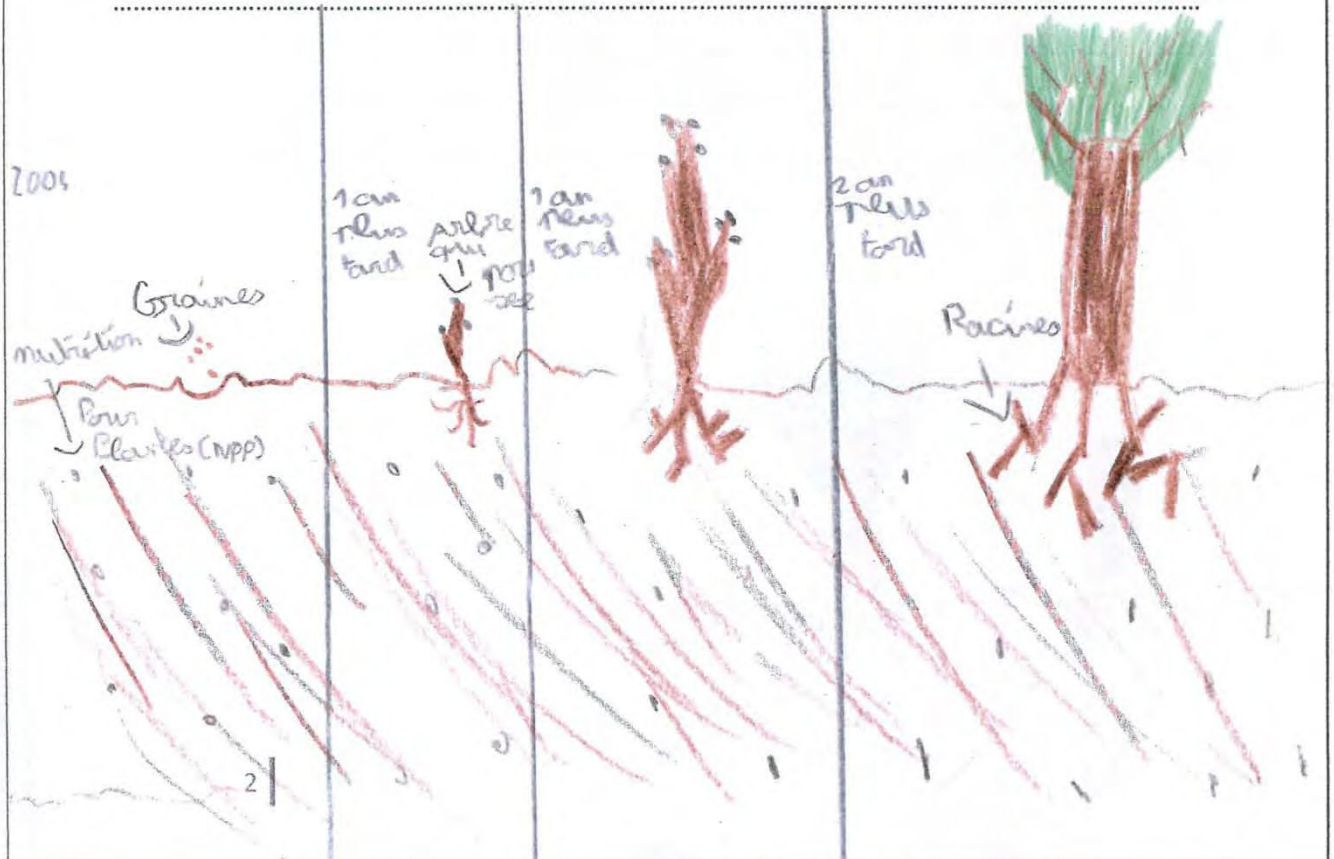
Nom : Marie

Prénom : Gabriel

Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

Elle prend ses besoins dans la terre - passe à ses racines, et s'envoie à la sève.



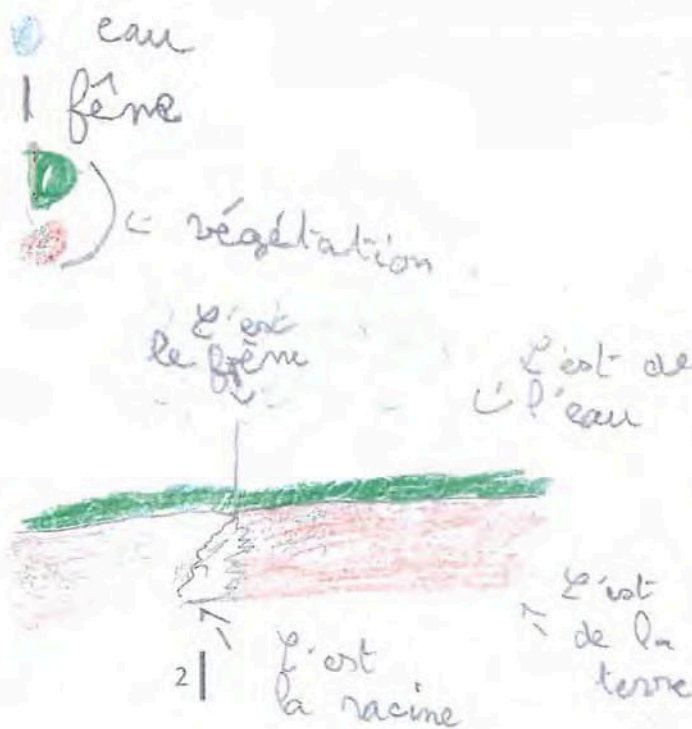
Nom : Marrin

Prénom : Lorenzo

Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

La plante grandit qu'elle est plantée
à un endroit où il y a beaucoup d'
eau pour nourrir la racine et un
endroit de végétation.



3 mois plus tard,
Pas d'eau pas de
vent.



Nom : Herry

Prénom : Enaa

Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

L'arbre grandit car il est dans la terre et qu'il se fait nourrir. Il y a aussi grâce à une graine.

■ la fleur de l'arbre

■ graine

■ arbre



Nom : maissel

Prénom : charley

Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

On lui donne de l'eau pour qu'elle grandisse
et on la nourrit avec pour qu'elle fasse des feuilles

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



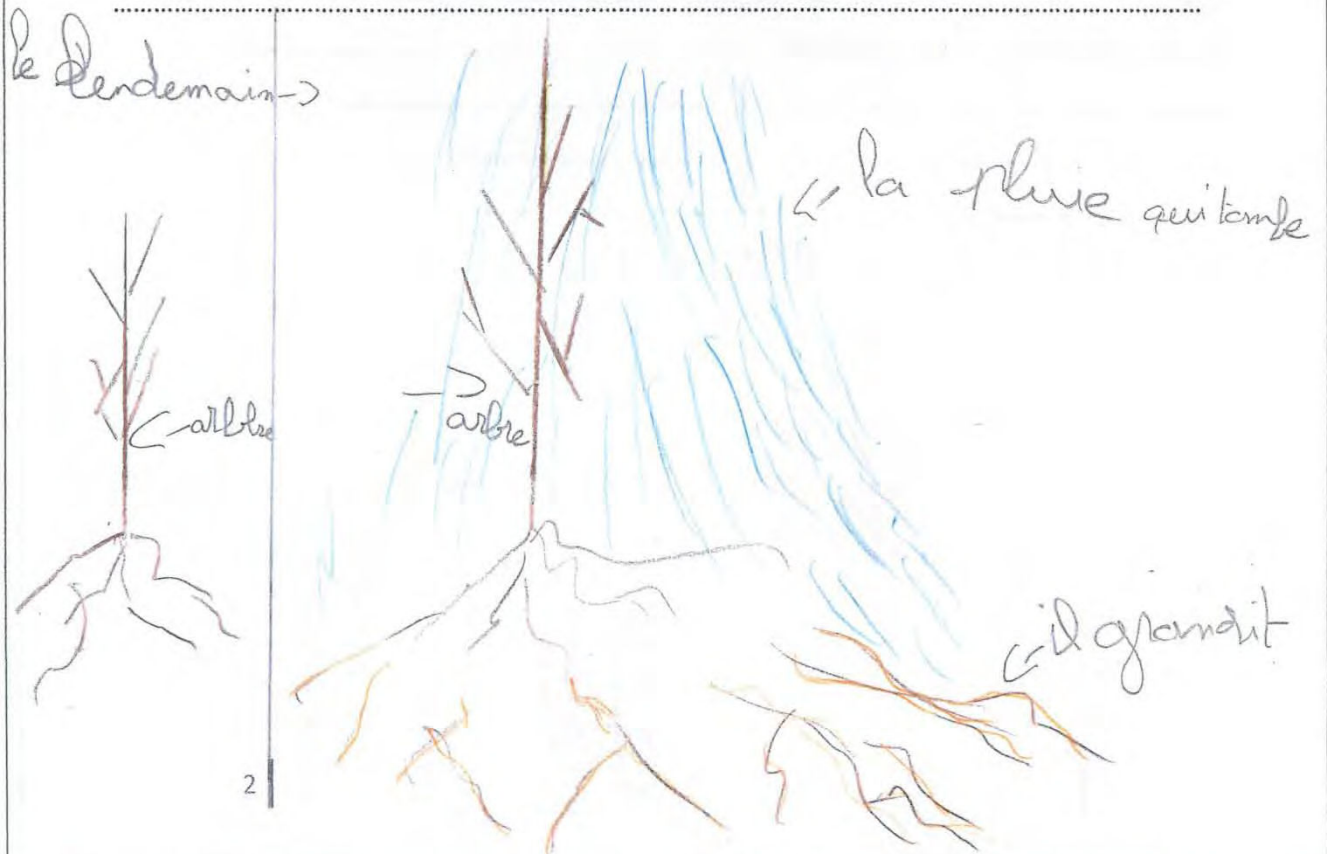
Nom : Vaigyan

Prénom : Marquis

Trois plants de frêne ont été déracinés ce matin même ; d'âges différents, l'on constate alors qu'ils sont de tailles différentes...

1. Comment la plante grandit-elle ?

La plante grandit en lui donnant de l'eau ^{et des nutriments}
et au printemps elle grandit.



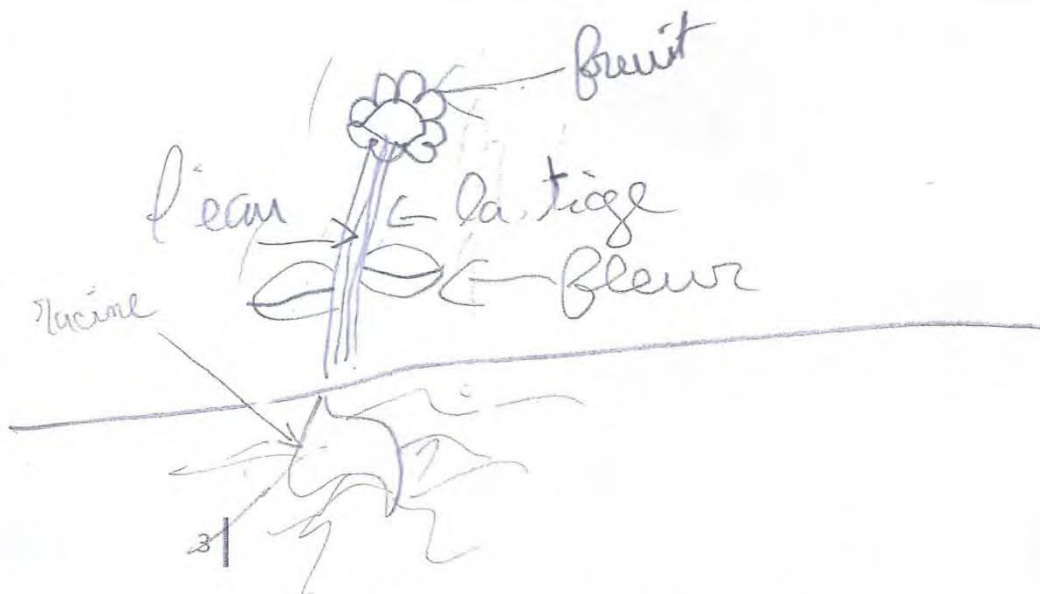
2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

Oui : on a besoin de lumière de la mettre au soleil et de la planter.



2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?

Quand il prend l'eau elle va dans la terre la racine récupère l'eau dans la terre après l'eau passe dans la tige remonte à la fleur et la fait grandir.



2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

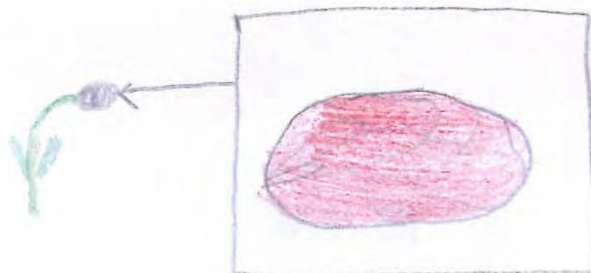
Elle a des besoins comme l'oeuf. Si elle a pas d'eau elle sèche et les feuilles viennent mourir.



arbre feuille

2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?

elle se développe et commence à partir.

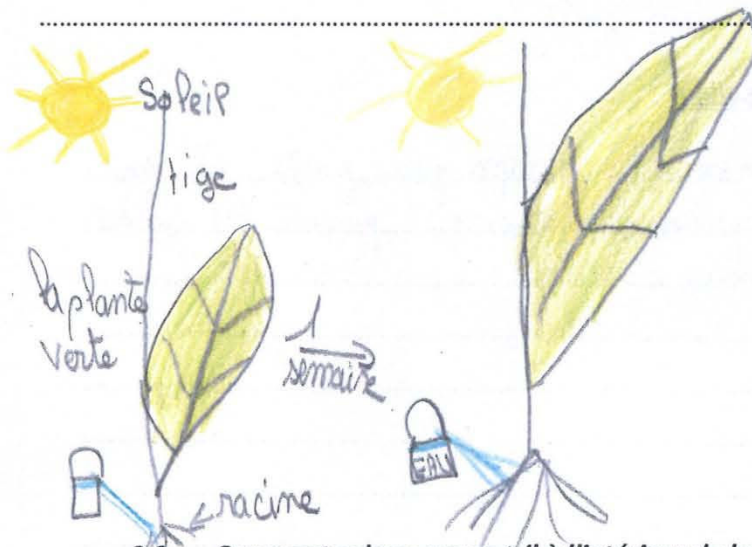


flor
feuille

2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

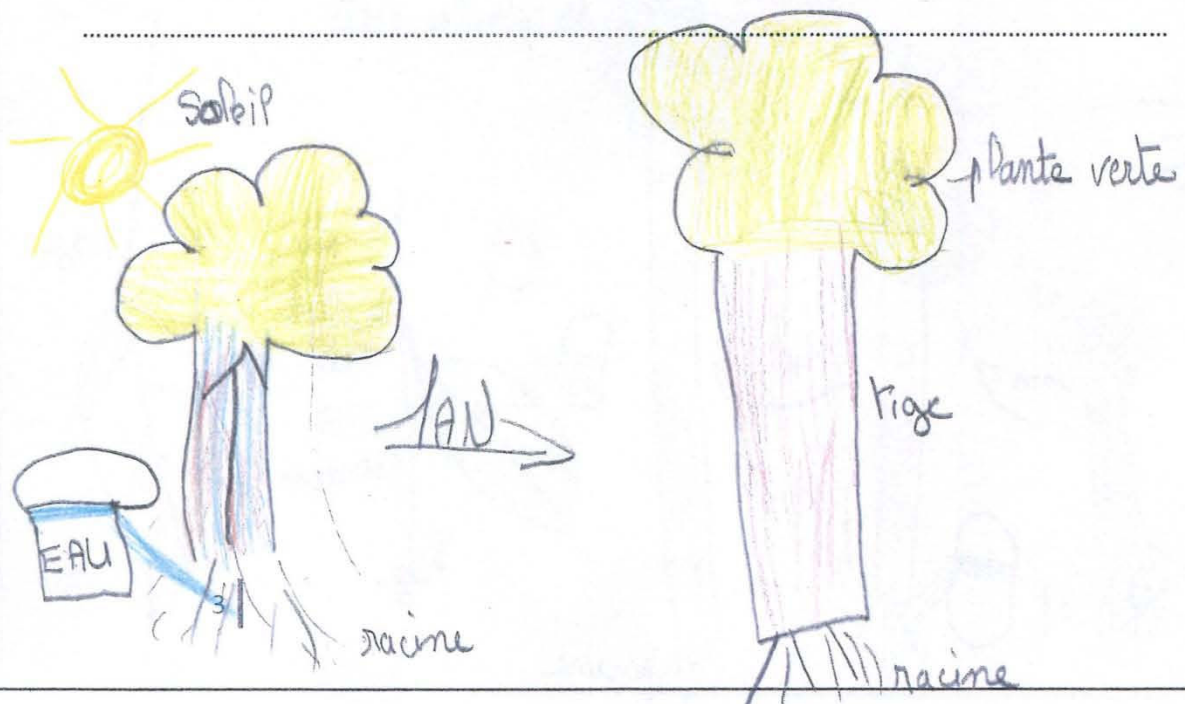
Gui

Du temps, de l'eau, et du soleil.



2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?

Ce qui se passe c'est que la plante à force du soleil et de l'eau la plante est nourrie alors elle grandit un peu tout le temps à chaque fois qu'elle est nourrie.



2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

oui elle a des besoins comme l'eau, ne pas qu'elle soit trop au soleil.

Quand elle a de l'eau



plus quand elle et soleil



les petites fleurs

2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?

à l'intérieur de la plante il se passe que à l'extérieur et rajoute des couches.

Une petite plante



une

une grande plante



les couches

la tige

2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

Oui, la plante grandit avec de l'eau et du soleil. Les racines boivent la pluie donc la plante se nourrit.



2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?

L'arbre fait plusieurs épaisseurs (une par an) donc quand on le coupe nous pouvons voir les épaisseurs et on s'en rend compte quel âge a-t-il, sur mon schéma il a 5 ans.



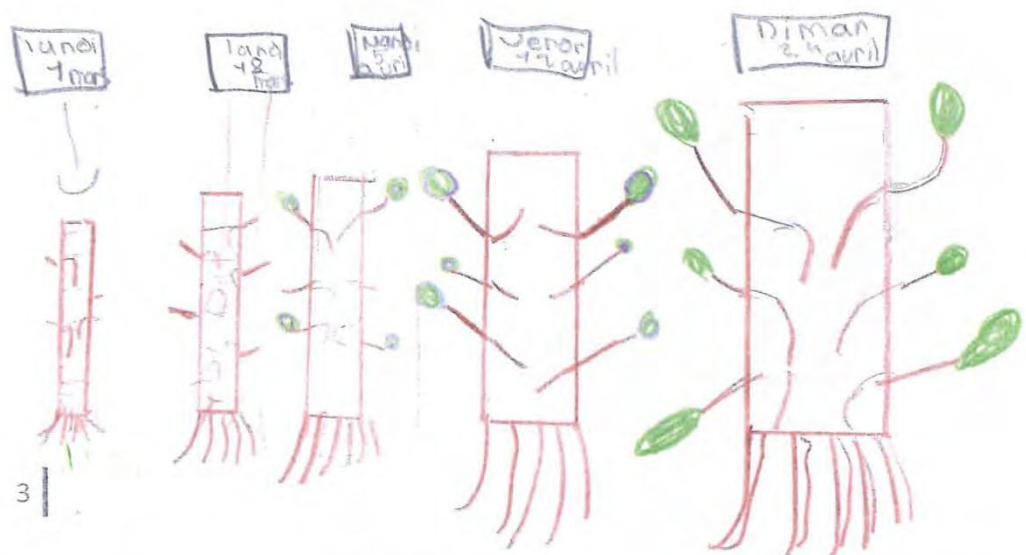
2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

Qui la plante a des besoins elle doit
avoir de l'eau la pluie, l'air...



2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?

Les racines grandissent elle a ont besoin de
place alors elle pousse sur l'arbre
l'arbre grandit, s'écarte. Au fur et à mesure
il
du temps les feuilles arrivent.



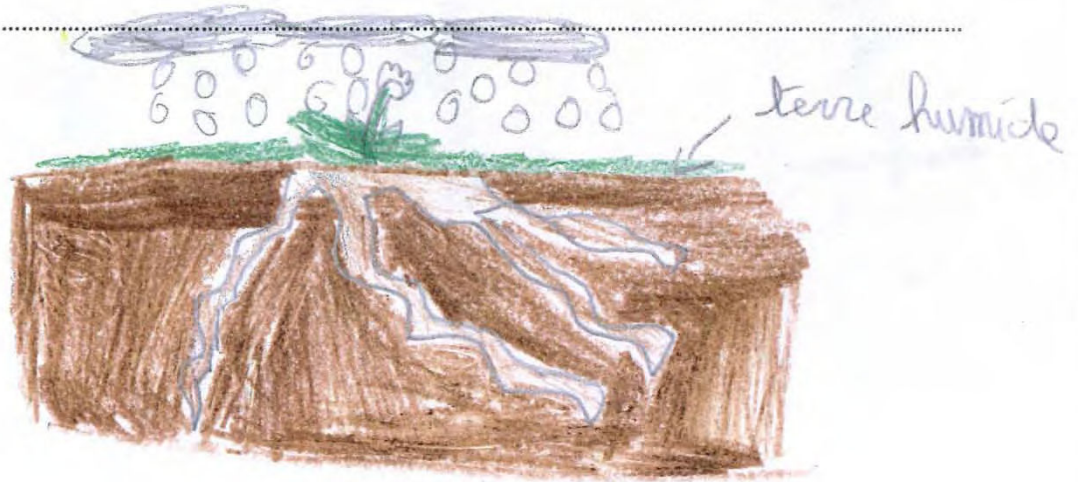
2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

Oui la plante a des besoins ce sont de l'eau
et le soleil



2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?

on voit quand il pleut la terre est humide
donc les racines aspirent l'eau qui est dans la terre
qui est



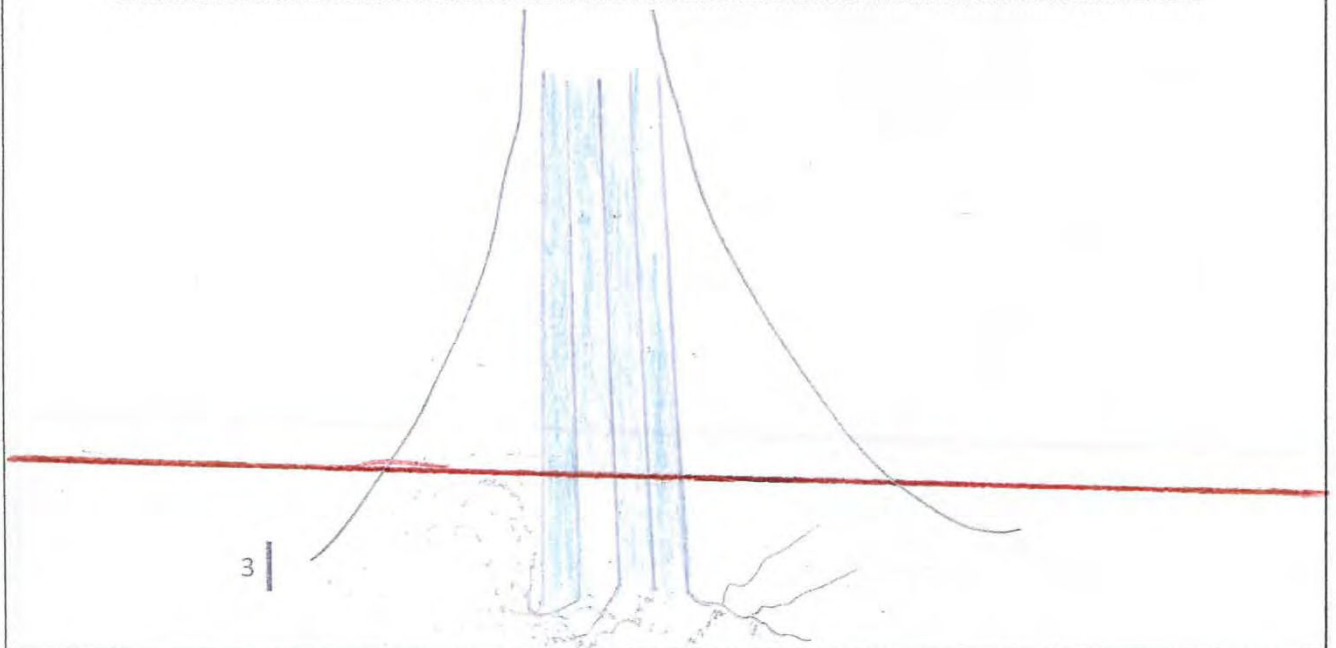
2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

Il faut de l'eau tout les 2 ou 3 jours



2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?

Comme le corps humain



2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

Oui elle a besoins d'eau, et la lumière du soleil.



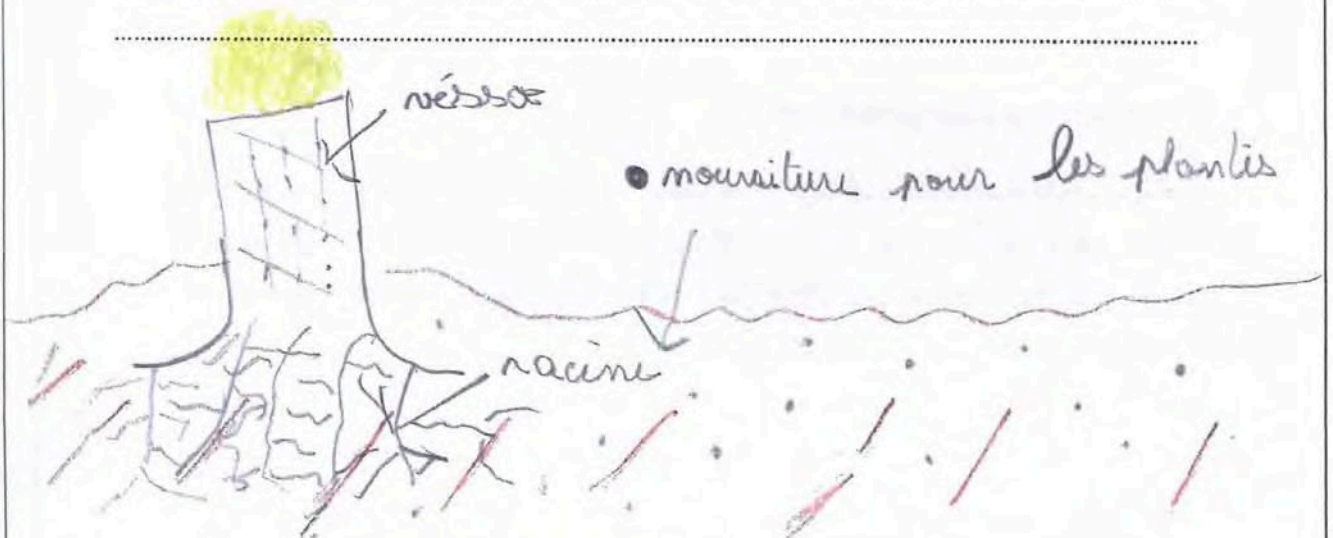
2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?

L'eau va au racine est agrandit la racine. Le soleil aide la plante a grandir au que la plante ne sent bien. Il faut lui donner de l'eau pour qu'elle mûrisse. Et la plante grandit, grandit...



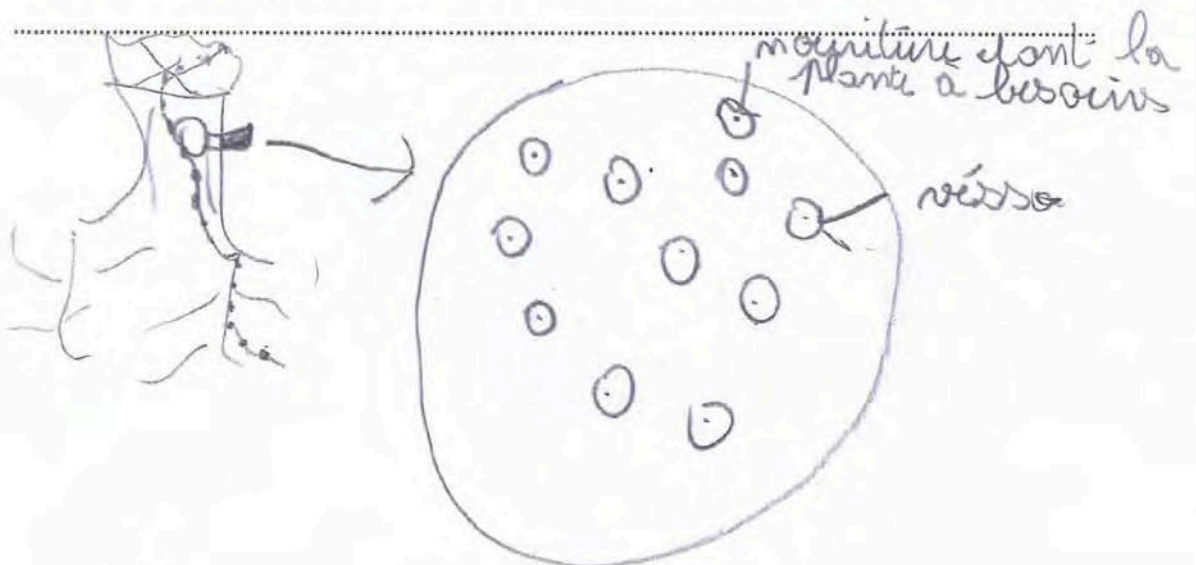
2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

Oui, de l'eau, la nourriture qu'elle trouve dans la terre et l'énergie solaire et l'oxygène



2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?

Grâce à la racine la plante se nourrit toute seule avec la pluie qui tombe la racine prend l'eau qu'elle a besoin et se qu'elle trouve dans la terre.



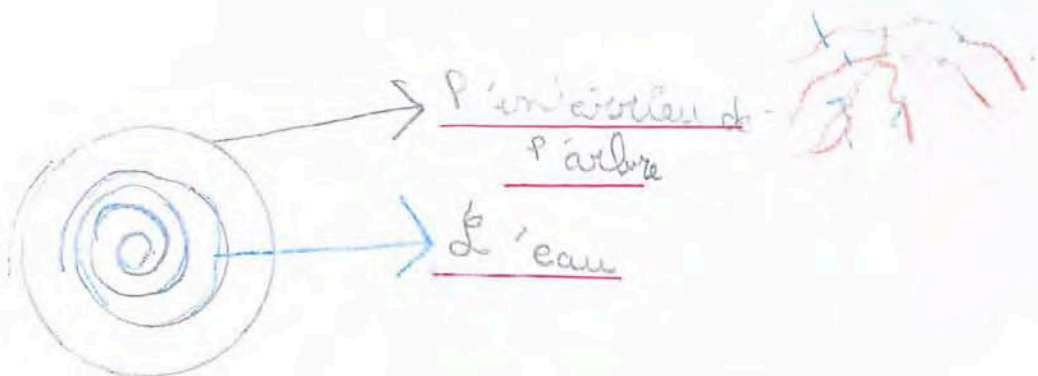
2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

La plante a besoin de soleil, d'eau
et d'oxygène car si non elle ne peut
pas croître



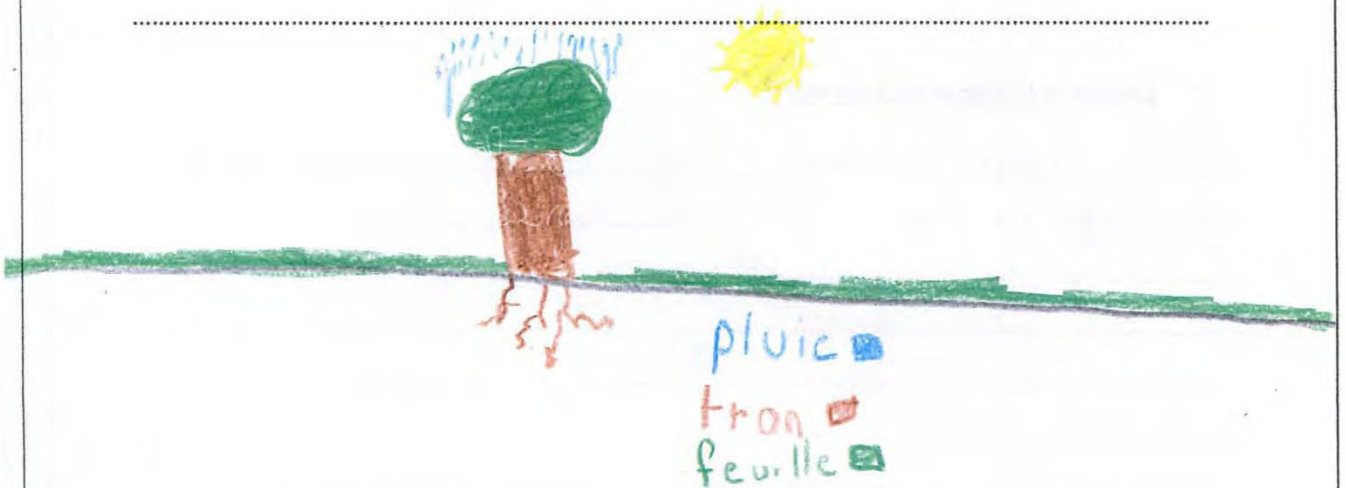
2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?

L'eau absorbe dans la racine puis
monte dans les feuilles, les tiges etc.



2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

Oui. De l'eau. De la chaleur pour que
sa base pousse



2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?

L'eau s'infiltre dans le tronc



2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

Oui elle a besoin d'eau et de soleil.



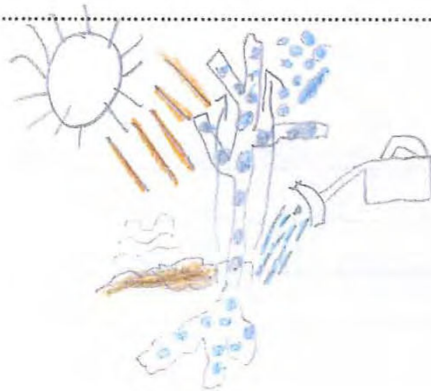
2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?





Lorsque l'on donne de l'eau à une plante, l'eau va dans la terre puis dans les tiges.



2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

Oui, il lui faut de l'eau, du soleil, des minéraux
et du compost.







-  compost
-  minéraux
-  eau
-  rayons du soleil

2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?

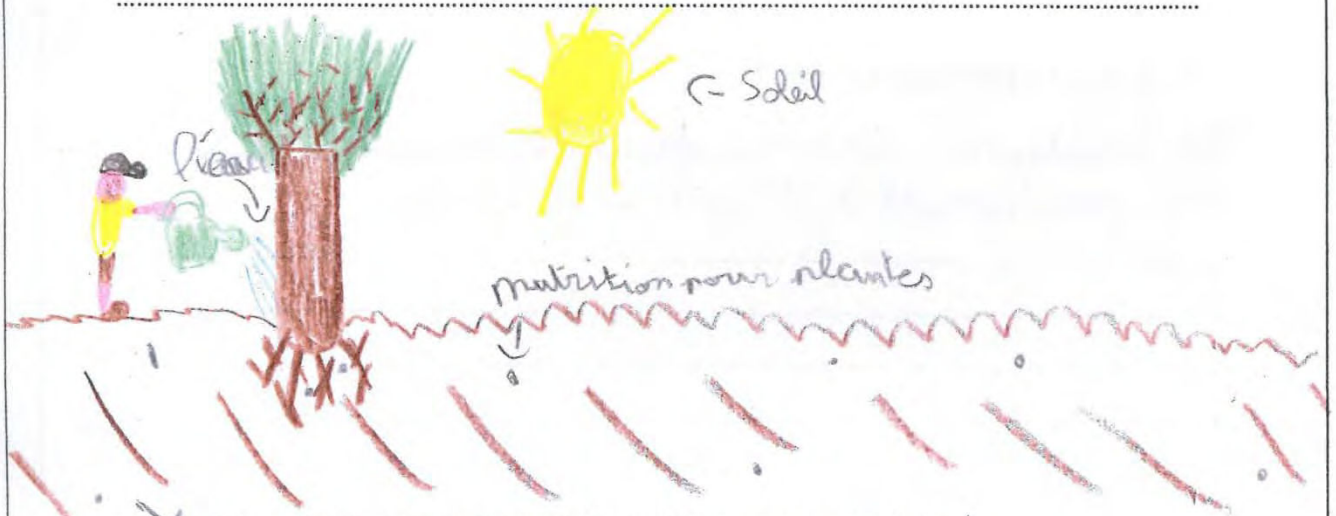
Il y a tout les ingrédients qui lui servent
à grandir qui circulent.



-  minéraux
-  eau
-  compost
-  rayons du soleil

2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

Oui, elle a besoin de soleil, d'eau et de terre.



2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?

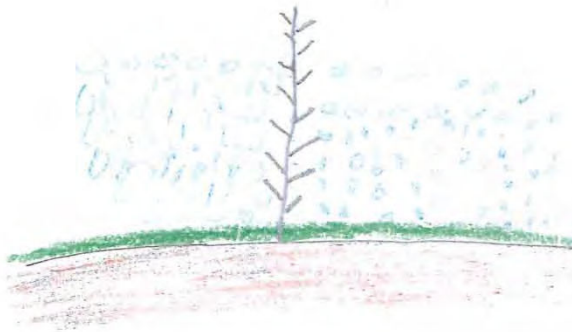
La nutrition pour plante se passe dans l'arbre et le nourrit.



2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

Oui. Elle a besoin d'eau et de végétation.

.....
.....
.....
.....



● végétal
● végétal
● eau

2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?

La végétation aspire l'eau par la racine dans la plante puis la plante grandit de plus en plus.

.....
.....



2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

Oui, elle doit se faire pousser.



moins plus
 plus d'eau

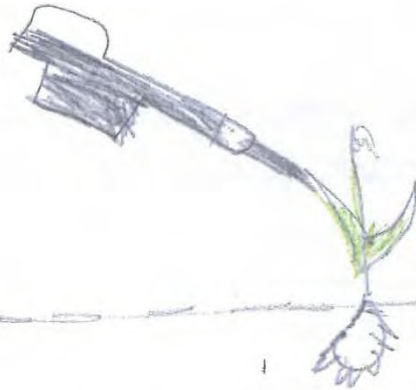
2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?

à l'intérieur de la plante il y a des
anneaux et plus il y en a plus elle
grandit.



2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

et elle a besoin d'eau.



2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?

il se passe comme un corps creux de la terre.



2.1. Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Si oui, lesquels ?

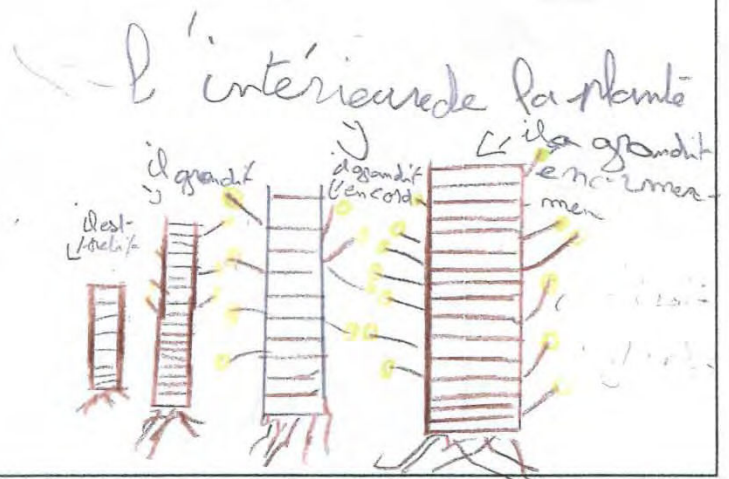
Qui elle a besoins d'eau est : (la pluie qui tombe, l'eau des robinets)



2.2. Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante ?

Dans l'arbre il ya de petit ligne qui grandis et l'arbre s'agrandit.

la tige
↓



Annexe 6-5

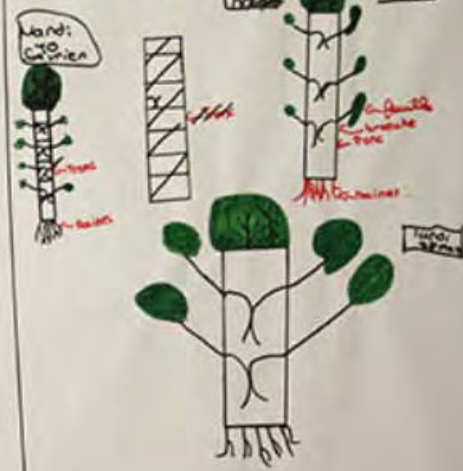
2.1 Sous grandir, la plante a-t-elle des besoins? Si oui, lesquels?

Elle a besoin d'eau



2.2 Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante?

De gauche à droite, il y a la racine, le tige, la feuille.



Groupe 1 : Charly, Clémentine, Margaux

2.1 Sous grandir, la plante a-t-elle des besoins? Si oui, lesquels?

Oui : Elle a besoin de se nourrir avec de l'eau.



2.2 Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante?

Dans la plante il y a une des couches de cellules et on passe la graine.



Groupe 2 : Alexis, Aude, Charley, Énora

2.1 Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins? Si oui, lesquels?



Oui elle a besoin d'eau et de la chaleur du soleil.

- SOLEIL ■
- feuille ■
- PLUIE ■
- TRONC ■

2.2 Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante?



En fait quand il pleut la terre est humide donc les racines aspirent l'eau qui est dans la terre.

Groupe 3 : Marceau, Maxime, Tim

Pour grandir la plante a-t-elle des besoins? Si oui lesquels?



Oui, la plante veut à des besoins. Elle a besoin d'eau, de soleil... la plante veut grandir aussi au fil du temps.

Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante?



À l'intérieur la plante veut il y a de l'eau qui circule de soleil veut à faire grandir la plante.

Groupe 4 : Lisa, Louna, Nora, Romane

2.1 Pour grandir, la plante a-t-elle des besoins? Si oui, lesquels?



Oui elle a besoin d'eau et de la chaleur du soleil.

SOLEIL ■

feuille ■

PLUIE ■

TRONC ■

2.2 Comment cela se passe-t-il à l'intérieur de la plante?



En fait quand il pleut la terre est humide donc les stomates aspirent l'eau qui est dans la terre.

Groupe 5 : Baptiste, Dan, Gabriel, Lorenzo, Malo

Annexe 6-6

**Transcription intégrale et la plus fidèle possible du débat scientifique mené en la journée
du lundi 24 mars 2014**

Nota bene : si, pour ce qui est des intervenants, l'enseignant correspond bel et bien à l'enseignant, l'enseignant' correspond quant à lui au chercheur que nous sommes.

| | Intervenant | Intervention |
|----|--------------------|--|
| 1 | Enseignant | Donc une plante est un être vivant. On est tous d'accord là-dessus ? |
| 2 | XXX | Oui. |
| 3 | Enseignant | Si c'est un être vivant ça veut dire qu'elle... |
| 4 | XXX | ... grandit. |
| 5 | Enseignant | ... s'alimente. |
| 6 | Baptiste | Elle s'alimente en quoi ? |
| 7 | Enseignant | D'accord. Puisqu'elle prend en taille, elle prend aussi en... |
| 8 | XXX | ... largeur. |
| 9 | Charley | ... poids. |
| 10 | Enseignant | Voilà. Donc elle prend en masse. Vous êtes d'accord ? L'autre fois les petites plantes qu'on avait ramenées de la haie. Vous êtes d'accord que si on avait pesé la grande et la plus petite elles n'auraient pas eu le même poids ? |
| 11 | Maxime | Ben non. |
| 12 | Enseignant | D'accord. Donc si ces plantes pour grandir, pour prendre de la masse elles ont besoin de s'alimenter c'est bien qu'elles vont aller les chercher dans leur environnement. D'accord. Elles vont aller les chercher autour d'elles ces aliments dont elles ont besoin. |
| 13 | Marceau | xxx. |
| 14 | Enseignant | Voilà. Donc c'est (ce sont) les questions qu'on vous avait posées. C'est là-dessus qu'on va travailler aujourd'hui. Alors première affiche : Charly, Clémentine, Margaux. C'est (Ce sont) les trois absents. |
| 15 | Enseignant' | On va la laisser affichée. |
| 16 | Enseignant | Alors... Voilà leur affiche. Voilà. Du coup on passe direct (directement) à la deuxième. Donc... Alors puisque l'autre groupe n'est pas là et qu'ils ne peuvent pas vous en parler je mets ces deux-là en même temps parce que vous allez voir que les éléments qu'ils développent sont les mêmes. D'accord. C'est comme on fait d'habitude. C'est-à-dire que quand deux groupes pensent la même chose on peut les afficher en même temps. D'accord. Alors sur ce groupe-là qui est-ce qui était censé être le rapporteur ? J'ai pas regardé derrière. |
| 17 | Aude | Charley. |
| 18 | Enseignant | On y va Charley. Alors on a dit que la plante... |
| 19 | Charley | Oui. |

| | | |
|----|------------|---|
| 20 | Enseignant | ... pour pouvoir grandir, pour pouvoir se développer, pour pouvoir prendre de la masse on a dit qu'elle allait avoir besoin de s'alimenter, de prendre des aliments dans son environnement autour. Alors j'aimerais que tu nous dises de quel(s) besoin(s)... Tu vois on reprend la question : pour grandir, la plante a-t-elle des besoins ? Donc... Voilà. De quel(s) besoin(s) d'après vous dans son environnement elle a besoin pour pouvoir... |
| 21 | Charley | J'ai mis il... Elle a besoin de nourriture avec de l'eau. |
| 22 | Enseignant | D'accord. Donc elle a besoin... |
| 23 | Charley | ... de l'eau. |
| 24 | Enseignant | ... de l'eau. OK. Où est-ce qu'elle la trouve cette eau ? |
| 25 | Charley | L'eau de la pluie et l'eau du robinet. |
| 26 | XXX | xxx. |
| 27 | Gabriel | Ben si. Pour les xxx. |
| 28 | Lisa | Ben oui. C'est vrai. |
| 29 | Enseignant | Gabriel les uns après les autres. Où est-ce qu'elle en a besoin ? |
| 30 | Charley | L'eau de la... |
| 31 | Enseignant | Elle a besoin d'eau. Où est-ce qu'elle la trouve ? |
| 32 | Charley | ... pluie ou de la... Ou du robinet. |
| 33 | Enseignant | Donc l'eau... Pluie. Robinet. Tu m'expliques la différence entre les deux ? |
| 34 | Charley | Le robinet ça vient des... |
| 35 | Enseignant | À quel moment elle a de l'eau de pluie ? À quel moment elle a de l'eau du robinet ? |
| 36 | Charley | Comment ça ? |
| 37 | Enseignant | Ben tu me dis que ça... Elle peut venir de la pluie ou du robinet. |
| 38 | Charley | Oui. Eh ben... |
| 39 | Enseignant | Comment ? |
| 40 | Charley | Comment ça ? |
| 41 | Enseignant | L'eau de pluie elle vient d'où ? |
| 42 | Charley | L'eau de pluie ben elle vient des nuages. |
| 43 | Enseignant | D'accord. Et ensuite ? |
| 44 | Charley | L'eau du robinet elle vient des égouts. |
| 45 | Enseignant | D'accord. Elle vient du robinet. Pourquoi de temps en temps elle va recevoir de l'eau de pluie et d'autres fois de l'eau du robinet ? |
| 46 | Charley | Parce que quand il fait beau ben il y a de... S'il faut lui donner à boire il y a l'eau du robinet. |
| 47 | Enseignant | D'accord. Donc s'il fait beau on va plutôt l'arroser ? |
| 48 | Charley | Oui. |
| 49 | Enseignant | Et s'il... |
| 50 | Charley | ... pleut ben on la laisse. |

| | | |
|----|------------|---|
| 51 | Enseignant | D'accord. Donc ce qui fait que l'eau... Elle a toujours besoin de ça ? |
| 52 | Charley | Oui. |
| 53 | Enseignant | Et est-ce que toutes les plantes de la nature sont arrosées ? |
| 54 | Charley | Non. |
| 55 | Enseignant | Par... Quand il fait chaud comme ça toutes les plantes de la nature sont arrosées ? |
| 56 | Charley | Non. |
| 57 | Enseignant | Non. Elles vont quand même pouvoir survivre ? |
| 58 | Charley | Oui. |
| 59 | Enseignant | D'accord. Dans ce cas-là elles utilisent l'eau de pluie ? |
| 60 | Charley | Oui. |
| 61 | Enseignant | D'accord. Alexis ? |
| 62 | Alexis | Après il y a l'eau du puits. Le puits qu'on creuse. |
| 63 | Enseignant | Oui. D'accord. Il y a plusieurs... OK. Donc on est sûr de l'eau. Besoin d'eau. Gabriel ? |
| 64 | Gabriel | Quand tu dis qu'elles ont besoin d'eau... Au désert comment ça... Qu'est-ce qu'elles font... Comment elles font pour pouvoir se nourrir ? Avec ton... |
| 65 | Enseignant | Dans le désert ? |
| 66 | Gabriel | Oui. Voilà. Les cactus par exemple. |
| 67 | Enseignant | Les cactus ? |
| 68 | Énora | Les cactus c'est (ce sont) des plantes du désert. |
| 69 | Enseignant | Énora ? |
| 70 | Énora | Les cactus c'est (ce sont)... |
| 71 | Enseignant | Ce sont... |
| 72 | Énora | ... des plantes du désert. |
| 73 | Enseignant | Donc... |
| 74 | Énora | ... elles n'ont pas besoin de se faire arroser. |
| 75 | Gabriel | Ben si. Puisque quand tu coupes un cactus en deux il y a du jus, il y a une sorte d'eau vitaminée qui sort. |
| 76 | Enseignant | Ah... |
| 77 | Dan | xxx dans le sol. |
| 78 | Enseignant | Maxime ? |
| 79 | Maxime | C'est (Ce sont) des plantes sèches. |
| 80 | Enseignant | Ce sont des plantes sèches. Alors qu'est-ce que ce serait une plante sèche ? Maxime ? |
| 81 | Maxime | Ben c'est pas une plante qui a vraiment besoin d'eau, c'est pas de ça qu'elle se sert pour grandir. |
| 82 | Enseignant | Les plantes du désert n'auraient pas besoin d'eau... |
| 83 | Maxime | ... pour grandir. |

| | | |
|-----|-------------|--|
| 84 | Enseignant | Elles ne s'alimenteraient pas avec de l'eau ? |
| 85 | Maxime | Si. |
| 86 | Enseignant' | Maxime elle en a pas du tout besoin ou beaucoup moins ? |
| 87 | Maxime | Beaucoup moins. |
| 88 | Enseignant' | Donc elle en aurait quand même peut-être un petit peu besoin ? |
| 89 | Maxime | Oui. Besoin quand même un petit peu. |
| 90 | Enseignant' | Mais en moins grande quantité ? |
| 91 | Maxime | Oui. |
| 92 | Enseignant | Donc ça veut dire que l'eau... Quand on a l'eau de pluie ou l'eau du robinet les plantes peuvent en avoir besoin dans des quantités différentes ? |
| 93 | Maxime | Oui. |
| 94 | Enseignant | C'est ça ? |
| 95 | Maxime | Oui. |
| 96 | Enseignant | Donc des quantités différentes en fonction des plantes. Mais elles en ont toujours besoin d'un peu ? |
| 97 | Maxime | Oui. |
| 98 | Enseignant | D'accord. Est-ce que tout le monde est d'accord pour ça ? C'est-à-dire que quelle que soit la plante même si elle a des besoins... Un peu moins de besoin d'eau... Est-ce qu'elle aura toujours une nécessité d'eau ? Est-ce que c'est une obligation ? |
| 99 | Baptiste | Oui. |
| 100 | Enseignant | D'accord. Personne ne pense autre chose ? |
| 101 | XXX | Non. |
| 102 | Enseignant | OK. Et on vient de dire pas beaucoup d'eau. Moins d'eau. Et si elle en avait trop ? Qu'est-ce qu'il va se passer ? Parce que là vous me dites une plante il lui faut de l'eau. Attention. Il y en a qui ont besoin qu'un tout petit peu d'eau. Par exemple les plantes du désert. Donc désert par exemple. Et puis on va mettre les plantes classiques. Et si elles ont trop d'eau ? L'inverse ? Marceau ? |
| 103 | Marceau | Ben elles se noient. |
| 104 | Enseignant | Elles se noient ? |
| 105 | XXX | Non. |
| 106 | Enseignant | Alors comment ça elles se noient ? Explique-moi. |
| 107 | Marceau | Ben en fait quand elles ont trop d'eau ben ça fait comme nous quand on est dans l'eau. Ben si on peut pas respirer ben on meurt. |
| 108 | Enseignant | Ah... Donc ça voudrait dire que la plante elle respire par quelle(s) partie(s) du coup dans ce que tu me dis ? |
| 109 | Marceau | Ben ses racines. |
| 110 | Enseignant | Elle respire par ses racines ? C'est ça ? |
| 111 | Marceau | Oui. |

| | | |
|-----|-------------|--|
| 112 | Enseignant | La plante respire par ses racines. Et si tu lui mets de l'eau du coup elle peut plus respirer et elle se noie ? |
| 113 | Marceau | Non. Mais faut pas beaucoup d'eau. |
| 114 | Enseignant | Non. Mais si tu lui mets trop d'eau elle se noie comme nous ? |
| 115 | Marceau | Ben... |
| 116 | Enseignant | C'est ça ? |
| 117 | Marceau | À peu près. |
| 118 | Enseignant | D'accord. Qu'est-ce que vous en pensez de ce qu'il vient de dire ? Vous avez bien compris ce qu'il dit. Il dit que la plante respire comme c'est un être vivant. Elle respire par ses racines et que du coup si on met trop d'eau sur les racines elles... Les racines se noient et que du coup elle peut plus respirer et elle meurt. Vous en pensez quoi ? Gabriel ? |
| 119 | Gabriel | Si c'est comme ça celles qui sont dans la mer... Les plantes qu'il y a dans la mer comment elles font ? Elles se noient ou elles meurent directement ? |
| 120 | Enseignant | Alors les plantes aquatiques on va pas en parler, on va rester sur les plantes qui vivent sur terre. D'accord. Donc là on est bien sur les besoins des plantes qui vivent sur terre. Les plantes aquatiques c'est... Ça a un fonctionnement différent. Donc on ne s'en occupe pas là. Qu'est-ce que vous pensez de ce que Marceau vient de dire ? Maxime ? |
| 121 | Maxime | Ben je suis peut-être d'accord sur... Quand elles respirent mais... |
| 122 | Enseignant | Tu es d'accord aussi pour dire qu'elles respirent par les racines ? |
| 123 | Maxime | Oui. Peut-être mais... |
| 124 | Enseignant | Ah... Peut-être. |
| 125 | Maxime | ... je ne sais pas si c'est ça. |
| 126 | Enseignant | Alors si c'étaient pas les racines ce serait quoi d'après toi ? |
| 127 | Maxime | Ben les feuilles. |
| 128 | Enseignant | Toi tu dirais plutôt les feuilles ? |
| 129 | Maxime | Je sais pas trop en fait. |
| 130 | Enseignant | D'accord. |
| 131 | Maxime | Et par contre je suis pas trop d'accord pour l'autre. |
| 132 | Enseignant | Pour quoi ? |
| 133 | Maxime | Ben nous on en a des plantes. Et quand on les arrose et qu'elles en veulent pas elles... L'eau elle ressort en dessous. Elles la recrachent à moitié. |
| 134 | X | Ben oui. |
| 135 | Enseignant' | Est-ce que c'est la plante ou est-ce que c'est la terre qui recrache l'eau que tu as mis (mise) en trop ? |
| 136 | Maxime | Ben la plante. |
| 137 | Aude | Non. La terre. |
| 138 | Enseignant | Aude ? |
| 139 | Aude | C'est la terre. |

| | | |
|-----|-------------|--|
| 140 | Enseignant | Tu penses que c'est la terre qui recrache l'eau ? |
| 141 | Maxime | Mais l'eau elle... |
| 142 | Enseignant | Donc là dans ce cas-là c'est bien la terre. L'eau va s'infiltrer dans la terre. Et comme à un moment l'eau (la terre) ne peut plus absorber toute la terre (l'eau) elle va... L'eau va s'écouler. D'accord. Comme quand on avait fait en CE2 le cycle de l'eau où tu sais on avait pris des pots et on avait mis du caillou, du gravier, de la terre et on avait versé de l'eau pour voir si c'était perméable ou imperméable. Tu as bien vu que l'eau traversait la terre. Donc là... |
| 143 | Maxime | ... c'est la même chose. |
| 144 | Enseignant | ... c'est la même chose. Donc la plante ne va pas recracher l'eau. C'est la terre qui va laisser l'eau s'écouler. D'accord. |
| 145 | Charley | Mais l'eau elle devient quoi ? |
| 146 | Enseignant | Donc s'il y a trop d'eau la plante étant quelque chose qui respire... Toi tu dis qu'elle respire par ses racines et s'il y a trop d'eau elle se noie. Et Maxime disait moi je suis pas trop sûr que ce soient les racines j'ai plutôt l'impression que si elle respire c'est par les feuilles. Alors j'en ai vu faire des têtes bizarres. J'ai vu Malo par exemple quand Marceau a parlé il a fait des ouh... Plutôt que de dire... Dis ce que tu en penses. |
| 147 | Malo | Ben c'est que par les feuilles ou les tiges. |
| 148 | Enseignant | Pour toi c'est ce que Maxime dit ? Pourquoi ? |
| 149 | Malo | Parce que... Comme ben les racines c'est plutôt pour absorber, pour prendre les minéraux... Tout ce qu'il y a dans la terre. Mais je pense plutôt que les plantes vertes eh ben elles absorberaient mieux l'eau qu'une partie qui est sous terre. |
| 150 | Enseignant | Pourquoi ? |
| 151 | Malo | Parce que... Si ben justement avant que ça ne touche la terre ça veut dire qu'une plante qui est assoiffée... S'il pleut ça veut dire qu'elle... Si ça fait longtemps qu'elle est assoiffée elle pourrait mourir avant que l'eau la touche parce que... Si ben faut que ça traverse la terre et que ça aille jusqu'aux racines. Et puis souvent sous la terre eh ben tu vas avoir des surfaces un peu plus chaudes sur la terre que sur... |
| 152 | Enseignant | Et par rapport à la respiration ? |
| 153 | Malo | Ben... |
| 154 | Enseignant | La plante qui respire... Pourquoi est-ce que tu penses que ce serait plutôt des... Les parties aériennes que les parties souterraines, les racines ? |
| 155 | Malo | Parce que sous terre il y a presque pas d'oxygène, d'azote qui circule. Alors que dans l'air il y en a. |
| 156 | Enseignant' | Malo pourquoi retourne-t-on la terre dans les champs d'après toi ? Est-ce que ça ne servirait pas à l'aérer à tout hasard ? |
| 157 | Malo | Ben si. |
| 158 | Enseignant' | Les agriculteurs est-ce qu'ils font ça dans leurs champs ? |
| 159 | Malo | Oui. |
| 160 | Enseignant' | Oui. Donc on peut peut-être penser que... Dan ? |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 161 | Dan | Mais si elle est naturelle ? Si elle a poussé toute seule et que personne ne s'en occupe ? |
| 162 | Enseignant' | Alors si personne s'en occupe... S'il y a pas d'agriculteurs... |
| 163 | Dan | Si elle est vraiment... |
| 164 | Enseignant' | ... est-ce qu'il y aurait pas quelque chose d'autre dans la terre qui pourrait servir à la retourner même si c'était un petit peu moins violent ? |
| 165 | Malo | Si. Les animaux. |
| 166 | Enseignant' | Tu me parles des animaux. Est-ce que tu penses à un animal en particulier ? Malo ? |
| 167 | Malo | Ben la taupe. |
| 168 | Enseignant' | La taupe. Aude ? |
| 169 | Aude | Le ver de terre. |
| 170 | Enseignant' | Le ver de terre. |
| 171 | Tim | Ah oui. |
| 172 | Enseignant' | Est-ce que tous ces petits animaux-là en se déplaçant sous terre ils ne servent pas d'une certaine façon à la retourner, à l'aérer ? |
| 173 | Malo | Ben si. |
| 174 | Enseignant' | Est-ce que ça ne profiterait pas justement aux racines des plantes tout ça ? Maxime ? |
| 175 | Maxime | Ça va peut-être pas leur donner aussi assez d'air. |
| 176 | Enseignant' | Mais est-ce que ça pourrait leur en donner suffisamment ? |
| 177 | Dan | Oui. Si elle est... |
| 178 | Enseignant' | Est-ce qu'elles en ont nécessairement besoin de beaucoup ? |
| 179 | Maxime | Ça dépend. |
| 180 | Enseignant' | Peut-être pas ? |
| 181 | Maxime | Mais ça dépend aussi des catégories. Enfin ça dépend si c'est un arbre et que ça fait un tout petit trou comme ça je pense pas que ça va lui servir. |
| 182 | Enseignant' | Globalement sur quoi on peut s'arrêter là avec tout ce qu'on a dit ? Est-ce qu'on peut imaginer que les racines respirent ? |
| 183 | Aude | Ben oui. |
| 184 | Enseignant' | Sans doute que... Oui. Au même titre que les feuilles et la tige. |
| 185 | Enseignant | À voir. Mais effectivement à partir du moment où s'il y a trop d'eau elle s'est noyée et s'il y a des moyens naturels d'aération peut-être qu'elle... Ça veut dire que lorsque nous ferons des expérimentations ou des choses comme ça il faudra qu'on vérifie ce genre de choses. D'accord. Je reviens sur l'eau. Où est-ce qu'elle est absorbée ton eau ? Où la plante absorbe-t-elle l'eau ? |
| 186 | Charley | Comment ça ? |
| 187 | Enseignant | L'eau où est-ce qu'elle est absorbée ? Où est-ce qu'elle la prend l'eau ? Par quel(s) moyen(s) elle la prend ? |
| 188 | Charley | Par là. |

| | | |
|-----|------------|---|
| 189 | Enseignant | Oui. Ça s'appelle comment ça ? |
| 190 | Charley | Les racines. |
| 191 | Enseignant | Les racines. |
| 192 | Charley | Et après ça va dans la plante. |
| 193 | Enseignant | Comment on peut en être sûr de ça que la plante elle prend l'eau de la terre par les racines ? Comment vous pouvez en être sûrs ? Dan ? |
| 194 | Dan | Parce que c'est dans la terre. |
| 195 | Enseignant | D'accord. Mais comment on pourrait être sûr que la plante elle a pris l'eau par les racines ? |
| 196 | Malo | Ben tu prends un petit seau. Tu mets une plante que tu as des racines dedans. Ensuite tu mets de l'eau. Et tu vas voir si... Ben soit si... Tu en mets sur les feuilles si les... |
| 197 | Enseignant | D'accord. Donc excuse-moi. Donc je prends un pot, je plante ma plante, je l'arrose. Et je vais bien voir si l'eau reste ou pas ? C'est ce que tu me dis ? |
| 198 | Malo | Oui. |
| 199 | Enseignant | D'accord. Il vient de dire un truc super intéressant que tu n'as pas entendu parce que moi j'ai entendu de l'oreille droite. Tu as dit que l'eau elle pouvait aussi quoi ? Je suis sûr que c'est toi qui l'a dit. |
| 200 | Charley | Remonter. |
| 201 | Enseignant | Non. Tu as pas dit ça. |
| 202 | Charley | J'ai dit quoi ? |
| 203 | Enseignant | Est-ce que c'est possible ? |
| 204 | Dan | Oui. |
| 205 | Enseignant | Si je fais la même expérience... Vous comprenez bien l'expérience de Malo. Il prend un pot. Il met une plante. Il met de l'eau. Si l'eau s'en va c'est que la plante l'a absorbée. On est d'accord ? Moi je fais la même expérience mais sans la plante. Je prends un pot avec de la terre. Je mets un peu d'eau. Qu'est-ce qu'il va se passer au bout de cinq / six jours ? Aude ? |
| 206 | Aude | Elle va plus être là l'eau. |
| 207 | Enseignant | Donc l'eau... La terre va s'être asséchée de la même façon. Pourquoi ? |
| 208 | Baptiste | Parce que l'eau elle va s'évaporer. |
| 209 | Enseignant | L'eau va s'évaporer. |
| 210 | Dan | Ben non. C'est la terre qui xxx. |
| 211 | Enseignant | Donc je prends de la terre, je mets de l'eau, je laisse ça dans un coin. La terre va devenir sèche parce que l'eau s'évapore. Alors Malo comment tu es sûr que c'est bien la plante qui a pris l'eau et qu'elle ne s'est pas évaporée ? |
| 212 | Malo | Ben parce que tu remarqueras que si tu mets assez, beaucoup d'eau et que tu as mis une maigre portion de terre eh ben logiquement la terre en rejettera. |

| | | |
|-----|------------|--|
| 213 | Enseignant | Oui. Mais là tu réponds pas à ma question. |
| 214 | Malo | Oui. |
| 215 | Enseignant | Moi je te dis que je prends de l'eau. Et j'en mets qu'un peu. Tu vois je la fais pas dégorger. Est-ce qu'on peut être sûr que c'est la plante qui a pris l'eau ou est-ce qu'effectivement l'eau a pu s'évaporer ? Est-ce que quand on fait ce que tu dis... Est-ce qu'on est sûr et certain que la plante a bu l'eau ? |
| 216 | Malo | Ben non. Parce qu'on a pu la mettre à un endroit où il y ait pas trop de chaleur. |
| 217 | Enseignant | Où il y ait pas trop d'évaporation ? |
| 218 | Malo | Oui. |
| 219 | Enseignant | Oui. Effectivement la chaleur l'accentue mais l'évaporation elle va se faire dans n'importe quelle condition. Énora ? |
| 220 | Énora | Sinon tu peux mettre un couvercle. |
| 221 | Enseignant | Ah... Un couvercle sur quoi ? |
| 222 | Énora | Sur le seau où dedans il y a de l'eau que tu avais mis (mise). |
| 223 | Enseignant | D'accord. Oui. Mais comment je vais faire si j'ai ma plante dedans ? |
| 224 | Aude | Tu fais ça. |
| 225 | Enseignant | Ah... Ben sans ma plante je fais ça. Mais c'est normal là j'empêche l'évaporation. |
| 226 | Maxime | Oui. Ben... |
| 227 | Enseignant | Mais comment je fais alors par rapport à ma plante ? |
| 228 | Maxime | Tu la coupes. |
| 229 | Enseignant | Parce que la plante... Ben oui. Mais si je la coupe je vais plus savoir si c'est la plante qui a absorbé l'eau ou si l'eau elle s'est évaporée. |
| 230 | Malo | Oui. Mais c'est pas la même expérience. Tu peux en mettre aussi sur la terre. Mais il faut en mettre sur les feuilles pour savoir si c'est une feuille qui respire. Parce que s'il est sur les feuilles eh ben... |
| 231 | Enseignant | Ah... Les fleurs absorberaient l'eau aussi ? |
| 232 | Malo | Les feuilles. |
| 233 | Enseignant | Parce que là il nous a dit les racines ? |
| 234 | Malo | Mais j'ai dit les feuilles. |
| 235 | Enseignant | Oui. Ben justement. |
| 236 | Charley | Mais non. |
| 237 | Enseignant | L'eau absorbe les feuilles ? |
| 238 | Charley | Non. |
| 239 | Malo | Mais non. |
| 240 | Enseignant | Alors excuse-moi. |
| 241 | Malo | C'est (Ce sont) les feuilles qui absorbent mais c'est aussi possible comme ça. Par exemple mes plantes chez moi eh ben on a mis de l'eau dessus. Et puis sur la feuille eh ben une heure plus tard elle était plus là l'eau. |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 242 | Enseignant | Baptiste ? |
| 243 | Baptiste | Est-ce que c'était parce qu'elle s'était évaporée ? |
| 244 | Malo | On était en plein hiver. |
| 245 | Baptiste | Ben c'est possible qu'elle s'évapore ? |
| 246 | Malo | Oui. Mais en plus c'est pas possible que tout s'évapore. |
| 247 | Aude | Ben si. C'est possible. |
| 248 | Baptiste | Ben il suffit qu'elle coule. |
| 249 | Enseignant | Donc les garçons on est d'accord pour dire qu'on pense que ce sont les racines qui absorbent l'eau mais qu'avec une plante plantée dans de la terre on peut quand même avoir un doute sur le fait que l'eau ait été absorbée par la plante ou qu'elle se soit évaporée ? On est bien d'accord que là il y a un doute ? D'accord. Donc absorption par les racines. Point d'interrogation. Ce sera quelque chose à vérifier. D'accord. Une fois qu'elle a été absorbée cette eau... Imaginons que ce soient bien les racines. Où est-ce qu'elle va ? Vas-y. |
| 250 | Charley | Elle va dans des petits trucs qu'il y a à l'intérieur de la plante. |
| 251 | Enseignant | C'est quoi ces petits trucs à l'intérieur de la plante ? |
| 252 | Charley | Je sais pas. |
| 253 | Enseignant | Alexis ? |
| 254 | Alexis | Des petites veines. |
| 255 | Enseignant | Des petites veines. |
| 256 | Maxime | Non. Je suis pas d'accord. |
| 257 | Alexis | Des veines pleines d'eau... |
| 258 | Enseignant | Des veines pleines d'eau... |
| 259 | Alexis | ... qui circulent dans la plante. |
| 260 | Enseignant | Maxime ? |
| 261 | Maxime | Ben je suis pas d'accord. |
| 262 | Enseignant | Tu dirais quoi toi ? |
| 263 | Maxime | Ben moi je dirais qu'elle remonte. |
| 264 | Enseignant | Elle remonte comment ? |
| 265 | Maxime | Ben je sais pas. Elle remonte dans la tige. |
| 266 | Enseignant | Oui. Alors ça voudrait dire qu'elle... |
| 267 | Maxime | ... remonte dans la tige. Et puis elle va un peu partout, elle va dans les feuilles pour faire des... |
| 268 | Enseignant' | Pour faire quoi ? Maxime ? |
| 269 | Maxime | Pour faire des fleurs. |
| 270 | Enseignant' | D'accord. |
| 271 | Enseignant | D'accord. |
| 272 | Enseignant' | Tu as raison. Pour faire des fleurs. |
| 273 | Enseignant | Par exemple pour faire des fleurs. D'accord. Donc toi elle remonte dans |

| | | |
|-----|-------------|---|
| | | des tuyaux ? |
| 274 | Charley | Oui. |
| 275 | Enseignant | C'est ça ? |
| 276 | Charley | Oui. Parce que... |
| 277 | Enseignant | Toi tu disais c'est pas possible qu'elle remonte dans des tuyaux ? |
| 278 | Maxime | Oui. |
| 279 | Enseignant | OK. Oui. |
| 280 | Charley | Moi une fois avec mon père en fait en coupant une fleur il y avait plein de petits trucs. |
| 281 | Enseignant | Tu as eu l'impression d'avoir des fils ? |
| 282 | XXX | xxx. |
| 283 | Enseignant | On lève le doigt. Et tu as eu l'impression d'avoir des fils avec... Les fils on peut peut-être les laisser de côté pour l'instant. On les laisse de côté pour l'instant. On va revoir ça sur le dernier schéma. Donc... OK. Pour ça vous inquiétez pas. Pour savoir où l'eau va... Comment elle va aller on va revoir ça sur d'autres affiches. |
| 284 | Enseignant' | Peut-être juste la dernière chose ? |
| 285 | Enseignant | Ah oui. |
| 286 | Enseignant' | Avant de passer au second groupe. Alors les élèves ne sont pas là mais on peut peut-être discuter la question ? |
| 287 | Enseignant | Alors regardez. Alors normalement c'étaient à eux de nous en parler mais comme ils sont pas là on... Je vais vous dire ce que j'ai remarqué. On voit bien que la plante grandit et prend en masse. D'accord. Ça on le voit bien là. Vous avez vu. Quelle est la partie qui grandit ? |
| 288 | Baptiste | Le tronc. |
| 289 | Enseignant | Le tronc. La tige... |
| 290 | Dan | ... et les branches. |
| 291 | Enseignant | Oui. Si c'est un arbre on va dire le tronc et les branches. |
| 292 | Alexis | Le noyau. |
| 293 | Enseignant | Le noyau. C'est quoi le noyau ? |
| 294 | Alexis | Ben c'est leur cœur. |
| 295 | Enseignant | Le cœur ? |
| 296 | XXX | Ouh... |
| 297 | X | C'est la Terre qui a un noyau. |
| 298 | Enseignant | Non. Il y a pas de noyau et il y a pas de cœur. Quelle est la partie qui ne grandit pas, qui ne semble pas grandir ? |
| 299 | Dan | Les racines. |
| 300 | Enseignant | Les racines. Vous en pensez quoi de ça ? Maxime ? |
| 301 | Maxime | Pourtant ça grandit avec l'arbre. |
| 302 | Enseignant | Tu penses que ça grandit avec l'arbre. Pourquoi le penses-tu ? |

| | | |
|-----|-------------|--|
| 303 | Maxime | Ben par exemple nous on a déjà vu un arbre. Il est super grand et les racines eh ben elles sont encore très grandes. |
| 304 | Enseignant' | Oui. C'est ça et xxx la semaine dernière ? |
| 305 | Enseignant | La semaine dernière qu'est-ce que... Alexis ? |
| 306 | Alexis | Elles avaient grandi les racines. |
| 307 | Enseignant | Où ça ? |
| 308 | Alexis | Du plus grand. |
| 309 | Enseignant | Dans les trois petits arbustes que je vous avais amenés... |
| 310 | Maxime | ... il y avait une toute petite et une moyenne et une assez grande. |
| 311 | Enseignant | Donc plus l'arbre est grand, plus le système racinaire est... |
| 312 | XXX | ... grand. |
| 313 | Enseignant | ... grand. Gabriel ? |
| 314 | Gabriel | Nous on a... À la maison on avait un arbre plus gros que ça. |
| 315 | Enseignant | Oui. |
| 316 | Gabriel | Et il faisait peut-être deux mètres de hauteur voire plus. |
| 317 | Enseignant | Oh... Je pense plus que ça. Oui. Parce que deux mètres c'est un peu plus grand que moi. |
| 318 | Gabriel | Oui. Ben ça faisait peut-être... Il faisait à moitié quatre mètres. |
| 319 | Enseignant | D'accord. Donc il était grand. |
| 320 | Gabriel | Papa il a coupé tout le début et il reste plus que le tronc là. Et il a des racines tellement longues que les racines elles ont réussi à ressortir chez le voisin. |
| 321 | Maxime | Ah... C'est ce que j'ai dit. |
| 322 | Enseignant' | Donc la plante elle grandit par le... |
| 323 | XXX | ... haut... |
| 324 | Enseignant' | ... et sans doute aussi par le... |
| 325 | XXX | ... bas. |
| 326 | Enseignant' | Et qu'est-ce que c'est ? Est-ce que ça va là ce qui est là-bas sur l'affiche ? |
| 327 | Gabriel | Oui. |
| 328 | Enseignant' | Ah bon ? |
| 329 | XXX | Non. |
| 330 | Enseignant' | Gabriel regarde les racines. |
| 331 | Gabriel | Ah... Ben non. Ça va pas du tout. |
| 332 | Enseignant' | Ça va pas du tout. |
| 333 | Enseignant | Donc on est d'accord pour dire qu'une plante elle grandit à la fois dans sa partie aérienne et à la fois dans sa partie souterraine ? D'accord. Aude ? |
| 334 | Aude | Et maître des fois il y a des racines qui ressortent comme ça de sur l'arbre. |
| 335 | Marceau | Oui. |
| 336 | Enseignant | Oui. On peut... Il y a des racines qu'on peut voir plus que d'autres. Tout à fait. Qui vient sur celui-ci ? |

| | | |
|-----|------------|--|
| 337 | Tim | Maxime. |
| 338 | Enseignant | Maxime nous t'écoutes. Ah... Ben tu es déjà arrivée. Magnifique. Alors tu sais... Voilà. Tu vas te mettre là. On écoute Maxime. Et puis après si tu as des choses à rajouter... Alors Maxime nous t'écoutes. A-t-elle les mêmes besoins au niveau de votre schéma ? Ou est-ce que vous avez vu autre chose ? Ici de quoi a-t-elle besoin d'après vous ? |
| 339 | Maxime | Ben de la pluie. Ben de l'eau. |
| 340 | Enseignant | De l'eau. |
| 341 | Maxime | Du Soleil. |
| 342 | Enseignant | Ah... Vous vous rajoutez du Soleil. |
| 343 | Marceau | Oui. Nous on l'a mis aussi. |
| 344 | Enseignant | Pourquoi ? |
| 345 | Maxime | Ben... |
| 346 | Enseignant | À quoi il sert ? |
| 347 | Maxime | ... pour faire grandir aussi. |
| 348 | Enseignant | Le Soleil sert à faire grandir. Vas-y. |
| 349 | Maxime | Ben ça sert pour les feuilles aussi. Ben les fleurs je voulais dire. |
| 350 | Enseignant | D'accord. Alors on va laisser les fleurs de côté pour l'instant, on va rester... Tu te souviens on avait dit qu'une plante... La fleur c'est un épisode de la plante, c'est quelque chose qui s'en va et qui revient hein... Comme dirait Claude François. Donc du coup on va laisser les fleurs pour l'instant. Donc... Voilà. Tu sais pas plus. Louna sais-tu toi puisque tu... Vous avez la même chose avec le Soleil ? Est-ce que tu as une explication à donner toi ? À quoi sert le Soleil ? |
| 351 | Louna | Ben... On sait pas trop. |
| 352 | Enseignant | Donc tu sais qu'il y a besoin de Soleil mais tu sais pas pourquoi ? C'est ça ? |
| 353 | Louna | Oui. |
| 354 | Enseignant | Marceau ? |
| 355 | Marceau | Pour réchauffer la plante. |
| 356 | Enseignant | Pour réchauffer la plante. Mais moi je connais des plantes qui vivent dans des régions polaires. |
| 357 | Marceau | xxx. |
| 358 | Enseignant | Ah oui. Mais dans ce cas-là ça la réchauffe pas. |
| 359 | Marceau | Plus il y a de Soleil ben plus la plante elle grandit. |
| 360 | Enseignant | Donc ça veut dire que dans les régions polaires il n'y aurait que des petites plantes ? |
| 361 | XXX | Ben non. |
| 362 | Enseignant | Dans les régions très, très, très froides il y aurait que des petites plantes ? |
| 363 | Maxime | Mais maître c'est pareil, c'est un peu comme tout à l'heure. On disait qu'elles avaient moins besoin d'eau. Que là c'est l'inverse. Elle a moins besoin de Soleil. |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 364 | Enseignant | Ah... C'est-à-dire que par rapport au Soleil on aurait la même nuance qu'avec l'eau. Il y en a qui auraient peu besoin d'eau et d'autres beaucoup besoin d'eau. Il y en a qui auraient peu besoin de Soleil et d'autres beaucoup besoin de Soleil. Mais est-ce que c'est vraiment pour les réchauffer ? |
| 365 | Maxime | Je sais pas. |
| 366 | Louna | Je pense pas. |
| 367 | Enseignant | Charley ? |
| 368 | Charley | Non. |
| 369 | Enseignant | Tu penses pas. Lisa ? |
| 370 | Lisa | Ben en fait je pense plus... Enfin que la pluie... Ben comme tout le monde l'a fait (faite) elle aide à grandir mais le Soleil il... C'est pas pareil il... |
| 371 | Enseignant' | Lisa le Soleil tu dis c'est pas pareil. Est-ce qu'on peut dire que c'est un aliment ? |
| 372 | Lisa | Oui. Un peu. |
| 373 | Enseignant' | Oui. Un peu. |
| 374 | Lisa | Mais c'est pas comme l'eau. |
| 375 | Enseignant' | Donc pas vraiment si c'est... Oui. Un peu. |
| 376 | Lisa | Ou juste à peu près. |
| 377 | Enseignant' | C'est différent ? |
| 378 | Lisa | Oui. |
| 379 | Enseignant' | Ils sont donc différents. Donc tu as dit tout de suite l'eau de pluie ça aide. Attention. Ça aide seulement ou il en faut absolument ? |
| 380 | Lisa | Non. Il en faut. |
| 381 | Enseignant' | Ah oui. Donc... Parce qu'on dit ça aide. Il en faut plus ou moins mais il en faut hein... Ça aide pas seulement ? |
| 382 | Lisa | Oui. |
| 383 | Enseignant | Voilà. L'eau c'est absolument nécessaire. Et le Soleil est-ce qu'il est absolument nécessaire ? |
| 384 | XXX | Non. |
| 385 | X | Ben un peu. |
| 386 | Alexis | Non. Mais... |
| 387 | Enseignant | Une plante peut vivre en absence totale de Soleil ? |
| 388 | XXX | Oui. |
| 389 | XXX | Non. |
| 390 | Enseignant | Baptiste ? |
| 391 | Baptiste | Ben moi je dirais... Non. Mais... |
| 392 | Enseignant | Pourquoi ? |
| 393 | Baptiste | Ben ça le... |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 394 | Maxime | Elle a besoin d'air. |
| 395 | Baptiste | Parce que si tu laisses une plante dans le noir elle va jamais grandir, elle va mourir même si elle a de l'eau. Parce que là le Soleil xxx. En hiver comme ça sur des régions très, très froides je dirais pas qu'elle... Par exemple au pôle nord et au pôle sud je dirais pas qu'il y ait de plantes parce que c'est quelque chose... |
| 396 | Enseignant | D'accord. Alors on va revenir sur ce que tu disais au début. D'accord. |
| 397 | Baptiste | Oui. |
| 398 | Enseignant | Pour toi une plante dans le noir même avec de l'eau... |
| 399 | Baptiste | Oui. Elle est morte. |
| 400 | Enseignant | ... elle va mourir. Donc ça voudrait dire qu'elle a absolument besoin de Soleil. Malo tu en penses quoi de ça ? |
| 401 | Malo | Ben sinon il y aurait beaucoup... Il y a quand même des plantes au pôle nord. Mais sinon elles seraient... Si ça marchait ce qu'il dit Baptiste ben il y en aurait beaucoup qui seraient mortes. Parce que eh ben les plantes qui y sont elles meurent pas pendant la nuit polaire qui dure je crois six mois. |
| 402 | Enseignant | C'est ce qu'on a vu en sciences ça la nuit polaire au pôle nord qui dure six mois. Mais du coup tout à l'heure quand je parlais des plantes des régions froides je ne parlais pas forcément des plantes des pôles. Tu vois ce que je veux dire ? |
| 403 | Malo | Oui. |
| 404 | Enseignant | D'accord. Parce que je crois qu'on peut être clair. Sur les pôles c'est de la glace et il y a pas de plantes. |
| 405 | Malo | Il y en a quand même hein... J'ai déjà vu un documentaire et... |
| 406 | Enseignant | Sur les pôles ? |
| 407 | Enseignant' | Fermez la parenthèse. |
| 408 | Enseignant | D'accord. |
| 409 | Enseignant' | Malo ferme la parenthèse. On y reviendra. |
| 410 | Enseignant | Voilà. |
| 411 | Enseignant' | Parce que là... |
| 412 | Enseignant | Donc on revient sur notre... Donc on va oublier le pôle pour l'instant. On revient sur l'absence de lumière. |
| 413 | Lisa | Ben le Soleil en fait... Ça vient de me revenir... Le Soleil il sert aussi pour éclairer la plante comme Baptiste disait. |
| 414 | Enseignant | L'éclairer ? |
| 415 | Enseignant' | Tu veux dire que la plante a besoin de lumière ? C'est ça que tu veux dire ? |
| 416 | Lisa | Oui. Voilà. |
| 417 | Enseignant' | Donc ça c'est le Soleil souvent dans la nature. Mais est-ce que ça pourrait être autre chose ? |
| 418 | Lisa | Ben non. La lumière xxx. |
| 419 | Enseignant' | Ça marcherait aussi ? Charley ? |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 420 | Charley | Non. Ça marche pas. |
| 421 | Enseignant' | Pourquoi ? |
| 422 | Charley | Parce que... |
| 423 | Enseignant' | C'est pas la même ? |
| 424 | Charley | Oui. C'est pas la même. |
| 425 | Enseignant' | En es-tu sûr ? |
| 426 | Charley | La lumière du Soleil est beaucoup plus puissante que... |
| 427 | Enseignant' | Oui. Mais imagine qu'on ait une petite plante là. Et on a un spot au-dessus qui l'éclaire. |
| 428 | Charley | Ben c'est rien. |
| 429 | Enseignant' | C'est pas assez ? |
| 430 | Charley | Oui. C'est pas assez. |
| 431 | Lisa | Ben si. Et les plantes qu'on met dans une maison ? |
| 432 | Charley | Ben regarde là il y a pas de Soleil. Qu'est-ce qu'elle a là ? Elle grandit pas. Elle fait rien. |
| 433 | Enseignant | Elle a de la lumière ? |
| 434 | Lisa | Ben oui. |
| 435 | Maxime | Elle a beaucoup plus de lumière que si elle était dans le noir. |
| 436 | Enseignant | Alexis ? |
| 437 | Alexis | Ben parce que le Soleil c'est de l'énergie naturelle et là c'est pas de l'énergie naturelle. |
| 438 | Enseignant' | Et crois-tu que la plante elle fait la différence ? |
| 439 | Alexis | Oui. |
| 440 | Enseignant | Comment elle fait pour faire la différence ? |
| 441 | Alexis | Ben je crois que c'est... |
| 442 | Enseignant' | On investiguera. On reprendra après. |
| 443 | Enseignant | D'accord. Donc énergie. Donc Soleil. Elle a besoin de lumière et on a dit les lampes... Point d'interrogation. On a dit qu'il y en a qui pouvaient avoir besoin de quantités différentes de Soleil. Et si elles ont trop de Soleil qu'est-ce qu'il va se passer ? |
| 444 | Gabriel | Ben elles peuvent continuer à vivre. Comme au désert par exemple. |
| 445 | Enseignant | D'accord. Et si je prends les régions chaudes en Méditerranée par exemple ? |
| 446 | Baptiste | Eh ben elle cuit la plante. |
| 447 | Enseignant | Elle cuit ? Comme un œuf ? Ça veut dire quoi ? Elle... |
| 448 | Marceau | ... se fane. |
| 449 | Enseignant | Qu'est-ce qu'il se passe aux pelouses... Que de vos parents... L'été quand on a des journées très, très ensoleillées pendant des jours, des jours, des jours ? Papa et maman ils en pensent quoi de leur pelouse ? Lisa ? |
| 450 | Lisa | Ben ça grille. |

| | | |
|-----|------------|--|
| 451 | Enseignant | Ça grille. |
| 452 | XXX | xxx. |
| 453 | Enseignant | Elle jaunit. Donc elle brûle. Donc est-ce que trop de Soleil ne peut pas aussi être néfaste ? |
| 454 | Charley | Non. |
| 455 | Lisa | Ben si. |
| 456 | Charley | Elle va sécher sur elle. |
| 457 | Enseignant | Donc si ça sèche la plante, si elle est grillée la plante, si elle meurt... Est-ce que trop de Soleil peut être nuisible pour la plante ? |
| 458 | Charley | Oui. |
| 459 | Enseignant | D'accord. Donc trop de Soleil... Et il faut aussi qu'on voit sur absence / présence de Soleil. OK. Pour ça... Si on revient à l'eau à l'intérieur de la plante... L'eau là qu'est-ce qu'elle fait dans la plante ? |
| 460 | Baptiste | Elle monte pour aller jusqu'à la fleur. |
| 461 | Enseignant | Ben elle monte et... Elle est où là l'eau dans ton groupe ? Tu peux venir me montrer où est l'eau ? |
| 462 | Louna | Elle est là. |
| 463 | Enseignant | Elle est là. Ça veut dire que la tige elle s'est... Elle a fait quoi avec l'eau ? Elle s'est remplie ? |
| 464 | X | Ou sinon elle se noie. |
| 465 | Louna | Oui. |
| 466 | Enseignant | Oui. La tige s'est remplie d'eau. Oui. Mais si elle se remplit, remplit, remplit, remplit, remplit, remplit, remplit, remplit il risque de se passer quoi au bout d'un moment ? Baptiste ? |
| 467 | Baptiste | Ben elle va avoir trop d'eau. |
| 468 | Enseignant | Et donc qu'est-ce qu'il risque de lui arriver ? |
| 469 | Baptiste | Elle va se noyer. |
| 470 | Enseignant | Elle va se noyer ou elle... |
| 471 | Baptiste | ... va grossir ? |
| 472 | Enseignant | Première force. |
| 473 | Gabriel | ... va exploser ? |
| 474 | Louna | Mais non. Elle grandit sauf là-haut. Elle emmène là-haut. |
| 475 | X | Mais non. |
| 476 | Enseignant | Donc ça veut dire que quand elle se remplit d'eau, elle grandit au fur et à mesure ? Donc on la voit grandir à vue d'œil ? |
| 477 | Louna | Non. |
| 478 | Enseignant | Alors moi quand je bois de l'eau... J'ai très soif. Je bois une bouteille entière d'eau. Je bois beaucoup, beaucoup, beaucoup d'eau. |
| 479 | Énora | Tu vas avoir mal au ventre après. |
| 480 | Enseignant | À part avoir mal au ventre Énora est-ce que tu vas me voir grossir à vue d'œil ? |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 481 | Énora | Non. |
| 482 | Enseignant | Ah pourquoi ? Baptiste ? |
| 483 | Baptiste | Ça se voit pas. Enfin moi quand j'ai... |
| 484 | Enseignant | Oh... Ben si. Si j'ai bu beaucoup, beaucoup, beaucoup d'eau est-ce qu'à un moment je vais grossir, grossir, grossir jusqu'à éclater ? |
| 485 | XXX | Non. |
| 486 | Enseignant | Ben non. Qu'est-ce... Alors pourquoi ? Il se passe quoi dans mon corps à moi ? |
| 487 | Maxime | Parce que nous on la libère. Et puis en plus on peut la ressortir. |
| 488 | Enseignant | Comment ? |
| 489 | Charley | En faisant pipi. |
| 490 | Maxime | Ben en allant aux toilettes. |
| 491 | Enseignant | Donc l'eau que je bois elle ne sert qu'à fabriquer de l'urine ? |
| 492 | Maxime | Elle sert à s'hydrater. |
| 493 | Enseignant | Donc elle est nécessaire au corps ? |
| 494 | Maxime | Oui. |
| 495 | Enseignant | Donc est-ce que mon corps va en faire quelque chose de cette eau ? |
| 496 | Maxime | Ben oui. |
| 497 | Enseignant | Ou est-ce que je vais juste la rejeter en faisant pipi ? |
| 498 | Maxime | Ben non. Elle reste quand même. Il y en a qui reste dans ton corps. |
| 499 | Enseignant' | Maxime il y en a une partie qui sert... |
| 500 | Maxime | Voilà. |
| 501 | Charley | ... et il y en a une partie qui sert à rien. |
| 502 | Enseignant' | ... et il y en a une autre partie... |
| 503 | Maxime | ... qui peut servir à autre chose aussi. |
| 504 | Enseignant' | ... qu'on évacue ou pas ? Réponds à ma question. Il y en a une petite partie qui sert. Et le reste ? |
| 505 | Maxime | Ben il y en a qui peuvent (peut) resservir à quelque chose d'autre. |
| 506 | Lisa | Ben comme quoi ? |
| 507 | Maxime | xxx. Et l'autre... Ben ça par contre c'est... |
| 508 | Enseignant | Donc une partie sert et une partie est rejetée ? |
| 509 | Maxime | Un petit peu qui est rejeté. |
| 510 | Enseignant | Et là l'eau alors est-ce qu'elle peut servir à la plante aussi ? |
| 511 | Louna | Ben pour l'aider à grandir. |
| 512 | Enseignant | D'accord. |
| 513 | Enseignant' | Donc là ça sert pour la plante ? |
| 514 | Louna | Oui. |
| 515 | Enseignant' | Mais juste en se remplissant ? |
| 516 | Enseignant | En fait le fait de se remplir ça la pousse pour qu'elle grandisse ? C'est ça ? |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 517 | Louna | Oui. |
| 518 | Enseignant' | Et plus elle grandit, plus... Comme quelque chose d'élastique ? Plus les tissus s'écartent, s'écartent, s'écartent et elle se remplit d'eau ? |
| 519 | Louna | Ben pas tellement. Mais je sais pas trop. |
| 520 | Enseignant | Tu sais pas trop. |
| 521 | Enseignant' | Moi je me souviens qu'on avait parlé de canaux tout de suite dans l'autre groupe. C'étaient ceux-là je crois ? |
| 522 | Enseignant | Oui. |
| 523 | Enseignant' | Oui. |
| 524 | Enseignant | Canaux. Vaisseaux... |
| 525 | Enseignant' | Canaux. Vaisseaux... |
| 526 | Enseignant | ... ou veines. Je sais plus. |
| 527 | Enseignant' | Qui en avait parlé ? |
| 528 | Enseignant | C'est Alexis qui en a parlé. |
| 529 | Alexis | Des veines pleines d'eau. |
| 530 | Enseignant | Des veines pleines d'eau. |
| 531 | Enseignant' | Tu vois la différence Louna c'est que là c'est comme un récipient ce que tu nous as dessiné. Alors qu'Alexis lui il nous dit ben il y a peut-être un petit peu comme dans le corps humain, il y a peut-être des vaisseaux qui servent à conduire ce que la plante aurait absorbé. Tu vois ton idée et la sienne ? Tu vois c'est pas la même chose ? |
| 532 | Louna | Oui. |
| 533 | Enseignant' | Hein... |
| 534 | Alexis | Maître regarde. Ici il y en a souvent sur les feuilles des traits. |
| 535 | Enseignant | Les nervures ? |
| 536 | Alexis | Oui. |
| 537 | Enseignant | D'accord. Donc tu penses que les nervures qu'on voit sur les feuilles pourraient être ces canaux dont on parle et qui emmènent l'eau vers les feuilles ? |
| 538 | Alexis | Oui. |
| 539 | Enseignant' | Donc pour toi Alexis il y a comme un moyen de transport dans la plante ? |
| 540 | Alexis | Oui. |
| 541 | Charley | Oui. Comme nous. |
| 542 | Enseignant' | Tu fais la différence Louna ? |
| 543 | Louna | Oui. |
| 544 | Enseignant' | Là il y en a pas ici ? |
| 545 | Louna | Oui. |
| 546 | Enseignant' | Là c'est comme un vase. Là il y a un moyen de transport avec des canaux et des vaisseaux dans l'idée d'Alexis. C'est différent. |
| 547 | Enseignant | Oui. Lisa ? |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 548 | Lisa | Sur la première question qu'on avait fait (faite) eh ben on avait dit qu'il fallait du Soleil et puis de la pluie mais on avait pas parlé du temps en fait. |
| 549 | Enseignant' | Alors ça veut dire qu'il faut attendre aussi un peu ? |
| 550 | Lisa | Oui. |
| 551 | Enseignant' | Donc il y a le paramètre temps qui passe. C'est intéressant ça. |
| 552 | Enseignant | Ça veut dire que si on fait des expérimentations il faudra laisser du temps pour voir si ça fonctionne ? |
| 553 | Lisa | Oui. |
| 554 | Enseignant | Ça ne pourra pas être quelque chose... On fait l'expérience et on voit de suite ? |
| 555 | Lisa | Oui. |
| 556 | Enseignant | C'est ça ce que tu veux dire ? |
| 557 | Lisa | Oui. |
| 558 | Enseignant | Donc c'est quelque chose dont il faudra qu'on tienne compte dans nos expériences. Alors puisqu'on a parlé canaux pour transporter... Il me semble... Alors Gabriel on parlait canaux. Est-ce que tu veux bien commencer par là ? Et puis on va revenir là-dessus juste après. Et puis on va peut-être terminer sur les canaux. Vas-y. On t'écoute sur les canaux. |
| 559 | Gabriel | Ben il y a plein de petits vaisseaux ou canaux... |
| 560 | Enseignant | D'accord. |
| 561 | Gabriel | ... qui sont dans la plante... |
| 562 | Enseignant | Oui. |
| 563 | Gabriel | ... et... |
| 564 | Enseignant | Est-ce qu'il y a un endroit où... Peux-tu nous montrer exactement où ils sont dessinés sur ton dessin ? |
| 565 | X | Dans le tronc. |
| 566 | Enseignant | Tu peux en suivre avec ton doigt ? Donc un là, un là, un là. Est-ce qu'il y a un autre endroit où ils sont visibles sur ton dessin ? |
| 567 | Gabriel | Ben... |
| 568 | Enseignant | Peut-être là ? |
| 569 | Gabriel | Oui. Là c'est un peu à l'endroit où... |
| 570 | Enseignant | Est-ce que tu peux expliquer aux autres ce que c'est que ce dessin-là qui n'est pas forcément facile à comprendre quand on était pas dans le groupe ? |
| 571 | Gabriel | Ils y sont pas tous hein... Mais il y a plus de cinquante... |
| 572 | Enseignant | Non. Mais ça c'est quelle vue ? |
| 573 | Gabriel | Ça c'est la vue à l'intérieur du tronc. |
| 574 | Enseignant | Je vous explique pour que vous compreniez là. Là vous voyez les vaisseaux qui montent. Là ils ont coupé comme ça. Donc vous imaginez que je coupe. |

| | | |
|-----|-------------|--|
| 575 | X | Oh... |
| 576 | Enseignant | D'accord. Ils ont coupé et ils regardent l'intérieur. Donc ce que l'on voit là... |
| 577 | Gabriel | ... c'est tous les petits vaisseaux qui passent dans la plante ou les canaux. Et ils transportent tous les minéraux qu'il y a dans la terre. |
| 578 | Enseignant | Ah... Quelque chose de nouveau. Est-ce qu'on en a parlé jusqu'à présent ? |
| 579 | XXX | Non. |
| 580 | Enseignant | Jusqu'à présent que ça remonte ou pas là la plante elle avait besoin de quoi ? |
| 581 | Dan | D'eau. |
| 582 | Enseignant | D'eau. Ici elle avait besoin de quoi ? Aude ? |
| 583 | Aude | D'eau et de Soleil. |
| 584 | Enseignant | D'eau et de Soleil. Alors là du coup maintenant qu'on a bien vu les canaux je reviens ici. Elle aurait besoin de quoi cette plante ? |
| 585 | Gabriel | Les minéraux pour plantes. |
| 586 | Enseignant | C'est quoi ça les minéraux pour plantes ? |
| 587 | Gabriel | Ben c'est (ce sont) plein de sortes de minéraux qu'il y a dans la terre et que la plante a besoin pour se nourrir. |
| 588 | Enseignant | Donc... |
| 589 | Gabriel | Et ses racines elles peuvent en stocker en fait pour... |
| 590 | Enseignant' | Et Gabriel ce sont les racines qui absorbent les minéraux ? C'est ça que tu nous dis ? |
| 591 | Gabriel | Oui. |
| 592 | Enseignant' | Est-ce que directement la racine absorbe le minéral ? |
| 593 | Gabriel | Oui. Les minéraux ils... Ben... La racine elle aspire les... Comme s'il y avait une force magnétique qui forçait les minéraux à se diriger vers les racines. Après les minéraux ils vont dans la plante, ils passent par les racines. Après ils remontent dans l'arbre pour nourrir les racines, le tronc, les feuilles. |
| 594 | Enseignant' | Donc toutes les parties de la plante ? |
| 595 | Gabriel | Voilà. |
| 596 | Enseignant | Donc votre plante... Vous... Dans la terre elle ne prendrait pas que de l'eau ? Elle prendrait en plus des minéraux ? |
| 597 | Gabriel | Oui. |
| 598 | Enseignant | Pourquoi ? À quoi ça lui sert ? |
| 599 | Gabriel | Ben se nourrir. Ben pouvoir rester... Ben pour pas qu'elle soit tout le temps... Ben je sais pas comment le définir. |
| 600 | X | Grandir. |
| 601 | Enseignant | Dans son groupe ? Dan ? |
| 602 | Dan | Ben elle a besoin... Elle se nourrit pour grandir. |
| 603 | Malo | Ben oui. Gabriel c'est marqué dans la question. |

| | | |
|-----|-------------|--|
| 604 | Enseignant | Donc les minéraux sont de la nourriture ? |
| 605 | Maxime | Ce sont des vitamines plutôt. |
| 606 | Dan | C'est de la nutrition pour ces plantes. |
| 607 | Enseignant | Les minéraux servent de nutrition à la plante. Malo qui est du même groupe tu voulais dire ? |
| 608 | Malo | Ben en fait quand Gabriel il dit que ça lui sert à se nourrir... Mais ça lui sert aussi à grandir. À se nourrir plus pour grandir. |
| 609 | Enseignant | Baptiste ? |
| 610 | Baptiste | Parce que ça fait comme nous. Si on mange pas eh ben on va pas grossir... |
| 611 | Enseignant | ... et on va pas... |
| 612 | Baptiste | ... grandir. |
| 613 | Enseignant | D'accord. Donc en fait les minéraux pour la plante ce serait la même chose que la nourriture que nous on ingurgite ? |
| 614 | Malo | Presque. |
| 615 | Enseignant | D'accord. |
| 616 | Enseignant' | On peut peut-être juste... Par rapport à la terre vous nous dites que la plante prélève des minéraux dans la terre ? |
| 617 | Malo | Oui. |
| 618 | Enseignant' | Est-ce qu'elle prélève également de la terre elle-même ? |
| 619 | Dan | Non. |
| 620 | Enseignant' | Baptiste ? |
| 621 | Baptiste | Ben la terre elle est trop grosse. Enfin... |
| 622 | Enseignant' | Donc il y aurait un problème de taille. Maxime ? |
| 623 | Maxime | Moi c'est ça que je comprends pas. La terre elle va... Ben elle est... Ils disent qu'elle va manger ça mais elle va pas trier avec la terre. Comment elle va faire ? Si... |
| 624 | Enseignant' | Alors il y avait une hypothèse avec la force magnétique de Gabriel. On peut peut-être imaginer que la plante sait ou ne sait pas faire le tri. Baptiste se disait c'est trop gros. Il y a un problème de taille pour la terre. Gabriel ? |
| 625 | Gabriel | Les minéraux c'est comme microscopique. |
| 626 | Enseignant' | C'est tout petit ? |
| 627 | Gabriel | Oui. C'est vraiment petit, petit, petit alors que la terre c'est assez épais par... |
| 628 | Enseignant' | Donc on l'a bien compris il y aurait Maxime un problème de taille apparemment. Malo ? |
| 629 | Malo | Comme pareil dans les poumons ça veut dire qu'il y a... En fait l'azote elle (il) est trop grosse (gros) pour passer dans... Ben... |
| 630 | Enseignant' | C'est quoi l'azote ? |
| 631 | Malo | Ben... |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 632 | Enseignant' | Parce qu'on parlait des minéraux tout de suite. Toi tu nous parles d'azote. |
| 633 | Malo | Parce que dans l'air... Dans notre... |
| 634 | Enseignant' | Mais on est dans la terre là. Malo ? |
| 635 | Malo | Non. Là je sais mais la terre elle... Ça fait comme si les racines c'étaient comme les... Nos... Tes... Ben c'est encore... En fait comme dans nos poumons ça veut dire que par exemple au lieu que ce soit de l'azote et de l'oxygène ils mettent la terre et les minéraux. En fait ça... Les minéraux sont beaucoup plus petits que la terre comme ça ils peuvent passer dans les trous alors que l'azote est plus grosse (gros). |
| 636 | Enseignant' | Donc on en revient toujours au problème de la taille. La taille des minéraux fait qu'ils peuvent être absorbés selon vous. Je résume hein... |
| 637 | Malo | Oui. |
| 638 | Enseignant' | C'est ça ? |
| 639 | Malo | Oui. |
| 640 | Enseignant' | Là j'ai une plante là-bas qui est plantée dans un pot. Est-ce que le niveau de la terre il diminue ? |
| 641 | XXX | Non. |
| 642 | Enseignant' | Même en attendant très longtemps ça diminue... |
| 643 | Baptiste | ... pas. |
| 644 | Malo | ... pas. |
| 645 | Enseignant' | ... pas. Donc est-ce que d'après toi Maxime la plante absorbe de la terre ? |
| 646 | Maxime | Non. |
| 647 | Enseignant' | Si elle en absorbait qu'est-ce qu'on constaterait ? |
| 648 | Maxime | Ben il y aurait plus de terre déjà. |
| 649 | Enseignant' | Donc au bout d'un moment il y en aurait plus. Donc on peut supposer... |
| 650 | Maxime | ... qu'elle absorbe pas déjà et elle peut pas prendre de la terre. |
| 651 | Enseignant' | Donc tout le monde est d'accord pour s'arrêter sur cette idée-là ? |
| 652 | XXX | Oui. |
| 653 | Enseignant' | Donc ce sont bien des choses qui sont présentes dans la terre que la plante absorberait. On est là-dessus hein... C'est ça ? |
| 654 | XXX | Oui. |
| 655 | Enseignant' | En résumant. Oui. D'accord. |
| 656 | Enseignant | Du coup les minéraux... Donc vous me dites que la plante va les trouver dans la terre. Est-ce que nous on pourrait apporter quelque chose qui se trouverait dans une substance et qui permettrait qu'à la plante de se développer et de grandir ? |
| 657 | Baptiste | J'ai pas vraiment compris. |
| 658 | Enseignant | Tu as pas vraiment compris. Qu'est-ce que nous les Hommes on peut... Qu'est-ce qu'on pourrait ajouter à la plante pour l'aider à grandir ? |
| 659 | Dan | De l'engrais. |
| 660 | Enseignant | Des engrais. Alors la plante dans ce cas-là elle... Les engrais est-ce que |

| | | |
|-----|-------------|--|
| | | c'est une aide ou est-ce que c'est absolument nécessaire ? Je parle pas de l'engrais en lui-même. Je parle de ce qu'il y a dans l'engrais. Qu'on soit bien d'accord ? Je vous parle pas de prendre la bouteille et de mettre l'engrais mais bien des substances qui sont dans l'engrais. Est-ce qu'elles sont absolument nécessaires ou est-ce qu'elles ne font qu'aider ? |
| 661 | Tim | C'est une aide. |
| 662 | Enseignant | Ça veut dire quoi ? |
| 663 | Tim | Ben elles aident la plante à grandir. |
| 664 | Malo | Comme le maïs. |
| 665 | Enseignant | Dan ? |
| 666 | Dan | C'est pas nécessaire parce que ça peut aussi grandir tout seul. Mais ça va prendre beaucoup plus de temps. |
| 667 | Enseignant | Donc ça veut dire que les engrais ne feraient qu'accélérer... |
| 668 | Dan | ... le processus. |
| 669 | Enseignant | ... le processus. |
| 670 | Malo | Oui. Par exemple eh ben chez les agriculteurs bio (biologiques) ils mettent pas d'engrais. Pourtant leurs plantes elles poussent. |
| 671 | X | Ben si. |
| 672 | Enseignant' | Et est-ce qu'ils mettent pas autre chose justement les agriculteurs bio (biologiques) ? Malo ? |
| 673 | Malo | Ben ils mettent du purin, du fumier. Mais pas de produits chimiques. |
| 674 | Enseignant' | Oui. Et au final ça jouerait un peu le même rôle d'après toi ? |
| 675 | Malo | Oui. |
| 676 | Enseignant' | Et pourquoi les agriculteurs biologiques ils préfèrent utiliser ça plutôt que ce qu'on appelle nous les engrais d'après toi ? Alexis on écoute Malo parce que c'est intéressant. |
| 677 | Malo | Parce qu'après les plantes eh ben elles pousseront sauf qu'elles seront chimiques. Alors qu'avec les... Ce qu'utilisent les agriculteurs bio (biologiques) elles seront pas chimiques. |
| 678 | Enseignant' | Et c'est quoi le mieux ? C'est que ça soit chimique ou pas chimique ? |
| 679 | Malo | Pas chimique. |
| 680 | Enseignant' | Pas chimique. |
| 681 | Malo | Parce qu'après ça... Des fois ça peut tuer la plante. |
| 682 | Enseignant' | Ça peut tuer la plante. Et seulement la plante ? |
| 683 | Malo | Non. Ça peut aussi tuer les... Des animaux qui sont sous la terre. |
| 684 | Enseignant' | Donc d'une façon générale les engrais qui sont chimiques comme tu dis ça abîme quoi ? |
| 685 | Malo | Ben la nature. |
| 686 | Enseignant' | La nature dans sa globalité ? |
| 687 | Malo | Oui. |
| 688 | Enseignant' | Bon. Ben on a dit beaucoup de choses là déjà par rapport à ça. On peut... |

| | | |
|-----|-------------|---|
| | | On va résumer au... |
| 689 | Enseignant | Donc ça veut dire qu'on aurait des engrais chimiques... |
| 690 | Énora | ... et des engrais pas chimiques. |
| 691 | Enseignant | ... et des engrais non chimiques. Tu disais quoi comme engrais non chimiques ? |
| 692 | Malo | Le purin, le fumier. |
| 693 | Enseignant | D'accord. Est-ce qu'ils sont tous aussi efficaces les uns que les autres ? |
| 694 | Baptiste | Oui. |
| 695 | Enseignant | Oui. Ils vont avoir la même efficacité ? |
| 696 | Baptiste | Non. |
| 697 | XXX | Non. |
| 698 | Enseignant | Non. Alors lesquels seraient les plus efficaces ? Les chimiques ou les non chimiques ? |
| 699 | Baptiste | Oh... Alors là... |
| 700 | Enseignant | Tu ne sais pas. D'accord. Mais c'est aussi une réponse hein... |
| 701 | Aude | Les non chimiques. |
| 702 | Enseignant | Tu penses que les non chimiques sont plus efficaces ? |
| 703 | Baptiste | Ah non. |
| 704 | Gabriel | Ceux qui poussent le plus vite. |
| 705 | Enseignant | Pourquoi ils seraient plus efficaces ? |
| 706 | Aude | Ben parce que déjà c'est bio (biologique). |
| 707 | Enseignant | Donc si c'est bio (biologique) ce serait plus efficace. Vous en pensez quoi les autres ? Baptiste ? |
| 708 | Baptiste | Ben non. Parce que quand c'est chimique souvent si tu regardes des légumes chimiques et des légumes non chimiques eh ben les légumes chimiques ils vont être beaucoup plus gros que ceux qui sont pas chimiques. |
| 709 | X | Oui. |
| 710 | Enseignant | D'accord. Donc ça voudrait dire que les chimiques seraient plus efficaces ? |
| 711 | XXX | Oui. |
| 712 | Enseignant' | Mais Baptiste on peut redire. Mais alors pourquoi donc les agriculteurs biologiques n'utilisent pas les engrais chimiques ? On comprend bien. On a des légumes un peu moins gros comme tu dis. Mais pourquoi malgré tout ces gens-là préfèrent utiliser des engrais comme du fumier, du purin et cetera ? On l'a déjà dit. Baptiste ? |
| 713 | Baptiste | Ben parce que... Comment dire ? Ils sont... |
| 714 | Enseignant' | Malo aide Baptiste. |
| 715 | Malo | Elles peuvent mourir les plantes. |
| 716 | Baptiste | Oui. Et puis ça peut tuer les animaux qui sont dans le sol. |
| 717 | Enseignant' | Donc parce que... |

| | | |
|-----|-------------|--|
| 718 | Malo | ... ça dévaste la nature. |
| 719 | Enseignant' | Ça préserverait donc la nature ? |
| 720 | Malo | Oui. Mais aussi que des fois ça peut empoisonner les animaux. |
| 721 | Enseignant | Donc ceux-là seraient polluants. Est-ce que plus je mets de l'engrais, plus elle va pousser ? |
| 722 | XXX | Non. |
| 723 | Enseignant | Ah... |
| 724 | Charley | Plus elle va mourir. |
| 725 | Enseignant | Tu penses qu'au bout d'un moment elle va mourir ? |
| 726 | Charley | Oui. |
| 727 | Enseignant | Pourquoi ? |
| 728 | Dan | Faut en mettre. |
| 729 | Charley | Parce qu'à un moment plus on en met plus elle va mourir parce qu'elle va pas beaucoup... Faut pas beaucoup en mettre. |
| 730 | Enseignant' | Mais Charley avant ça, avant d'arriver à des quantités énormes. |
| 731 | Charley | Oui. |
| 732 | Enseignant' | Tu vois si j'en mets un petit peu plus, un petit peu plus, un petit peu plus... |
| 733 | Charley | Oui. |
| 734 | Enseignant' | Est-ce que ça va faire qu'elle va grandir de plus en plus vite ? Sans arriver à des quantités énormes qui... C'est vrai que... |
| 735 | Charley | Ben oui. |
| 736 | Enseignant' | Donc au début ça marche ? C'est ça que tu veux dire ? |
| 737 | Charley | Oui. |
| 738 | Enseignant' | Plus j'en mets plus elle grandit vite ? C'est ça ? |
| 739 | Charley | Oui. Mais elle grandit pas tout de suite, elle grandit... |
| 740 | Enseignant' | Oui. Bien sûr. Comme le disait Lisa il faut attendre un peu. |
| 741 | Charley | Oui. |
| 742 | Enseignant' | Mais si on en met vraiment, vraiment trop ? |
| 743 | Charley | Ben elle va mourir. Elle en a trop. |
| 744 | Enseignant | D'accord. Maxime ? |
| 745 | Maxime | Ça fait quoi à la plante si elle en a trop ? |
| 746 | Enseignant' | Eh ben il te dit que... C'est ça que tu disais ? Charley ? |
| 747 | Charley | Oui. |
| 748 | Maxime | Oui. Mais ça lui fait... Ça va rien lui faire ? |
| 749 | Enseignant' | Ben là pour l'instant on ne sait pas. Mais Charley te dit si on en met vraiment, vraiment trop d'après lui la plante meurt. On a pas l'explication. C'est une opinion. |
| 750 | Maxime | Oui. Mais du coup quand tu mets une plante que tu avais par exemple dans un petit pot et... Par exemple si tu la mets dehors ben ça... Elle va |

| | | |
|-----|-------------|---|
| | | mourir. |
| 751 | Enseignant' | Cette plante-là si je la mets dehors elle va mourir ? Si je la replante dehors elle va mourir ? |
| 752 | Maxime | Ben c'est ce qu'il dit. |
| 753 | Enseignant' | Ah non. Maxime c'est pas du tout ce qu'il a raconté Charley là. |
| 754 | Malo | Ben en fait ce qu'il dit Charley c'est pas vrai parce que quand tu rajoutes de l'engrais eh ben... Ça va pas parce que la plante elle prend toujours ce qu'elle a besoin. Ça veut dire que l'autre engrais elle le laissera. Mais ça veut dire que si elle prend toujours ce qu'elle a besoin eh ben elle augmentera pas son processus de... Pour grandir. |
| 755 | Enseignant' | De croissance ? |
| 756 | Malo | Oui. |
| 757 | Enseignant' | On va garder cet avis-là sous le coude. |
| 758 | Enseignant | D'accord. Alors dans ce groupe-là il y a quelque chose qui était... Il y a un élément qui était présent sur la production de Baptiste et qui a disparu de l'affiche. Alors ça j'aimerais y revenir. Au départ dans ce groupe-là vous avez parlé de l'oxygène. Baptiste dans sa production avait mis que dans les éléments nécessaires on avait l'eau, on avait les minéraux, on avait le Soleil. Je reprends tout ce que ce groupe-là a dit hein... Parce que les autres n'ont peut-être pas vu mais il y a bien l'eau, il y a bien les minéraux, il y a le Soleil et l'oxygène avait été rajouté. Qu'en pensez-vous ? Je vous rappelle que l'oxygène on le trouve dans quoi ? On a fait la respiration. L'oxygène on le trouve dans... |
| 759 | XXX | ... l'air. |
| 760 | Enseignant | On le trouve Baptiste dans... |
| 761 | Baptiste | ... l'air. |
| 762 | Enseignant | ... l'air. Alors la plante elle en a besoin ou elle en a pas besoin ? |
| 763 | XXX | Elle en a pas besoin. |
| 764 | Dan | Elle a besoin. |
| 765 | Enseignant | Charley ? |
| 766 | Charley | Elle en a besoin. |
| 767 | Enseignant | Elle en a besoin. Alors pourquoi est-ce que ça a disparu ? Puisqu'on vous a demandé leurs besoins pourquoi ça a disparu ? Malo ? |
| 768 | Malo | Ben elle a pas besoin d'oxygène, elle a besoin d'azote comme les arbres. Ben par exemple eh ben xxx. Ça fait longtemps mais il disait que les arbres c'étaient comme les principaux (principaux) producteurs d'oxygène. En fait ils prenaient l'azote et ils la (le) transformaient en oxygène. |
| 769 | Enseignant' | Donc par rapport à Baptiste qui avait... Baptiste disait la plante a besoin... Elle absorbe de l'oxygène. Et toi tu dis ce n'est pas ça elle en rejette ? C'est ça ? |
| 770 | Malo | Ben... |
| 771 | Enseignant' | Non. Mais je résume. Malo ? |
| 772 | Malo | Elle prend de l'azote... |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 773 | Enseignant' | Oui. J'ai entendu. Malo ? |
| 774 | Malo | ... et elle rejette de l'oxygène. |
| 775 | Enseignant' | Donc tu dis le contraire de Baptiste par rapport au cas de l'oxygène ? C'est ça ? |
| 776 | Malo | Oui. |
| 777 | Enseignant | Est-ce que c'est pour ça que vous l'avez enlevé de votre production ? C'est parce que vous n'étiez pas d'accord ? |
| 778 | Malo | Ben c'est parce que si c'est pour... En fait elle prend tout ce qu'elle a besoin dans l'azote et comme l'azote eh ben elle a tous les trucs qu'il faut pour faire de l'oxygène sauf qu'elle a plus de choses qui empêchent de faire de l'oxygène. Donc en fait là la plante elle prend tous les trucs qui empêchent de faire de l'oxygène et elle rejette de l'oxygène. |
| 779 | Enseignant | D'accord. Et toi Baptiste ton oxygène ? |
| 780 | Baptiste | Moi j'avais pensé qu'elle prenait un peu d'oxygène pour en refaire encore. |
| 781 | Enseignant | Elle prenait l'oxygène pour en refaire ? |
| 782 | Baptiste | Oui. Pour en refaire encore plus. |
| 783 | Enseignant | D'accord. Comme une sorte de modèle ? |
| 784 | Baptiste | Oui. Voilà. |
| 785 | Enseignant' | Et juste... Par rapport... Tu nous parles donc d'azote. Elle l'absorbe à quel endroit la plante ? |
| 786 | Malo | Ben je sais pas trop. |
| 787 | Enseignant' | L'azote dont tu parles il est où ? Dans l'atmosphère ou dans la terre ? |
| 788 | Malo | Dans l'air. |
| 789 | Enseignant' | Dans l'air. Donc d'après toi s'il est dans l'air la plante elle le prélève comment ? |
| 790 | Malo | Ben par ses xxx. |
| 791 | Enseignant' | Et donc ses parties aériennes. |
| 792 | Enseignant | Donc... |
| 793 | Malo | ... ben ses feuilles, ses tiges. |
| 794 | Enseignant | D'accord. Donc les parties vertes. |
| 795 | Enseignant' | Donc c'est une hypothèse. |
| 796 | Enseignant | D'accord. Et toi Baptiste ton oxygène elle le prendrait à quel niveau ? |
| 797 | Baptiste | Pareil. Les feuilles. |
| 798 | Enseignant | Les parties vertes ? |
| 799 | Baptiste | Oui. |
| 800 | Enseignant | D'accord. |
| 801 | Enseignant' | Et tout ça... Vous me parlez d'azote, d'oxygène. C'est du solide tout ça ? |
| 802 | Enseignant | C'est quoi ? |
| 803 | Malo | Ben c'est dans l'air donc... |
| 804 | Enseignant' | Donc... |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 805 | Malo | ... si je fais ça et si c'était du solide eh ben ma main elle s'arrêterait. |
| 806 | Enseignant' | Alors tu me dis c'est pas du solide ? |
| 807 | Malo | Oui. |
| 808 | Enseignant' | Alors c'est quoi si c'est pas du solide ? |
| 809 | Malo | Ben c'est... |
| 810 | Enseignant | ... du liquide ? |
| 811 | Malo | Ben c'est comme la vapeur à peu près. |
| 812 | Enseignant | Donc... |
| 813 | Enseignant' | C'est quoi ça la vapeur ? |
| 814 | Malo | Du gaz. |
| 815 | Enseignant | Ah... |
| 816 | Enseignant' | Et est-ce qu'un gaz ça peut être un aliment ? |
| 817 | Malo | Ben... |
| 818 | Enseignant' | Parce qu'on a dit dès le départ hein... La plante pour grandir elle a besoin... |
| 819 | Malo | ... d'aliments. |
| 820 | Enseignant' | ... d'aliments qu'elle prend dans son environnement. Alors est-ce qu'un gaz ça peut être un aliment ? |
| 821 | Malo | Ben oui. |
| 822 | Enseignant | D'accord. Donc ici nouvelle chose après les engrais, après tous les minéraux qu'on va prendre dans la terre il y aurait peut-être des choses prises au niveau de l'air, au niveau des gaz qui sont dans l'air qui entoure la plante. Azote et oxygène. |
| 823 | Enseignant' | Ce qui est intéressant là quand même c'est de se dire que ben peut-être que la plante ne prend pas tout dans la terre. Donc vous saisissez bien là tous. |
| 824 | XXX | Oui. |
| 825 | Enseignant' | On est pas sûrs hein... On sait pas. Mais vous voyez ça ouvre un peu quand même notre réflexion là. |
| 826 | Enseignant | Donc comme on l'a dit au début la plante est un être vivant qui à ce titre a besoin de s'alimenter. Elle a des besoins pour grandir, pour grossir, pour prendre de la masse. D'accord. Et donc tout ce dont elle a besoin, elle le prend où la plante ? |
| 827 | Baptiste | Dans la terre... |
| 828 | Enseignant | Dans la terre... |
| 829 | Baptiste | ... et dans l'air. |
| 830 | Enseignant | C'est-à-dire dans son environ-... |
| 831 | XXX | ... -nement. |
| 832 | Enseignant | Environnement. Très bien. Donc elle prend tout dans son environnement. Donc cette matière elle peut venir de la terre, elle peut venir de l'air qui est autour et elle... Donc ça veut dire que la plante elle va prendre des |

| | | |
|-----|-------------|---|
| | | choses à quel(s) niveau(x) ? Elle va absorber des choses au niveau de ses... |
| 833 | Malo | ... racines. |
| 834 | Enseignant | ... racines. Certainement. D'accord. Comme l'eau. Peut-être comme les minéraux. À voir. Et peut-être qu'elle prend des choses aussi au niveau de ses... |
| 835 | XXX | ... feuilles. |
| 836 | Enseignant | ... feuilles. D'accord. Et tout ça une fois qu'elle l'a pris qu'est-ce qu'elle en fait ? |
| 837 | Malo | Ben elle s'alimente. |
| 838 | Enseignant' | Elle s'alimente mais... |
| 839 | Maxime | Elle en met un peu partout. |
| 840 | Enseignant | Elle en met un peu partout. Elle en donne à toutes ses parties. Et dans ce cas-là on va dire qu'elle le... |
| 841 | XXX | ... distribue. |
| 842 | Enseignant | Aude ? |
| 843 | Aude | ... distribue. |
| 844 | Enseignant | ... distribue. Donc ça voudrait dire qu'elle le distribue. Et par quel(s) intermédiaire(s) elle le distribue ? |
| 845 | Enseignant' | Grâce à quoi ? |
| 846 | Enseignant | Grâce à quoi ? |
| 847 | Malo | Grâce à ses veines. Et dans ses veines il y a de la sève. C'est un peu comme notre sang mais en fait... C'est un peu le sang des arbres la sève. |
| 848 | Enseignant | D'accord. |
| 849 | Malo | C'est ce qui sert en fait... Si par exemple... Si xxx. On peut dire que c'est comme un camion qui transporte les minéraux. |
| 850 | Enseignant' | Un camion ou une route ? |
| 851 | Malo | Une route plutôt. |
| 852 | Enseignant | Une route. Baptiste tu voulais dire ? |
| 853 | Baptiste | Non. Rien. |
| 854 | Enseignant | Rien. Et est-ce que ça pourrait être cette sève dont on a parlé tout à l'heure quand on a dit que quand on coupait une plante on voyait des choses dégouliner ? Quelque chose qui sortait ? |
| 855 | Gabriel | Le mélange de tous les minéraux. |
| 856 | Enseignant | Alors est-ce que c'est... Au départ vous aviez l'hypothèse que c'était de l'eau. |
| 857 | Tim | C'est de la sève. |
| 858 | Enseignant | Mais est-ce que c'est de l'eau ou est-ce que c'est de la sève ? |
| 859 | XXX | La sève. |
| 860 | Enseignant | Ah... Ça pourrait être la sève qui sert à tout transporter. |
| 861 | Enseignant' | Dans la classe qui a déjà entendu parler de la sève ? (pour ainsi dire, tous |

| | | |
|-----|-------------|---|
| | | les bras se lèvent) Donc l'hypothèse de Malo vous paraît convaincante ? |
| 862 | XXX | Oui. |
| 863 | Enseignant | D'accord. |
| 864 | Enseignant' | Ça vous surprend pas trop finalement ? |
| 865 | XXX | Non. |
| 866 | Gabriel | La sève c'est un mélange de l'eau que l'arbre va emmagasiner avec tous les minéraux qu'il peut trouver dans la terre et qu'il absorbe. |
| 867 | Enseignant' | Donc si on devait donner une définition de cette sève-là ce serait eau plus... |
| 868 | Gabriel | ... minéraux. |
| 869 | Enseignant' | D'accord. Mais dans tout ça là... Donc on a bien compris. Ça monte. Ça va un peu dans toutes les parties de la plante. C'est ça pour l'instant de tout ce que j'ai compris moi. Est-ce que tout ça ça se transforme ? Je veux dire par là moi quand je mange, je m'alimente ? |
| 870 | Malo | Oui. |
| 871 | Enseignant' | Est-ce que les aliments ils se transforment au cours de la digestion ? |
| 872 | Baptiste | Ils se transforment en chyme, en... |
| 873 | Enseignant' | Alors on refait pas toute l'histoire de la digestion. Mais est-ce qu'il y a des transformations ? Est-ce que les aliments sont transformés ? |
| 874 | Malo | Oui. |
| 875 | Baptiste | Oui. |
| 876 | Enseignant' | Et là d'après tout ce qu'on a fait, là tout de suite, là est-ce que les aliments de la plante ils se transforment ? D'après tout ce qu'on a dit pour l'instant est-ce qu'on a évoqué ça ? |
| 877 | XXX | Non. |
| 878 | Gabriel | Ben si. Avec le mélange de l'eau et des minéraux. |
| 879 | Enseignant | Un mélange c'est pas une transformation. |
| 880 | Enseignant' | C'est pas une transformation ça. Pour l'instant est-ce qu'il y a eu des transformations dans tout ce qu'on a dit ? |
| 881 | XXX | Non. |
| 882 | Enseignant | Est-ce que quelqu'un a parlé de transformations ? Non. |
| 883 | X | Croissance. |
| 884 | Enseignant' | Malo ? |
| 885 | Malo | Mais pour savoir s'il y a des transformations faudrait déjà savoir s'il y a des organes. |
| 886 | Enseignant' | Ben Malo les feuilles, les tiges, les racines. C'est quoi ? |
| 887 | Charley | C'est connu ça. |
| 888 | Malo | Oui. Mais des choses... Par exemple quelque chose qui produit de la sève, quelque chose qui ressemble un peu à notre estomac ou des choses comme ça. |
| 889 | Enseignant' | Qu'est-ce qu'il faudrait faire pour savoir ça ? |

| | | |
|-----|------------|---|
| 890 | X | Ben couper la plante. |
| 891 | Maxime | Ben faire... |
| 892 | Enseignant | Baptiste ? |
| 893 | Baptiste | Couper une plante. |
| 894 | Enseignant | L'ouvrir ? |
| 895 | Baptiste | L'ouvrir. |
| 896 | Enseignant | D'accord. Donc hypothèse à vérifier. |
| 897 | Gabriel | Ben maître moi mon papa il y a pas longtemps il a coupé un tronc comme ça à la hache et à l'intérieur il y avait que des petits traits qui... |
| 898 | Enseignant | Alors moi... Puisqu'il va falloir qu'on fasse plein d'expériences pour voir tout ça on va... Moi je vais vous remettre de l'ordre dans l'affiche parce que là on a dit tellement de choses que mon affiche elle est un peu partie dans tous les sens. Donc on va remettre de l'ordre dans l'affiche et puis on pourra... On regardera ce qu'on testera comme expériences. D'accord. |

Annexe 6-7

Nom :

Prénom :

Une expérience à interpréter

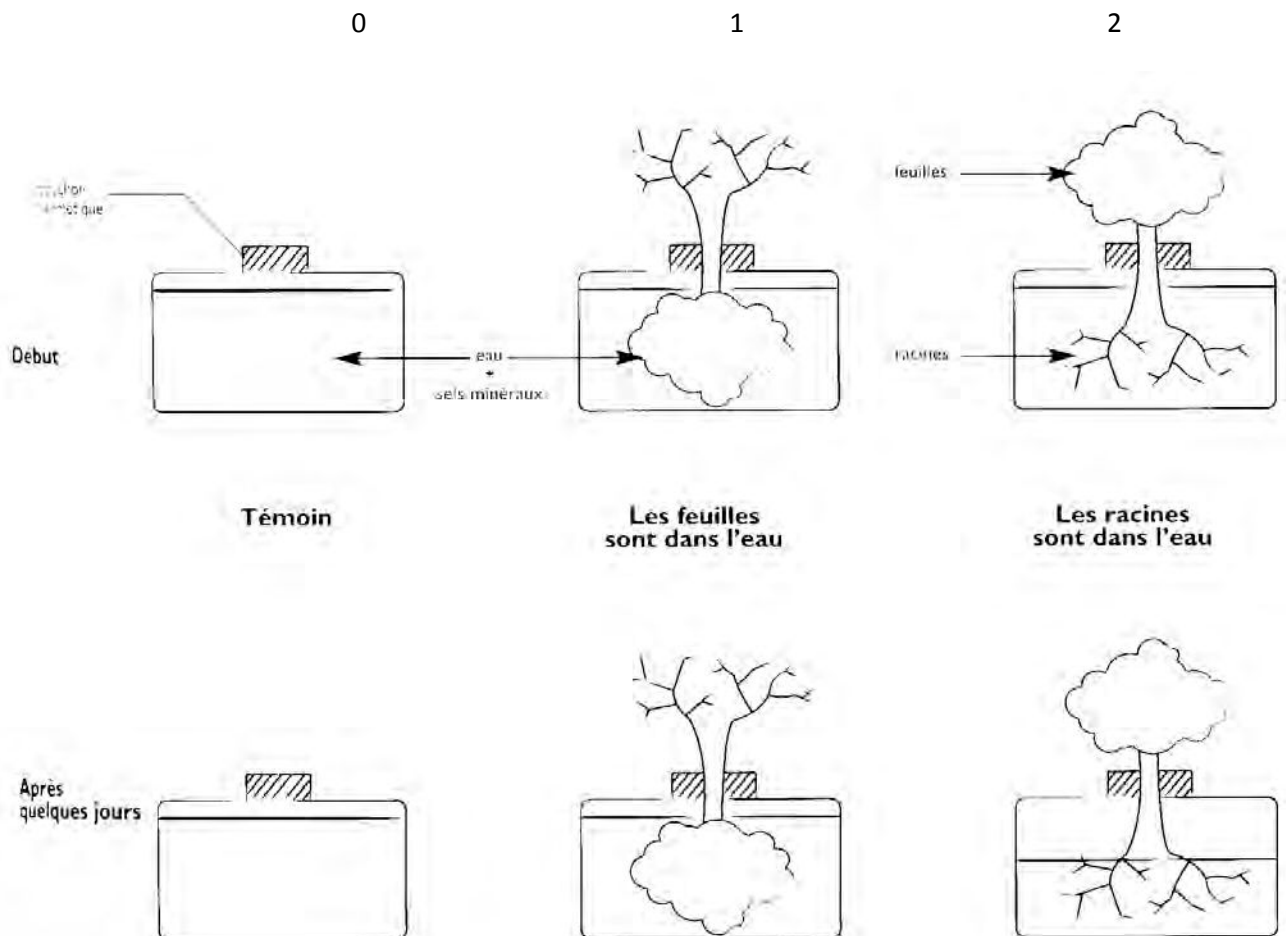
Deux jeunes plantes en pleine croissance sont baignées dans une solution nutritive.

En 0, se trouve le témoin de l'expérience : il ne comporte pas de plante.

En 1, les feuilles de la plante baignent dans la solution nutritive : après quelques jours, la masse de la plante n'a pas augmenté.

En 2, les racines de la plante baignent dans la solution nutritive : après quelques jours, la masse de la plante a augmenté.

Schématisation de l'expérience



En observant l'expérience 2 schématisée ci-dessus, réponds aux questions suivantes :

1. **De la terre a-t-elle été apportée à la plante ? La terre, en elle-même, est-elle donc nécessaire à la croissance de la plante ?**

.....
.....
.....

2. **Qu'a-t-il été apporté à la plante ?**

.....
.....
.....

En comparant les expériences 1 et 2 schématisées ci-dessus, réponds aux questions suivantes :

1. **Explique, pour les expériences 1 et 2, ce qui permet de les différencier au début de l'expérience.**

.....
.....
.....

2. **Observe, pour les expériences 1 et 2, le niveau de la solution nutritive au début de l'expérience et après quelques jours. Que remarques-tu ?**

.....
.....
.....

3. **Quel est donc l'organe de la plante qui permet l'absorption de la solution nutritive ?**

.....
.....
.....

Annexe 6-8

ENGRAIS CE. Solution N.P.K. 6. 5. 6 avec oligo-éléments. 6% d'azote (N) total dont : 2,2% d'azote (N) nitrique; 1,2% d'azote (N) ammoniacal; 2,6% d'azote (N) uréique. 5% d'anhydride phosphorique (P_2O_5) soluble dans l'eau. 6% d'oxyde de potassium (K_2O) soluble dans l'eau. 1% d'oxyde de magnésium (MgO) soluble dans l'eau.

Oligo-éléments solubles dans l'eau : 0,016% Bore (B); 0,003% Cuivre (Cu); 0,030% Fer (Fe) chélaté par DTPA; 0,025% Manganèse (Mn); 0,001% Molybdène (Mo); 0,0125% Zinc (Zn). Engrais contenant des oligo-éléments; à n'utiliser qu'en cas de besoin reconnu. Ne pas dépasser la dose appropriée. Ne pas stocker en dessous de 5°C.

Bâtonnets nutritifs PLANTES VERTES

Les bâtonnets nutritifs Plantes vertes KB contiennent les 3 éléments fertilisants indispensables à une nutrition équilibrée des plantes (Azote, Phosphore et Potassium) et des oligo-éléments pour entretenir leur bonne santé.

- **L'Azote (N)** permet la croissance et donne un feuillage coloré.
- **Le Phosphore (P)** favorise l'enracinement et la floraison.
- **Le Potassium (K)** améliore la couleur des fleurs et accroît la résistance aux parasites et aux intempéries.

Ainsi, les bâtonnets KB vous permettront d'obtenir de magnifiques plantes vertes au feuillage plus résistant, coloré et abondant.

Les bâtonnets KB sont pré-dosés. Ils agissent immédiatement et dans la durée : dès le premier arrosage, les éléments nutritifs sont libérés dans la terre pour nourrir la plante progressivement pendant 8 semaines.

Annexe 6-9

Nom :

Prénom :

PREMIER TEMPS

Composition en minéraux de différentes eaux (en mg/l d'eau)

| | Eau du robinet | Eau minérale | Eau de pluie |
|---|----------------|--------------|--------------|
| Calcium (Ca) | 90 | 76,6 | - |
| Magnésium (Mg) | 6 | 24,7 | - |
| Sodium (Na) | 10 | 5,5 | - |
| Potassium (K) | 2 | 1,1 | - |
| Bicarbonate(s) ⁹² (HCO ₃ ⁻) | 220 | 352 | - |
| Sulfate(s) (SO ₄ ²⁻) | 30 | 11,3 | - |
| Chlorure(s) (Cl ⁻) | 20 | 3,6 | - |
| Nitrate(s) (NO ₃ ⁻) | 29 | 2,7 | - |
| Fluor (F) | 0,17 | - | - |

Composition minérale d'un sol de jardin (en mg/kg de sol)

| | |
|--|-----|
| Calcium (Ca) | 157 |
| Magnésium (Mg) | 80 |
| Nitrate(s) (NO ₃ ⁻) | 15 |
| Potassium (K) | 149 |
| Phosphore (P) | 55 |

Une expérience à interpréter

Deux jeunes plants de maïs identiques ont été placés dans des pots contenant :

Pot A : eau de pluie ;

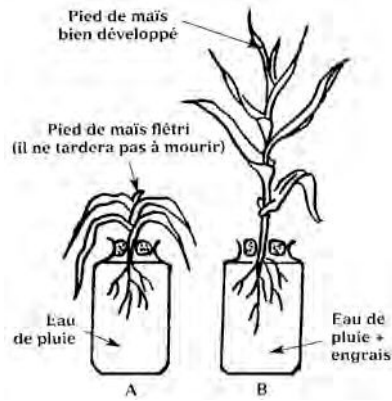
Pot B : eau de pluie + engrais.

⁹² Ou hydrogénocarbonate(s).

On rappellera que l'eau de pluie ne contient pas de minéraux, contrairement à l'engrais.

Les deux pots ont été placés dans les mêmes conditions.

La figure ci-dessous présente l'état des pieds de maïs quatre semaines plus tard.



1. Quelles observations peut-on faire ?

Pot A :

.....
.....

Pot B :

.....
.....

2. Quelle conclusion peut-on tirer de cette expérience ?

.....
.....
.....
.....

SECOND TEMPS

LA VIE CACHEE DU SOL

Le sol est le milieu le plus peuplé et le plus actif de la forêt, du champ ou de la prairie.

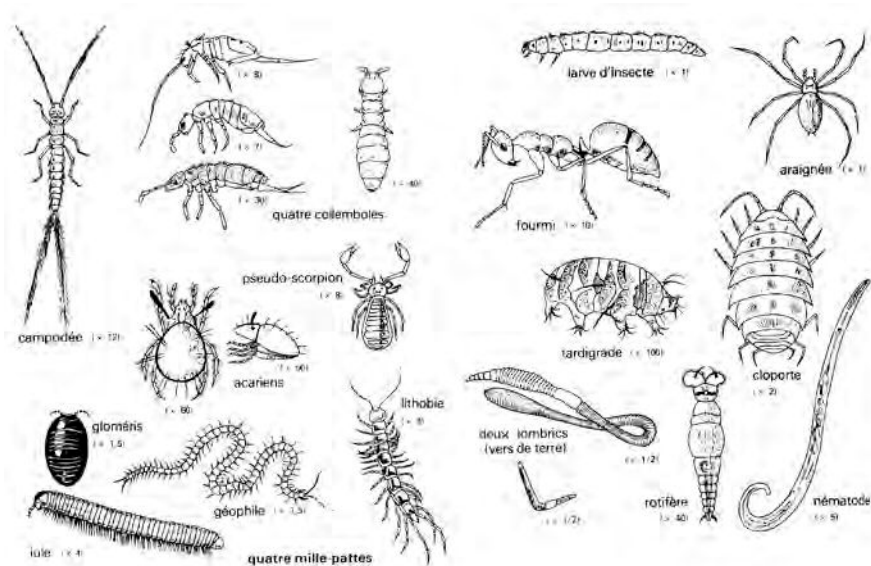
« Il y a plus d'organismes vivants dans un hectare de sol forestier que d'humains sur l'ensemble du globe. Seuls sont peuplés les trois à cinq mètres supérieurs du sol, avec une concentration maximale dans les trente centimètres superficiels. Un gramme de sol peut abriter jusqu'à trois milliards de micro-organismes. Parmi ces derniers, le nombre des bactéries dépasse l'imagination : dix millions de milliards par gramme de sol.

Un hectare de forêt renferme près de 600 kilogrammes de vers de terre, avec un effectif approchant la population de Marseille. Les vers de terre d'un hectare de forêt sont capables de transporter 1 000 tonnes de terre par an.

Il y a encore toute une infinité de petits êtres qui brassent, labourent, digèrent, désintègrent. »

D'après Bernard FISCHESSE. « La vie de la forêt ». 1970.

Quelques animaux décomposeurs.



COMMENT LES PLANTES SE NOURRISENT-ELLES ?

Les engrais ne sont pas des médicaments pour les plantes, mais des aliments.

Dans une forêt, les décomposeurs (dont certains sont représentés ci-dessus) se nourrissent des feuilles mortes, des cadavres des animaux, de leurs excréments... et les transforment en sels minéraux. Ces derniers sont ainsi constamment renouvelés dans le sol. En revanche, dans un champ cultivé, le sol perd, à chaque récolte, une partie de ses sels minéraux. On les lui restitue en mettant des engrais. Voici par exemple la composition de l'un d'eux : 7 % d'azote – 7 % d'acide phosphorique – 5 % de potasse.

Qu'est-ce que la culture biologique ?

L'utilisation massive d'engrais chimiques peut, à n'en pas douter, devenir dangereuse pour la santé des sols, des plantes et des hommes. C'est ainsi que l'on retrouve parfois dans l'eau des puits l'excès d'engrais mis dans les champs voisins. Certains agriculteurs pratiquent alors l'agriculture biologique : ils n'utilisent que des engrais naturels (fumier, compost, roches pulvérisées, algues desséchées...) et refusent l'emploi de désherbants et d'insecticides. Faut-il donc employer des engrais chimiques, ou faire de la culture biologique ? La solution n'est-elle pas d'utiliser les engrais avec mesure, et pour ne rendre aux sols que la quantité de sels minéraux emportée par les cultures antérieures ?

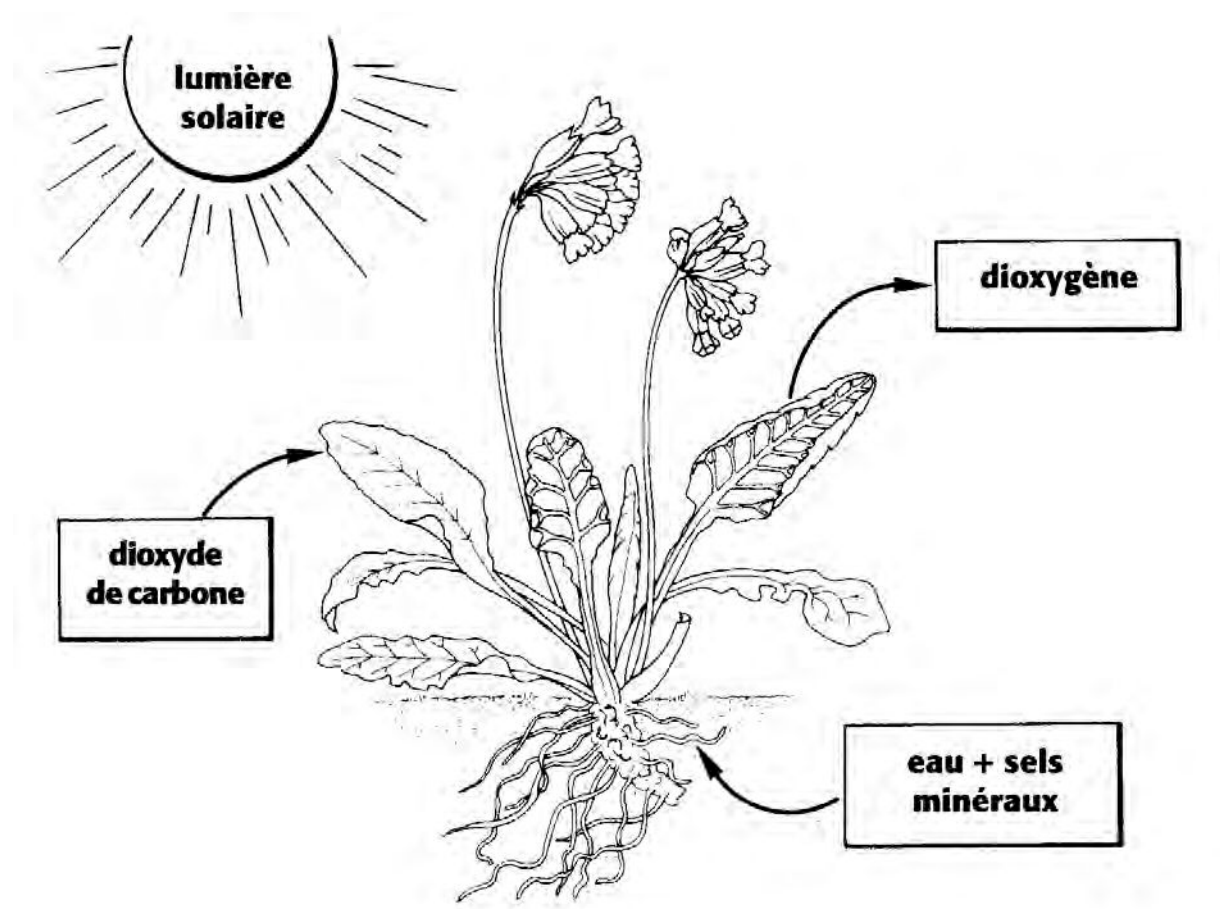
Annexe 6-10

Nom :

Prénom :

LES FEUILLES DES PLANTES VERTES SONT DES
USINES

Un aliment invisible est puisé dans l'air



Pour se nourrir, les plantes chlorophylliennes puisent :

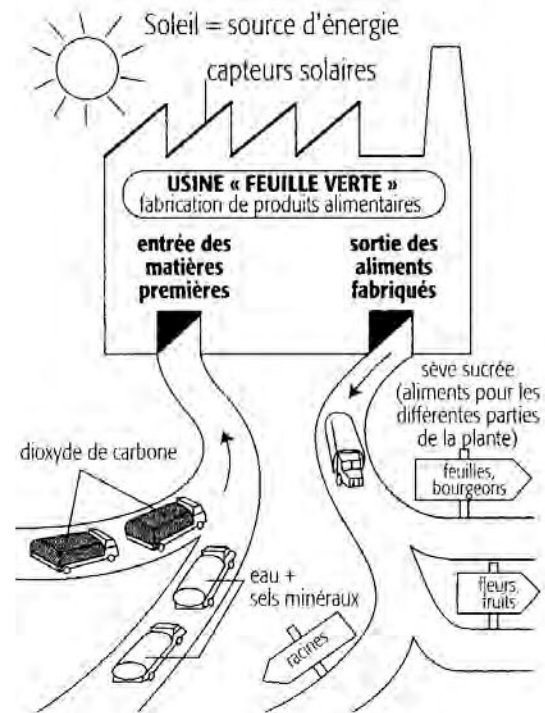
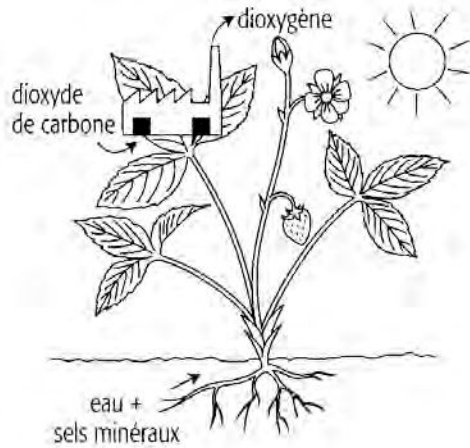
dans le sol, par leurs racines...

.....

dans l'air, par leurs feuilles...

.....

Le fonctionnement de l'usine "feuille verte"



1. On compare souvent les feuilles à des usines. Regarde ces dessins et explique.

.....

.....

2. Où le fraisier puise-t-il ses aliments ? Comment la fraise fait-elle pour grossir ?

.....

.....

3. Pourquoi cette usine fonctionne-t-elle le jour et non la nuit ?

.....

.....

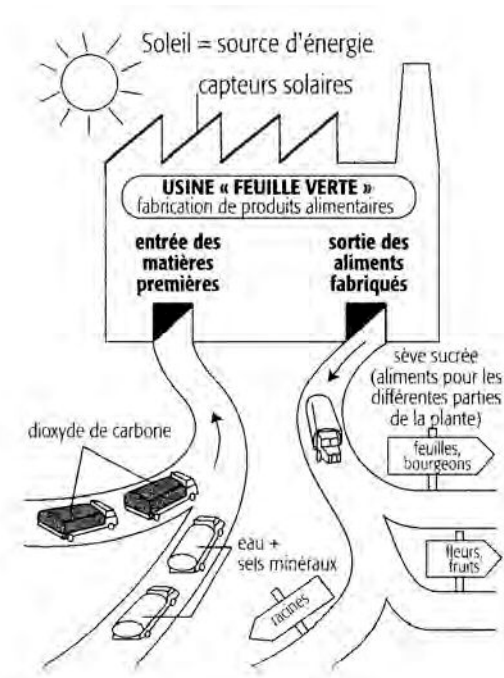
Annexe 6-11

Nom :

Prénom :

LES FEUILLES DES PLANTES VERTES SONT DES USINES

Le fonctionnement de l'usine "feuille verte"



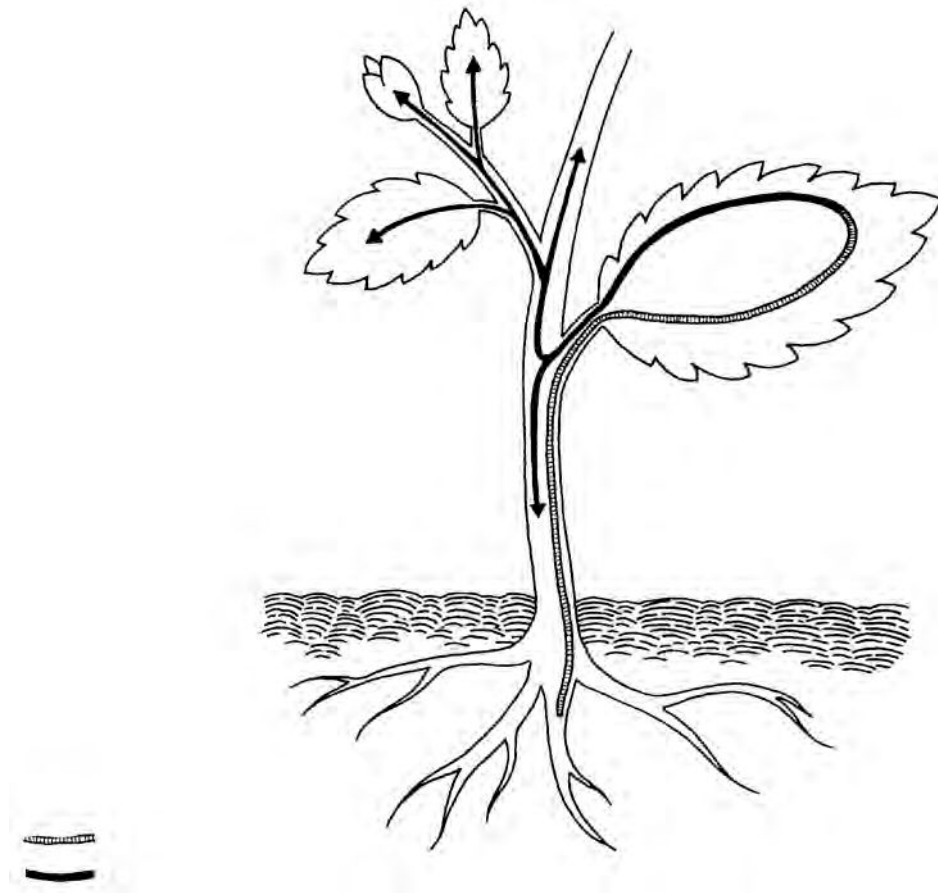
1. Associe les mots ou groupes de mots.

| | | | |
|--|---|---|--------------------|
| soleil | • | • | aliments fabriqués |
| sève sucrée | • | • | capteurs solaires |
| dioxyde de carbone/eau + sels minéraux | • | • | matières premières |
| chlorophylle | • | • | source d'énergie |

2. Quel est donc le rôle de la chlorophylle ?

.....

Synthèse



La sève brute se dirige vers les feuilles de la plante verte : l'ascension se fait par aspiration⁹³.

La sève élaborée se dirige vers toutes les parties de la plante verte (racines, tiges, feuilles...).

Les feuilles de la plante verte absorbent le dioxyde de carbone qui se trouve dans l'air.

Les racines de la plante verte absorbent l'eau et les sels minéraux qui se trouvent dans la terre.

Sève brute (montante).

Sève élaborée (montante & descendante).

Sous l'action de la lumière, la sève brute se transforme en sève élaborée : elle va nourrir la plante verte ; c'est la fonction chlorophyllienne ou photosynthèse.

⁹³ Lorsque les feuilles de la plante verte transpirent.

COMMENT LA PLANTE GRANDIT-ELLE ?

Les plantes vertes sont des êtres vivants et, comme tous les êtres vivants, elles ont besoin d'aliments.

On sait que les animaux et les hommes se nourrissent en mangeant des végétaux ou des animaux, c'est-à-dire d'autres êtres vivants.

La nutrition des plantes vertes est très nettement différente. Ces plantes se nourrissent en absorbant :

de l'**eau** et des **sels minéraux** par leurs *racines* ;

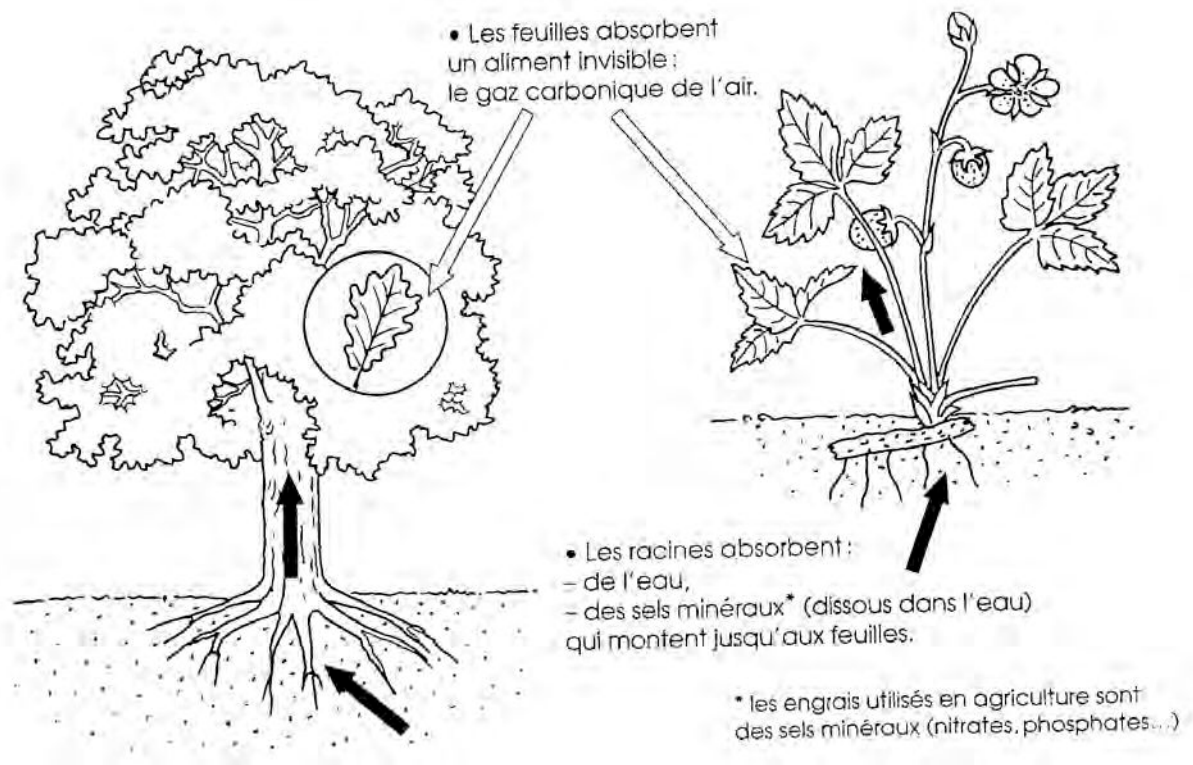
du **dioxyde de carbone** par leurs *feuilles*.

Avec ces trois aliments, elles fabriquent leur matière vivante.

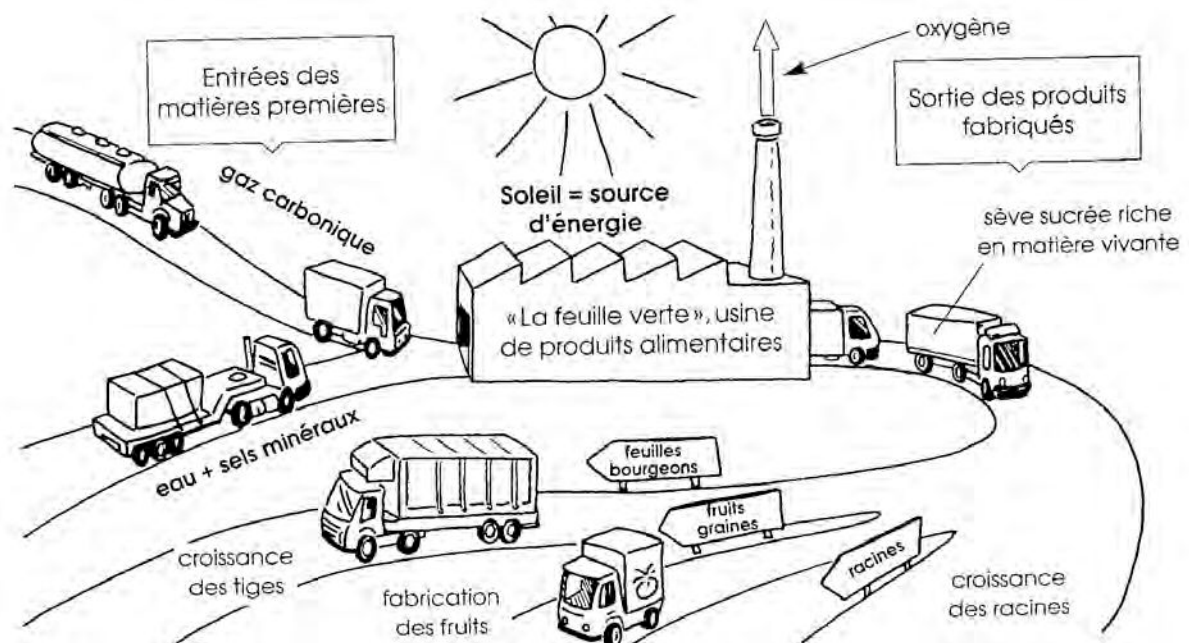
La **lumière** est nécessaire à cette fabrication ; elle fournit l'énergie. La **chlorophylle** joue le rôle de capteur solaire.

Mots-clés : plante verte, chlorophylle, sels minéraux, engrais, lumière.

Que mangent les plantes chlorophylliennes ?



Les feuilles "vertes" sont des usines qui fabriquent de la matière vivante.



Annexe 6-12

Annexe 7-1

PROJET D'ENSEIGNEMENT

THÈME D'ÉTUDE

La reproduction végétale.

OBJET D'ÉTUDE

La reproduction sexuée des angiospermes.

OBSTACLE

La représentation de la fleur, du fruit & de la graine, comme une succession d'états, non liés les uns aux autres, si ce n'est de façon temporelle (conception vitaliste).

PROBLÈME

Accéder au sens biologique de la fleur, du fruit & de la graine, quand ces concepts sont, dans la vie quotidienne, emprunts de non-sens comme d'inexactitudes scientifiques (sens commun).

COMPÉTENCE

DIMENSION PRODUCTIVE : OBJECTIF DE PRESTATION

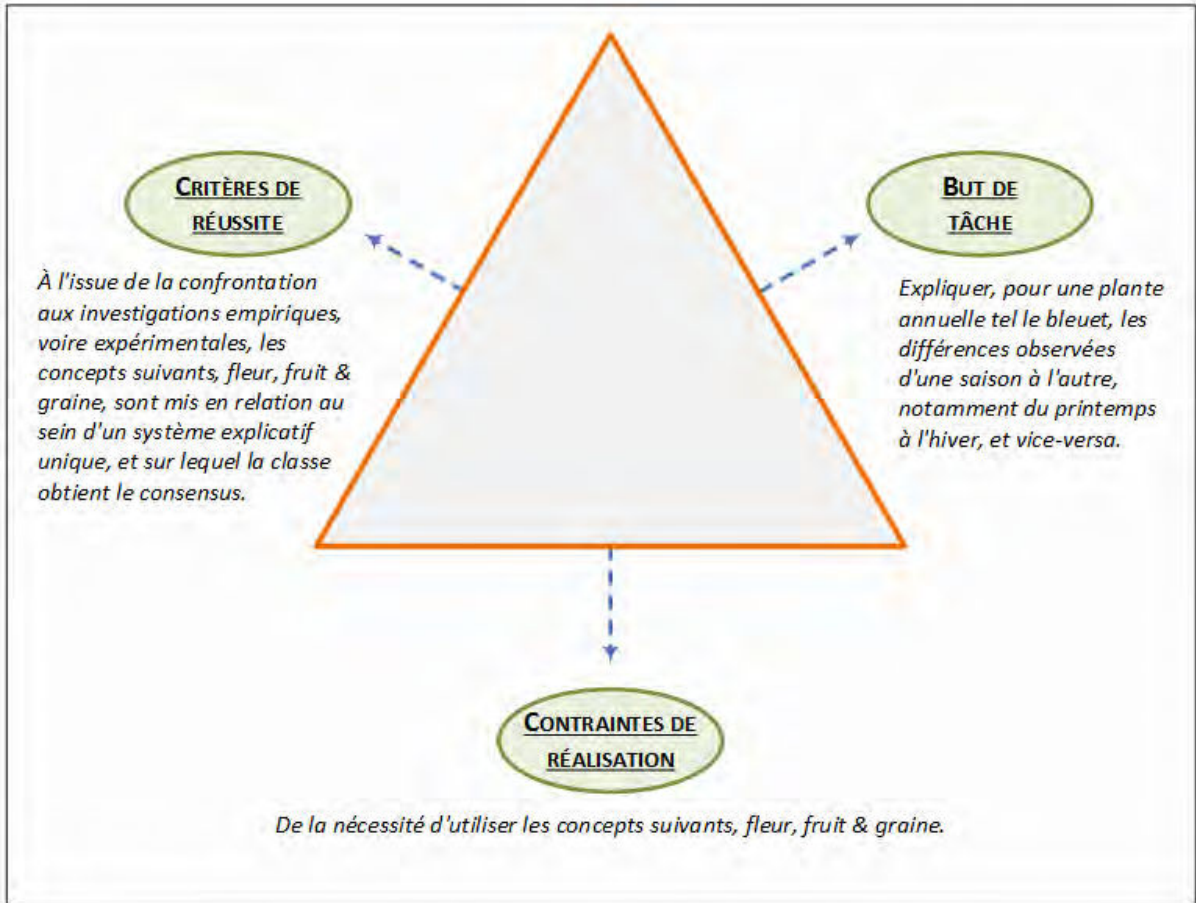
Être capable de réaliser le cycle (simplifié) de développement / vie chez les angiospermes, lequel pourrait être formulé ainsi : la fleur que porte la plante, par le jeu de ses organes mâles et femelle, se transforme, au cours de la reproduction, en un fruit au sein duquel se trouve une graine, laquelle, une fois libérée et passée la germination, donne naissance à un nouvel individu, unique en son genre.

DIMENSION CONSTRUCTIVE : OBJECTIF DE TRANSFORMATION

Passer de représentations prototypiques et juxtaposées de la fleur, du fruit & de la graine, à une mise en relation –conceptuelle– de ces mêmes concepts.

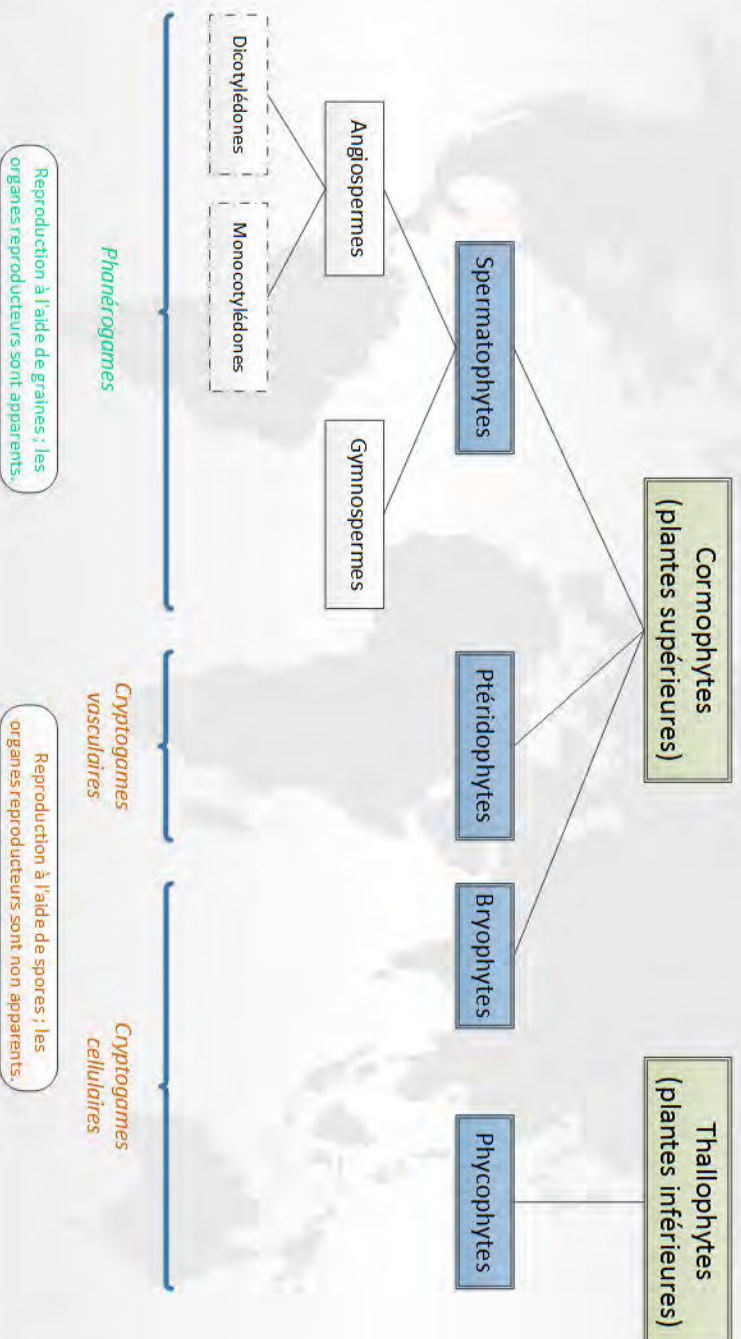
CONTENUS D'ENSEIGNEMENT

Mettre en relation la morphologie de la fleur avec celle du fruit.
Mettre en relation la succession fleur \Rightarrow fruit \Rightarrow graine avec l'invariance qui la caractérise.
Mettre en relation le passage de la fleur au fruit –et des conditions qui y amènent– avec la reproduction sexuée.



Annexe 7-2

Classification des végétaux



Nota bene : à la différence des cryptogames cellulaires, les cryptogames vasculaires, ainsi que les phanérogames, sont pourvus d'un système vasculaire.

Annexe 7-3

LE CONCEPT DE REPRODUCTION VEGETALE, ET DEVELOPPEMENT

Précisons d'emblée la nature des végétaux ici concernés, à savoir les **angiospermes**⁹⁴, et qui se différencient essentiellement des **gymnospermes**⁹⁵ de par la présence d'un *ovaire*, à l'origine de la naissance du **fruit**. Aussi, de telles plantes ont-elles recours, et selon les espèces, à deux grands modes de reproduction, et que sont les reproductions *asexuée* et *sexuée*, cette dernière nécessitant alors l'étude approfondie de trois concepts intrinsèquement reliés : la **fleur**, le **fruit** et la **graine**.

1. La reproduction sexuée

1.1. La fleur

La **fleur**, qui ne représente rien d'autre que l'appareil *reproducteur*⁹⁶ de la plante à fleurs, se compose de **verticilles** de différentes natures⁹⁷, à savoir et comme suit :

Des **verticilles protecteurs**⁹⁸, avec à la fois le *calice* (formé par l'ensemble des *sépales*, libres ou soudés entre eux) et la *corolle* (formée par l'ensemble des *pétales*, libres ou soudés entre eux) ;

Des **verticilles reproducteurs**⁹⁹, avec à la fois l'*androcée* (formé par l'ensemble des *étamines*¹⁰⁰) et le *gynécée*¹⁰¹ (formé par l'ensemble des *carpelles*¹⁰²).

Nota bene : le *calice* et la *corolle* forment le **péricorolle**.

Bien que n'existant pas de fleur à proprement parler typique¹⁰³, il nous est malgré tout possible d'en distinguer deux grands types, et comme suit :

Les fleurs *bisexuées*¹⁰⁴, et qui possèdent à la fois l'*androcée* et le *gynécée* (fleur **hermaphrodite**) ;

Les fleurs *unisexuées*¹⁰⁵, et qui ne possèdent que l'*androcée* (fleur *mâle* ou **staminée**) ou le *gynécée* (fleur *femelle* ou **pistillée**). Dans ce cas, les fleurs mâles et les fleurs femelles sont portées

⁹⁴ Ou plantes à fleurs (et donc à graines) & à fruits.

⁹⁵ Ou plantes à fleurs (et donc à graines).

⁹⁶ Et qui s'oppose à l'appareil *végétatif* (racines, tiges, feuilles).

⁹⁷ Et qui ne sont d'ailleurs pas tous systématiquement présents ; si tel est le cas, on parle de fleurs *incomplètes* et, *a contrario*, de fleurs *complètes*.

⁹⁸ Il s'agit là de pièces florales *stériles*.

⁹⁹ Il s'agit là de pièces florales *fertiles*.

¹⁰⁰ Lesquelles se composent de deux parties : le *filet* et l'*anthère* (= **microsporophylle**).

¹⁰¹ On parle également de **pistil**, lequel peut être *inséré* sur le réceptacle floral, ou bien *enfoncé* dans le réceptacle floral.

¹⁰² Lesquelles se composent de trois parties : l'*ovaire* (= **macrosporophylle**), le *style* et le *stigmate*.

¹⁰³ Tant il est observé de variations au niveau des **verticilles protecteurs** et *reproducteurs*.

¹⁰⁴ On parle également de fleurs *parfaites*.

¹⁰⁵ On parle également de fleurs *imparfaites*.

par un même pied, et l'on parle d'espèces *monoïques* (exemple : Noisetier), ou par des pieds différents, et l'on parle d'espèces *dioïques* (exemple : Peuplier).

Nota bene : peuvent également être distinguées, au regard de la symétrie florale, les fleurs *régulières*, ou **actinomorphes**, et qui sont symétriques par rapport à un *centre*, des fleurs *irrégulières*, ou **zygomorphes**, et qui sont symétriques par rapport à un *plan*.

Il arrive, et pour nombre d'espèces, que les fleurs se regroupent entre elles, et pour ne former qu'un seul et même ensemble, que l'on nomme **inflorescence**, et qui peut être qualifiée :

D'**inflorescence définie**, ou déterminée, lorsque l'axe principal, qui a une croissance *limitée*, porte une fleur à son extrémité ;

D'**inflorescence indéfinie**, ou indéterminée, lorsque l'axe principal, qui a une croissance *illimitée*, ne porte pas de fleur à son extrémité.

Nota bene : la Marguerite, qui donne l'apparence d'une simple fleur, est en fait une **inflorescence** de fleurs *bisexuées*, et que sont les fleurs en tube (fleurs *régulières*), et de fleurs *unisexuées*¹⁰⁶, et que sont les fleurs en languette (fleurs *irrégulières*).

DE LA FLEUR AU FRUIT : POLLINISATION ET DOUBLE FECONDATION

LA POLLINISATION

Tel un bien commun ou public, la **pollinisation**, lorsqu'elle rend possible le transport du grain de pollen à la surface du stigmate d'un carpelle¹⁰⁷, fait partie des **services écologiques**¹⁰⁸ de la biodiversité. En somme, s'agit-il ici de rapprocher les deux gamétophytes de la plante existante, et que sont le **grain de pollen** pour le gamétophyte *mâle*, et le **sac embryonnaire** pour le gamétophyte *femelle*. On distingue alors deux grands modes de **pollinisation** :

La **pollinisation** de type *allogame* (majoritaire), ou **allogamie** qui, par le biais d'une **pollinisation indirecte**, assure le dépôt du grain de pollen sur le stigmate d'une fleur d'un autre pied ;

La **pollinisation** de type *autogame*¹⁰⁹ (minoritaire), ou **autogamie** qui, par le biais d'une **pollinisation directe**, assure le dépôt du grain de pollen sur le stigmate d'une fleur du même pied, ou de la fleur en question.

Nota bene : de façon générale, l'**autogamie** est rarement préférée à l'**allogamie**, cette dernière préservant la variabilité génétique, et donc l'adaptabilité des espèces concernées.

¹⁰⁶ Il s'agit là de fleurs femelles.

¹⁰⁷ De la même fleur ou d'une autre fleur.

¹⁰⁸ On parle également de **services écosystémiques**.

¹⁰⁹ Que l'on retrouve, pour exemple, dans la famille des Graminées (*Poacées*) et des Légumineuses (*Fabacées*).

Aussi, la **pollinisation** prend-elle différentes formes, et selon les agents de transport mobilisés, qu'il s'agisse :

D'une **pollinisation** par les animaux¹¹⁰ (majoritaire chez les angiospermes), ou **zoogamie** -et pour laquelle on distingue l'**entomogamie** (pollinisation par les insectes), l'**ornithogamie** (pollinisation par les oiseaux) et la **cheiroptérogamie** (pollinisation par les chauves-souris), lorsque les *pétales* de la fleur sont très attractifs¹¹¹ ;

D'une **pollinisation** par le vent¹¹² (minoritaire chez les angiospermes), ou **anémogamie**, lorsque les *pétales* de la fleur sont peu attractifs, voire absents.

Nota bene : existe également l'**hydrogamie**, dans le cadre d'une pollinisation par l'eau.

LA DOUBLE FECONDATION¹¹³

Arrivé à la surface du stigmate d'un carpelle, le grain de pollen¹¹⁴ germe, ce qui implique alors :

Pour la cellule *génératrice*, la formation¹¹⁵ de deux spermatozoïdes ;

Pour la cellule *végétative*, l'émission d'un tube pollinique contenant ces deux mêmes spermatozoïdes, et qui va successivement pénétrer le *stigmate*, le *style* et l'*ovaire* pour les y déverser.

S'ensuit alors, et pour les deux spermatozoïdes, la **fécondation** de deux cellules du sac embryonnaire¹¹⁶, à savoir celle de l'*oosphère* (n) et qui donnera naissance à l'**embryon** (2n), et celle des deux *noyaux polaires* (n) et qui donnera naissance à l'**albumen**¹¹⁷ (3n), tissu de réserves nutritives. A l'issue de cela, l'*ovule* se transforme alors en une **graine**, et l'*ovaire* en un **fruit** qui enveloppe ladite graine, voire les graines.

Nota bene : l'ovule des *végétaux* n'est pas l'équivalent de l'ovule des *animaux* puisque, dans le cas présent, le gamète *féminin* est bel et bien l'**oosphère**, quand le gamète *mâle*, lui, reste bien le **spermatozoïde**, autrefois appelé anthérozoïde.

1.2. Le fruit

¹¹⁰ Méthode la moins *simple*, mais la plus *efficace*.

¹¹¹ Pour ainsi attirer les animaux, qui viennent y chercher le **nectar**, liquide *sucré* et *odorant*.

¹¹² Méthode la plus *simple*, mais la moins *efficace*.

¹¹³ Spécifique aux **angiospermes**, le processus de la **double fécondation** est malgré tout retrouvé chez une famille de **gymnospermes**.

¹¹⁴ Non encore mature, et pourvu d'une cellule *génératrice* et d'une cellule *végétative*.

¹¹⁵ Par le biais d'une **mitose**.

¹¹⁶ Le sac embryonnaire étant, on le sait, à l'intérieur de l'*ovule* qui, lui-même, est à l'intérieur de l'*ovaire*.

¹¹⁷ On parle également d'**endosperme**.

Le **fruit**¹¹⁸, qui provient de la transformation de l'*ovaire* à l'issue de la **double fécondation**, se compose de trois parties et qui, de l'extérieur vers l'intérieur sont, et de façon respective, l'**épicarpe** (épiderme externe), le **mésocarpe** (parenchyme) et l'**endocarpe** (épiderme interne), le tout formant ainsi le **péricarpe**. Du développement de ces différentes parties, en arrive-t-on à distinguer deux grands types de fruit, à savoir et comme suit :

Les fruits *charnus*, lorsque le **mésocarpe** se gorge de réserves ; on parle alors de fruits *charnus à noyau*¹¹⁹ lorsque l'**endocarpe** se lignifie (exemple : Abricot), et de fruits *charnus à pépins*¹²⁰ lorsque l'**endocarpe** ne se lignifie pas (exemple : Tomate) ;

Les fruits *secs*, lorsque le **mésocarpe** ne se gorge pas de réserves ; on parle alors de fruits *secs déhiscents* lorsqu'ils s'ouvrent¹²¹ à maturité (exemple : Colza), et de fruits *secs indéhiscents* lorsqu'ils ne s'ouvrent pas à maturité (exemple : Pissenlit).

La nature est diverse et, bien souvent, l'origine du fruit se veut un tant soit peu plus complexe et différente de celle des fruits *simples* décrits ci-avant ; nous y ajouterons donc les fruits *composés*¹²², où le fruit est issu de plusieurs ovaires d'une même fleur (exemple : Fraise), et les fruits *multiples*, où le fruit est issu de plusieurs fleurs d'une même inflorescence (exemple : Ananas).

Nota bene : en plus d'être bel et bien un fruit *composé*, la fraise peut, au regard des "vrais" fruits, être qualifiée de "faux" fruit ; en effet, les "faux" fruits ne sont pas seulement issus de la transformation de l'*ovaire*, mais d'autres éléments de la fleur, tel que le réceptacle floral, et ce qui est le cas pour la poire et la pomme. La fraise¹²³, quant à elle, résulte cependant exclusivement de la transformation du réceptacle floral.

Enfin, et si la composition nutritionnelle des fruits *comestibles*¹²⁴ est à l'origine de moult avantages pour la santé de l'Homme, notamment vis-à-vis du cancer et des maladies cardiovasculaires, il n'en reste pas moins que nombre de fruits ne sont en rien *comestibles*, voire *toxiques* : c'est le cas du fruit de la **belladone** et de la **digitale**.

1.3. La graine

La **graine**¹²⁵, qui provient de la transformation de l'*ovule* à l'issue de la **double fécondation**, se compose à maturité¹²⁶ de trois parties, et que sont le **tégument**, le ou les **cotylédons**¹²⁷ et la

¹¹⁸ Caractéristique des **angiospermes**, et dont la fonction est de protéger et de faciliter la dissémination des graines.

¹¹⁹ Ou **drupes**.

¹²⁰ Ou **baies**.

¹²¹ Le long de fentes de déhiscence.

¹²² On parle également de fruits *agrégés*.

¹²³ Et bien d'autres "faux" fruits.

¹²⁴ Riches en antioxydants, fibres, minéraux et vitamines.

¹²⁵ Caractéristique des **angiospermes** (et comme des **gymnospermes** d'ailleurs), et dont la structure permet d'assurer la pérennité de l'espèce, notamment vis-à-vis des conditions environnementales.

plantule¹²⁸, celle-ci pouvant à son tour faire l'objet d'une description anatomique, où l'on y repère alors la *radicule* (future racine), la *tigelle* (future tige) et la *gemmule*¹²⁹ (future feuille).

Si nombre de graines germent dès lors qu'elles se trouvent dans un milieu adéquat et favorable, d'autres vont nécessiter le passage par un état de **dormance**¹³⁰, et que l'on peut comparer à un état de vie ralentie, où la croissance et le développement de la graine s'interrompent, tout comme ses échanges nutritifs, et donc respiratoires. De cette **inaptitude momentanée à germer**, et qui « *augmente les chances que la germination se produise à un moment et à un endroit favorables au jeune plant.* » (Campbell, 1995, p. 742), relève-t-on différents facteurs environnementaux permettant la levée de cette **dormance**, comme la *chaud* en climat méditerranéen (**dormance estivale**), ou le *froid* en climat tempéré (**dormance hivernale**), mais aussi la *lumière* pour les très petites graines, et quand ce ne sont les *précipitations abondantes* pour les plantes désertiques.

La **germination**, en cela la poursuite, et si ce n'est la reprise, de la croissance et du développement de la graine, commence alors par un phénomène d'**imbibition**, et qui correspond à une importante absorption d'eau de la part de la graine déshydratée, nécessaire à sa dilatation et à son ouverture ; s'ensuit une mobilisation des réserves¹³¹ de l'**albumen** d'origine, voire du ou des **cotylédons**, à l'**embryon** d'origine qui, de cet apport nutritif, peut alors se transformer en véritable **plantule**, laquelle ne tarde pas à sortir au dehors de la graine : *radicule*, *tigelle* et *gemmule* trouvent peu à peu et successivement leur place sur la terre ferme. A l'apparition des premières *gemmales*, la **plantule** bascule d'une **hétérotrophie** à une **autotrophie** pour le C, et cesse de mobiliser ses dernières réserves, pour ainsi fabriquer ses premières molécules organiques, et assurer d'elle-même sa croissance et son développement à venir¹³².

DISPERSION DES FRUITS ET DES GRAINES

¹²⁶ Lorsqu'elle est déshydratée au plus possible (de 85 à 95 %).

¹²⁷ Issu(s) de l'**albumen** ; une **monocotylédone** possède un cotylédon, une **dicotylédone** possède deux cotylédons.

¹²⁸ Issue de l'**embryon**.

¹²⁹ On parle également de *plumule*.

¹³⁰ Qui, selon les espèces (mais également les conditions extérieures), reste très variable : de quelques jours à quelques années, ou dizaines d'années, voire plus.

¹³¹ A laquelle, de par les réactions d'**oxydation** mises en œuvre, l'O est nécessaire. Remarquons également, en régions tempérées, la nécessité d'une température qui n'aille pas en dessous de 15 °C.

¹³² Qui n'ont cependant rien de systématique, de par les dangers de la vie terrestre : un grand nombre de **plantules** n'ira donc pas au-delà. C'est pourquoi la **germination** reste considérée comme une phase extrêmement critique du **cycle de vie** des plantes à fleurs.

Aussi, la dispersion, la dissémination des **fruits** et des **graines**¹³³, utile à la recherche d'un habitat propice, et pour une moindre compétition, permettant également le brassage génétique de populations distinctes, et quand ce n'est la création d'une nouvelle population, prend-elle différentes formes, et selon les agents de transport mobilisés, qu'il s'agisse :

D'une dissémination par les animaux, ou **zoochorie**, laquelle est facilitée par quelques adaptations anatomiques ; elle peut alors prendre deux formes, *active* d'abord, lorsque les animaux consomment les fruits, *passive* ensuite, notamment lorsque les animaux, au gré de leur *pelage* ou de leur *plumage*, déplacent d'un point à un autre les **fruits** ou les **graines** accrochés ;

D'une dissémination par l'eau, ou **hydrochorie**, laquelle est facilitée par quelques adaptations anatomiques, en cela des **fruits** ou des **graines** qui flottent, et que l'on retrouve naturellement pour nombre de plantes aquatiques ;

D'une dissémination par le vent, ou **anémochorie**, laquelle est facilitée par quelques adaptations anatomiques, en cela des **fruits** ou des **graines** qui volent, et de par une augmentation systématique de la surface de prise au vent.

Nota bene : on retrouve, dans le cas des fruits *secs déhiscent*s, divers systèmes mécaniques d'éjection, et propres à la plante, lorsqu'à maturité, les **graines** se retrouvent hors du **fruit**, et à bonne distance de la plante d'origine ; on parle dans ce cas d'**autochorie**.

2. La reproduction asexuée

A la fois plus facile¹³⁴ et moins périlleuse¹³⁵ que la reproduction *sexuée*¹³⁶, vis-à-vis de la génération suivante, la reproduction *asexuée*¹³⁷, ou **multiplication végétative**, reste pratiquée par nombre d'**angiospermes** et, selon les espèces, *exclusivement* ou *partiellement*. Une telle reproduction, quand elle produit un certain nombre d'individus¹³⁸ à partir d'un seul et même individu¹³⁹ d'origine, présente en plus la particularité d'aboutir à des **organismes génétiquement identiques**, entre eux et à la plante mère dont ils sont issus : on parle alors de **clone**, et puisque **recombinaison génétique** il n'y a pas. C'est alors que l'on peut distinguer :

La reproduction *asexuée* qui se réalise au moyen d'organes végétatifs spécialisés, tels que les organes de réserves de l'appareil végétatif : bulbes¹⁴⁰, rhizomes¹⁴¹, stolons¹⁴², tubercules¹⁴³, en cela des tiges modifiées.

¹³³ Rappelons que dans le cas des fruits *secs déhiscent*s, les **graines** sont libérées du **fruit**, et donc dispersées sans lui, alors que dans le cas des fruits *secs indéhiscent*s, les **graines** ne sont pas libérées du **fruit**, et donc dispersées avec lui.

¹³⁴ En effet, la **floraison** et la **fructification** des plantes à fleurs sont très gourmandes en termes de *matière* et d'*énergie*.

¹³⁵ En effet, la **germination** des plantes à fleurs est une phase extrêmement critique de leur **cycle de vie**.

¹³⁶ Qui se réalise par le biais de l'appareil *reproducteur* de la plante.

¹³⁷ Qui se réalise par le biais de l'appareil *végétatif* de la plante.

¹³⁸ Complètes.

¹³⁹ Incomplète.

¹⁴⁰ **Exemples** : Ail, Oignon (ou Oignon), Tulipe...

¹⁴¹ Tiges souterraines rampantes ; **exemple** : Iris.

La reproduction *asexuée* qui se réalise au moyen d'organes végétatifs non spécialisés, tels que les racines, les tiges et les feuilles : le *bouturage*¹⁴⁴, qu'il soit *artificiel* ou *naturel*¹⁴⁵, consiste ainsi à prélever un fragment¹⁴⁶ de plante qui, une fois remis en terre, est à même de redonner un nouvel individu, identique en tous points à l'individu d'origine.

Nota bene : passées les différentes et traditionnelles techniques de *bouturage*, *d'éclatage*, de *greffage* et de *marcottage*, la **multiplication végétative** artificielle use dorénavant de la culture *in vitro*. Toujours dans la même idée, est-il ici question de cultiver en milieu artificiel des tissus¹⁴⁷ de la plante mère, à l'aide de nutriments, tout aussi bien *inorganiques* qu'*organiques*. Si les cellules se divisent¹⁴⁸ dans un *premier* temps, elles se différencient dans un *second* temps, et ce par le biais d'une **induction hormonale**, le tout en vue de constituer les systèmes *caulinaire* et *racinaire* de la plante en devenir.

Avantage : forte *uniformité*, car faible variabilité génétique.

Inconvénient : faible *adaptabilité*, car faible variabilité génétique.

¹⁴² Tiges aériennes rampantes ; exemple : Fraisier.

¹⁴³ Tiges souterraines ; exemple : Pomme de terre.

¹⁴⁴ Et sa variante, le greffage.

¹⁴⁵ Ce qui est assez rare.

¹⁴⁶ On parle également de **bouture**.

¹⁴⁷ Voire des cellules.

¹⁴⁸ Pour se multiplier...

Annexe 7-4

| Apprenant | Pages |
|------------------|-----------------|
| Emile | 179, 180 et 181 |
| Jordan | 182, 183 et 184 |
| Louis | 185, 186 et 187 |
| Raphaël | 188, 189 et 190 |
| Elise | 191, 192 et 193 |
| Tom | 194, 195 et 196 |
| Clara | 197, 198 et 199 |
| Katia | 200, 201 et 202 |
| Flavie | 203, 204 et 205 |
| Léonie | 206, 207 et 208 |
| Thomas | 209, 210 et 211 |
| Emmy | 212, 213 et 214 |
| Isaure | 215, 216 et 217 |
| Anaëlle | 218, 219 et 220 |
| Louna | 221, 222 et 223 |
| Aude | 224, 225 et 226 |
| Clémentine | 227, 228 et 229 |
| Manon | 230, 231 et 232 |
| Baptiste G. | 233, 234 et 235 |
| Nora | 236, 237 et 238 |
| Baptiste H. | 239, 240 et 241 |
| Emma | 242, 243 et 244 |
| Malo | 245, 246 et 247 |
| Gabriel | 248, 249 et 250 |
| Lorenzo | 251, 252 et 253 |
| Enora | 254, 255 et 256 |
| Rachel | 257, 258 et 259 |
| Margaux | 260, 261 et 262 |

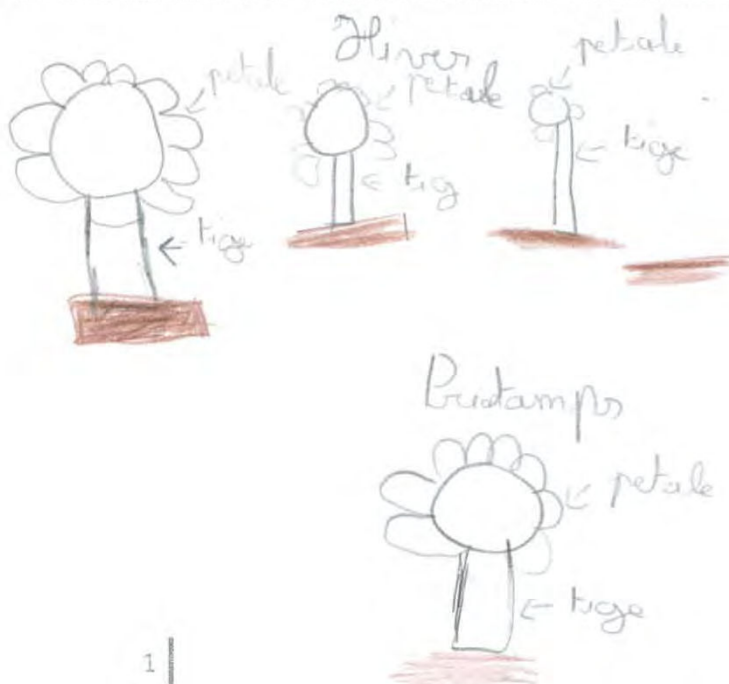
Nom : Wallysse

Prénom : Emile

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

L'hiver le bleuet fanonne et la tige disparaît après le bleuet. Le printemps suivant un autre bleuet apparaît grâce à la racine.



Emile

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

Le printemps, le plant a écloré. L'hiver le plant
commence à former et la tige disparaît.



Emile

3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

Des racines du pommier

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

à nourrir le pommier

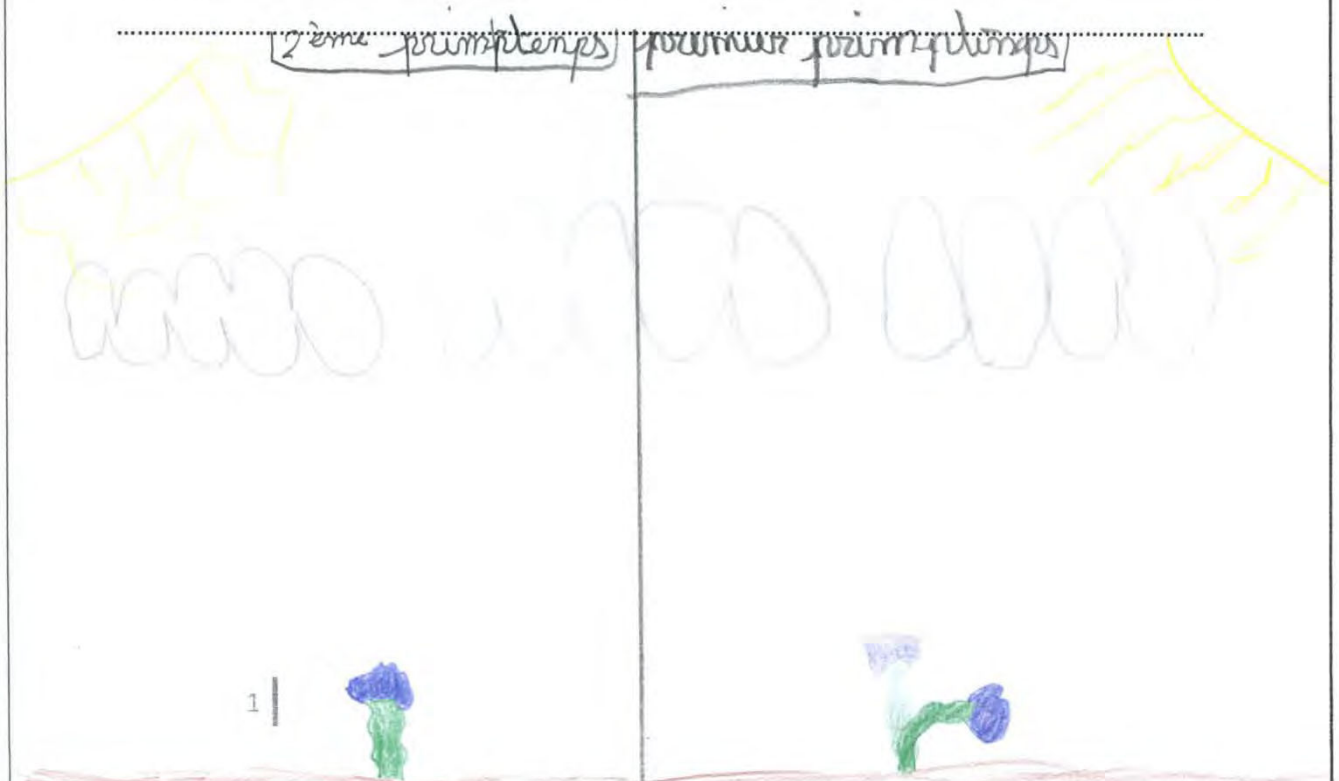
Nom : Frachon.....

Prénom : Jordan.....

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

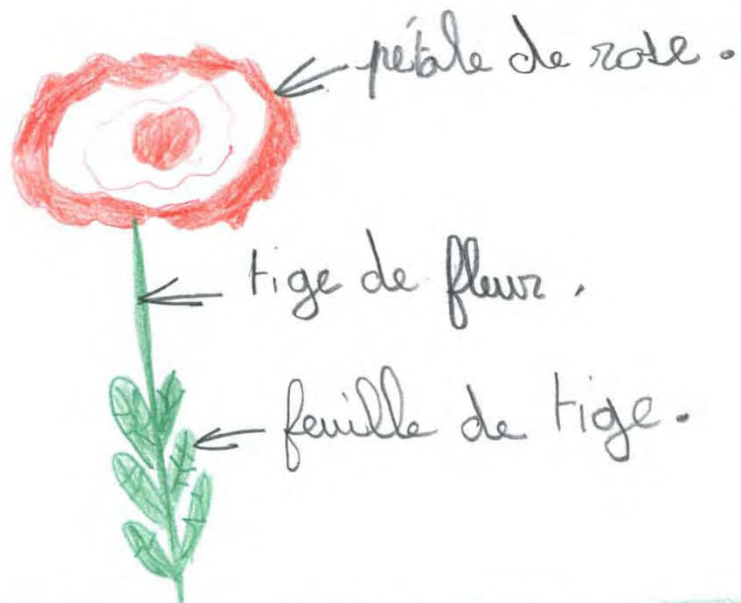
Oui parce que le bleuet du premier printemps est peut-être devenu un autre qu'un autre printems avec 2^{ème} printemps.



Jordan

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

Elle reste comme elle est, mais elle fleurie.



Jordan

3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

Elle vient du tronc alors sur toutes les branches des
vitamines font les pommes.

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

Elle sert à faire nourrir les animaux et
les humains.

Nom : Egoudeert

Prénom : Sonia

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

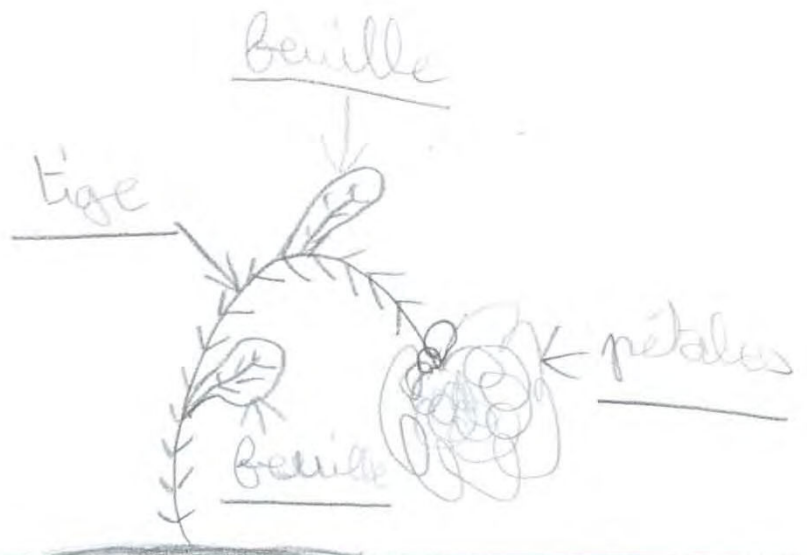
Elle a disparu et réapparue. Non. Elle qui a réapparue c'est un autre bleuet.



Louis

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

La fleur pourrit (fanée).



3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

Elle vient de la terre.



3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

Les pommes lui sert de vie.



Nom : Guilbert

Prénom : Raphaël

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

Elle a disparut avec le soleil. C'est un autre bleuet qui pousse à la place de la première.



fleur qui
disparait avec
le soleil



fleur qui réapparaît

Raphaël

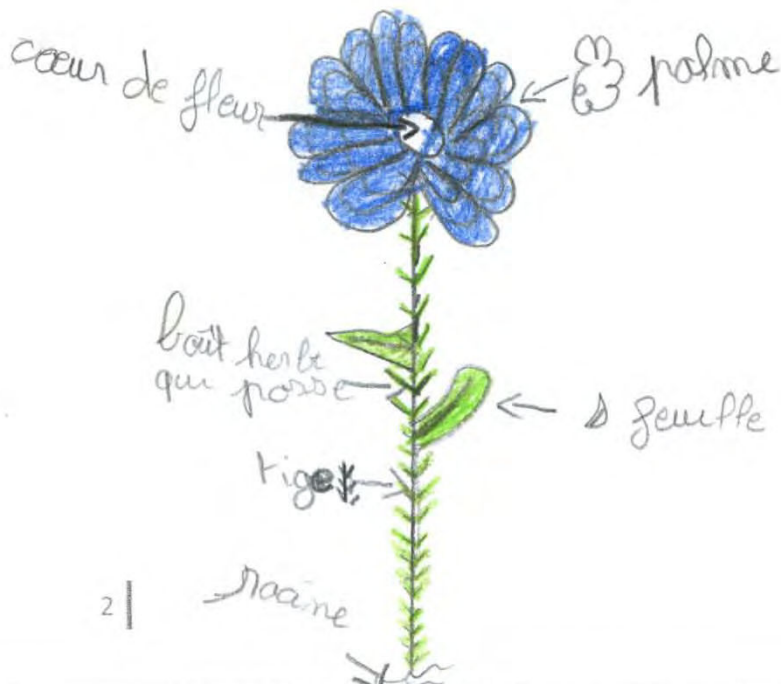
Sciences expérimentales et technologie
Évaluation diagnostique

24 février 2015

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

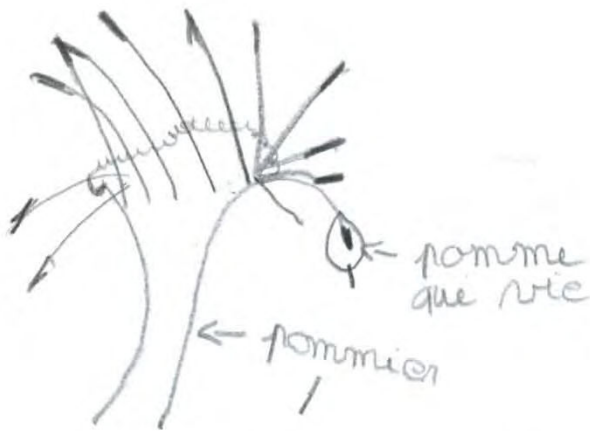
Elle disparaît avec le soleil qui brûle
la fleur. Et au printemps la fleur
reparaît grâce à l'herbe.

La fleur



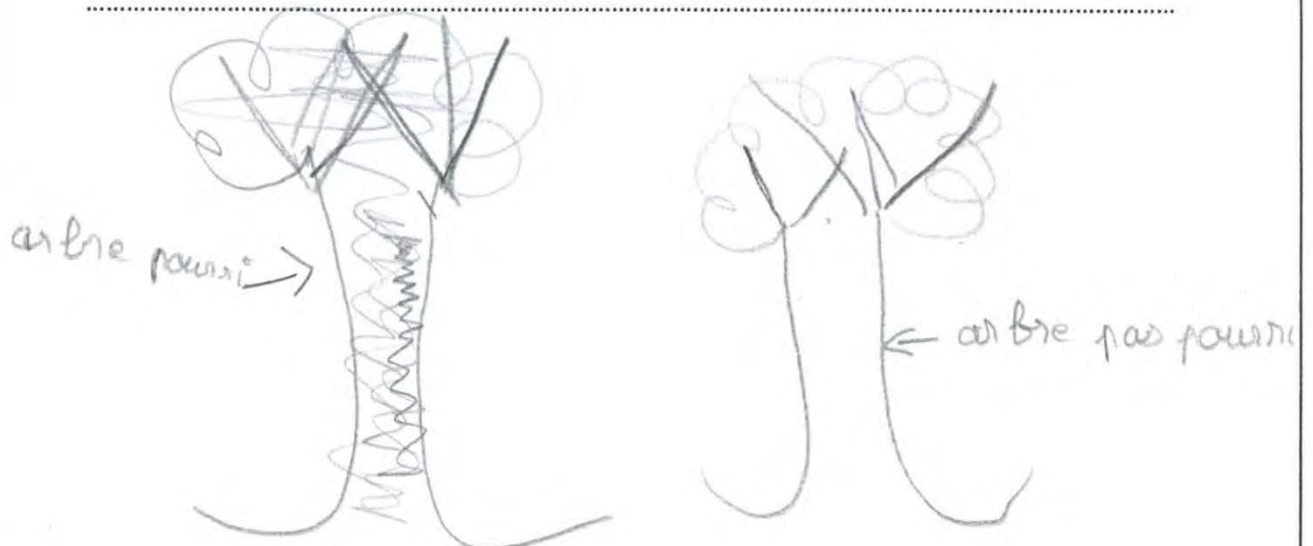
3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

Le pommier a une petite graine dans
la branche et ensuite il donne vie à la pomme.



3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

La pomme sert à faire vivre l'arbre
ou bien que l'arbre pourrisse.



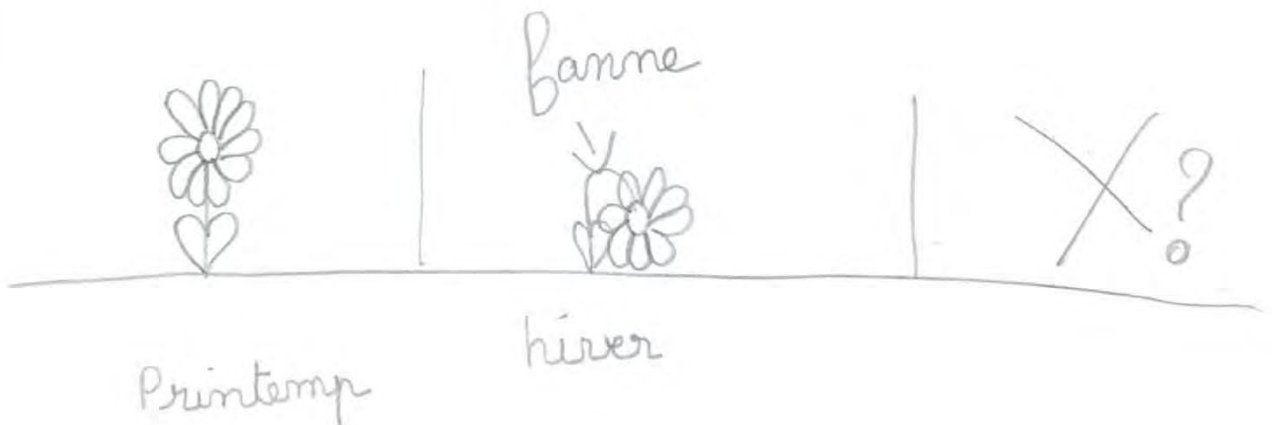
Nom : Hanne Pim

Prénom : Elise

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

En printemps le Bleuet est là, ^{en} en hiver le Bleuet n'est plus là. En hiver le Bleuet n'est plus là parce que le Bleuet fanne. Au printemps suivant la ^{seule} fleur.



Elise

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

Au printemps elle est comme la Marguerite, En hiver elle fanne et en automne elle pousse.



Elise

3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

Je pense que je trouve une graine de pommier et
un jour elle pousse et ça devient un pommier.
Sur le pommier il y a une branche sur laquelle il y a une tige
une
est là, la pomme pousse.

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

Je pense qu'on met une graine de pommier.
Après un jour elle pousse et ça devient un
pommier et la pomme pousse.

Nom : Jung.....

Prénom : lm.....

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

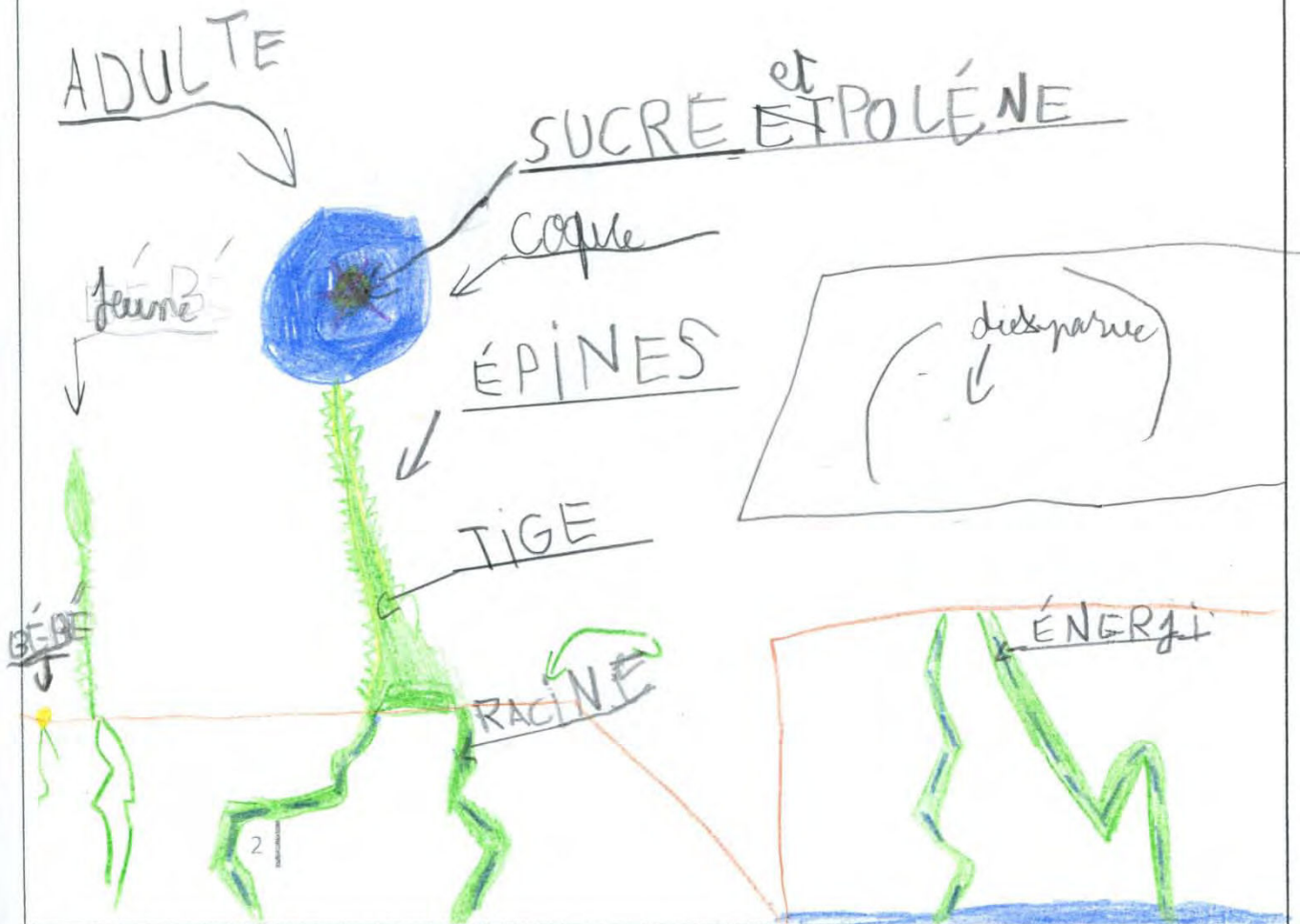
Je pense que le frais qui les fait disparaître ce sont aussi des vent.



= De si

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

elle grossit petit à petit et la pollinisation



3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

Le vent, que il y a les grâmes

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

à vivre

Nom : Julienne.....

Prénom : Clara.....

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

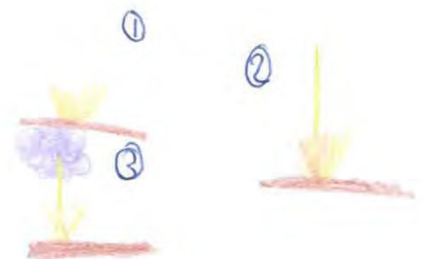
Le bleuet a fané puis a disparu. Le bleuet qui réapparaîtra sera le même mais il aura bougé de place parce que ça ne pousse pas toujours au même endroit.

printemps 2005 Le BLEUET fané et disparaît

les pétales
qui tombent.

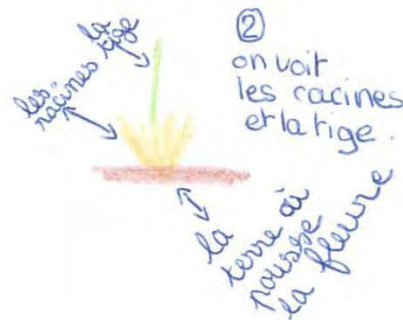


printemps 2006 Le BLEUET Revient



2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

On va commencer à voir les racines puis la tige puis enfin les pétales et ça fera un bleuet.



Clara

3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

La pomme vient des racines des feuilles que contient le pommier.

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

La pomme donne de la force au pommier parce que, un pommier qui a plus de pomme le pommier meurt.

Nom : Lecocq

Prénom : Matia

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

Elle fane et repousse. C'est la même
plante

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

Elle vient de la fleur et du fruit du pommier.
Elle est faite de sucre et d'eau.
Elle est faite de la même matière que les autres fruits.
Elle est faite de la même matière que les autres fruits.
Elle est faite de la même matière que les autres fruits.

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

Elle meurt.
Elle meurt.
Elle meurt.
Elle meurt.
Elle meurt.

Nom : Lemoine

Prénom : Flora

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

La fleur pousse, donne des fleurs, mais pendant l'hiver la plante se décompose donc disparaît. Puis à l'autre printemps elle se recrée donc elle revient.



2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

Je ne suis pas sûr, mais peut être que la fleur grandit de plus en plus.

①



②



3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

La pomme qui est sur le pommier vient des graines du pommier.

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

La pomme lui sert à avoir encore plus.

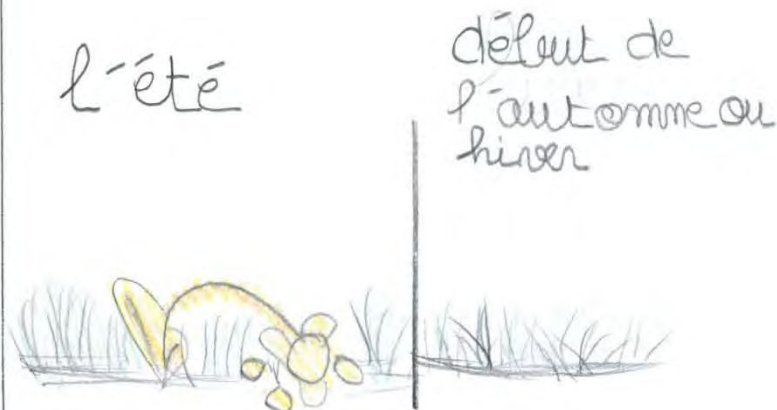
Nom : Levesqueux

Prénom : Léonie

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

Il a commencé à faner l'été et il s'est mis à se décomposer au début de l'automne il avait disparu. C'est un autre bleuet ressemblable aux autres bleuet d'avant se n'a pas le même.



2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

Le premier dessin est une fleur qui vient de germer, le deuxième dessin est une fleur qui commence à faner et le troisième dessin est les petites graines que la fleur a laissées.



3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

Elle vient d'un bourgeon qui s'est transformé en fleur puis en pomme

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

La pomme est comme un graine pour le pommier donc elle sert au pommier à se reproduire.

Nom : Albançon

Prénom : Thomas

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

- 1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?**

C'est le même bleuet qui a changé de végétation

Thomas

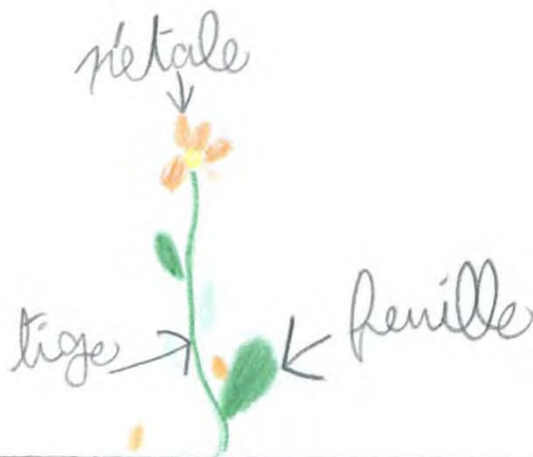
Sciences expérimentales et technologie
Évaluation diagnostique

24 février 2015

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

En automne, la fleur commence à se décomposer, et, quand l'hiver commence, elle n'a plus de pétales. Au printemps, les pétales de la fleur repoussent. En été, les pétales commencent à se dessécher et à perdre leur couleur.

automne



hiver



printemps



été



3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

La pomme vient d'une fleur qui commence à pousser au printemps. Dans la fleur il y a un pétales qui se transforme en pomme grâce à la chaleur qui est venue.

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

La pomme sert au pommier pour qu'il respire.

Nom : Margeline

Prénom : Emmy

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

C'est une autre fleur car à l'hiver la fleur a disparu et au printemps suivant la plante a recommencé à pousser et à former des fleurs.

④



1

②



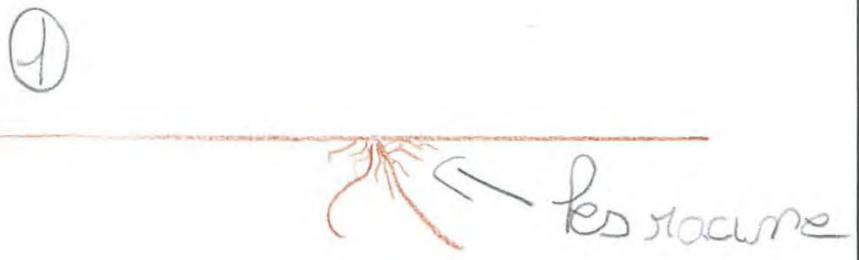
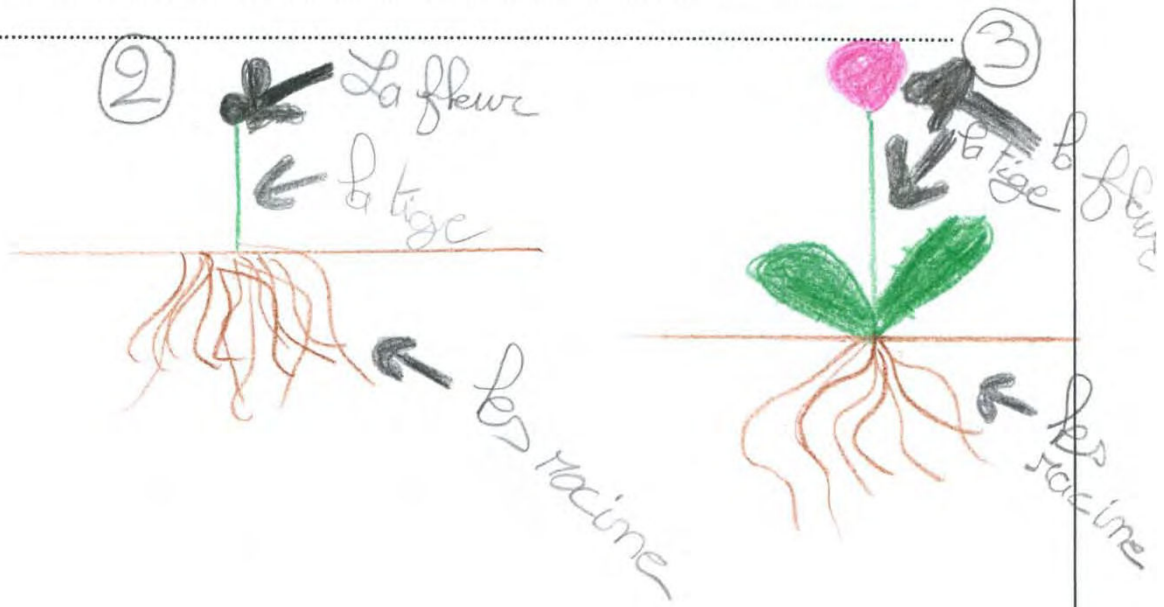
③



Emmy

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

avec le temps la fleur va devenir une racine
puis une tige et après la fleur va se former.



Emmy

3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

La fleur du pommier va se transformer
en la pomme.

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

Dès que la pomme tombe elle va
se décomposer et va devenir
de l'engrais pour le pommier en
hiver.

Nom : Permelet

Prénom : Maurice

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

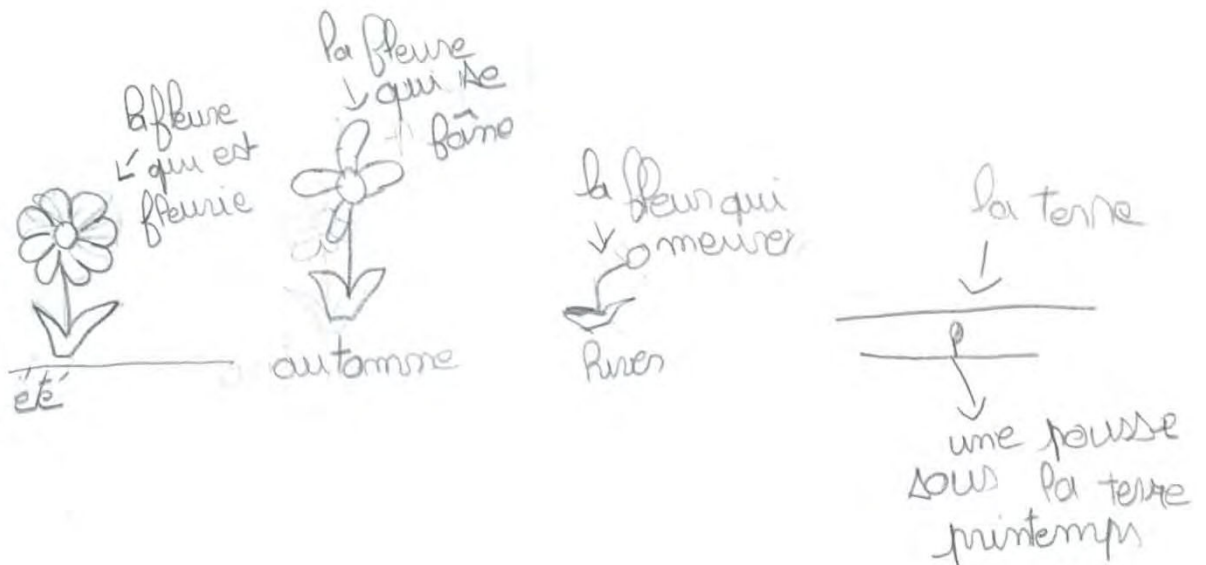
1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

Le Bleuet a faim en hiver comme il faisait trop froid. Pendant ce temps la graine grandit sous la terre pour se développer au printemps. Ce n'est pas le même bleuet.



2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

La fleur fait des petites pousses sous la terre en été. Puis pendant l'automne la fleur fâme quand ta elle la pousse que sous la terre continue de pousser. Et au printemps la pousse se développe au-dessus de la terre et moi de nuit.



3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

Je pense qu'elle est venue d'une fleur de pommier.

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

Elle sert à donner un peu plus de vie.

Nom : Solien

Prénom : Amélie

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

Le Bleuet a commencé à faner l'été
donc l'hiver elle a disparu et un autre
Bleuet pousse.

l'été



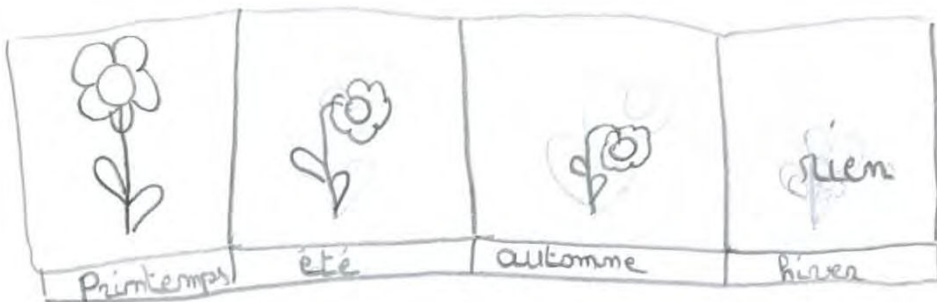
l'hiver



Ismaëlle

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

Elle fane et donc elle disparaît et
il y a d'autres fleurs qui poussent.
À chaque saison elle se fane et elle est
plus petite.



3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

Elle vient de la graine ça forme
une fleur et ça devient un fruit.

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

La pomme sert à nourrir l'arbre
pour qu'il grandisse.

Nom : Blot.....

Prénom : Louma.....

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

Il a disparue pour qu'il y ait des graines (dans la Terre) de développer et en fait quand elle forme elle met les graines qu'elle a sur elle dans la terre pour qu'ils soient plus nombreux.

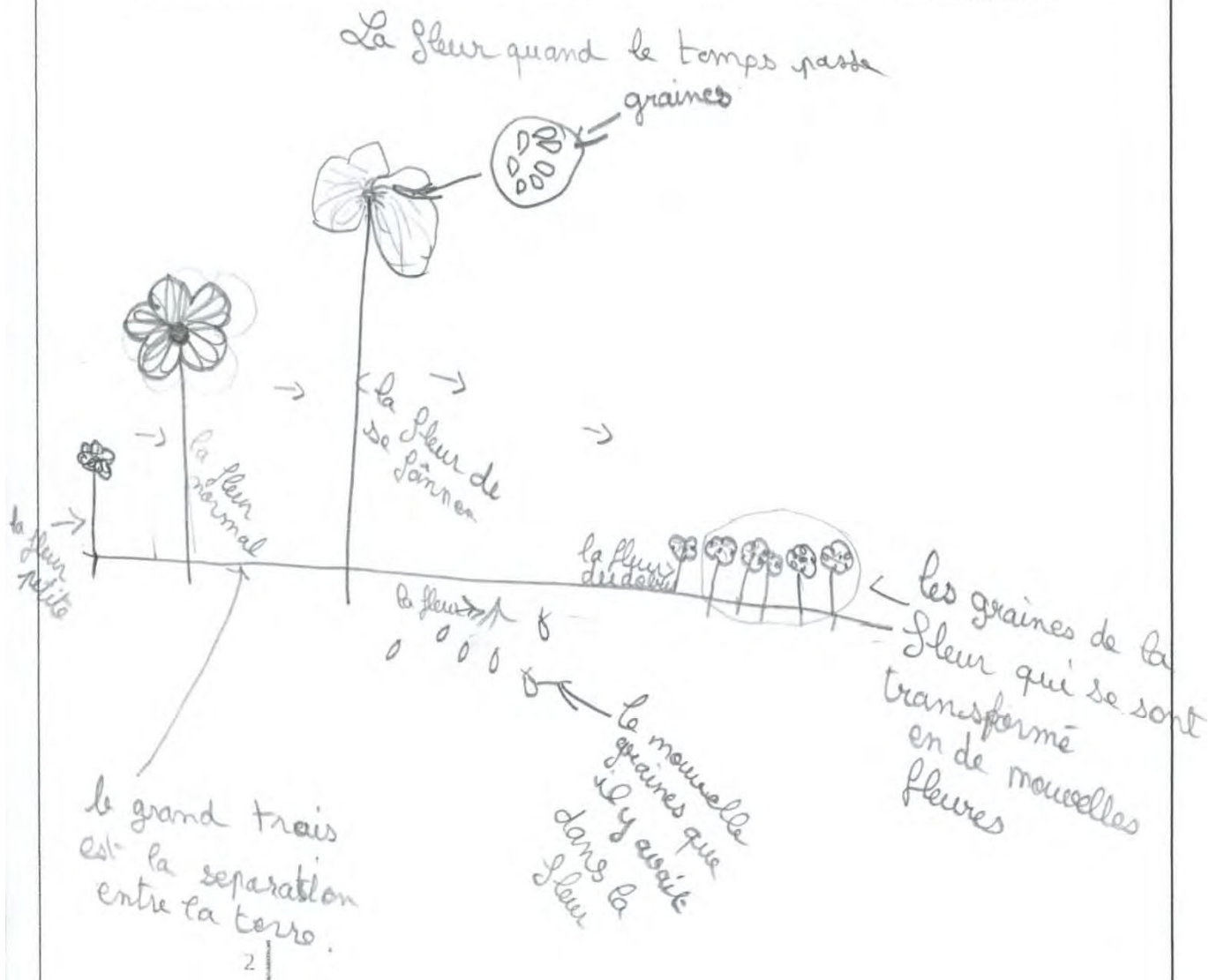
Oui c'est le même bleuet car c'est ^{la} même graine qui revient l'année suivante.

je ne fait ^{pas} de dessin parce que ça serait le même dessin qu'à la question 2 parce que j'ai mis la même explication.

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

Elle fanne et redevient une graine sous la Terre. Et
refleurit au printemps ou été prochain.

Quand elle fanne elle va mettre des graines
sous la terre pour que ça en développe plus.
Et comme ça il y en aura plus.



3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

La pomme ^{vient} des graines du pommier qui sont à la base du pommier car le pommier est fait avec des graines et après le pommier n'a pas des graines ou une seule ^{seul}.

3.2. À quoi sert la pomme pour le Pommier ?

Elle sert que le pommier se développe plus facilement que les graines de la pomme si la pomme n'a pas été ramassée comme la pomme tombe après le tour de la pomme enfin toute la pomme sauf les graines qu'il y a dedans ~~se~~ partent à cause du temps parce que elle moisie voilà les graines repoussent et refont des pommiers.

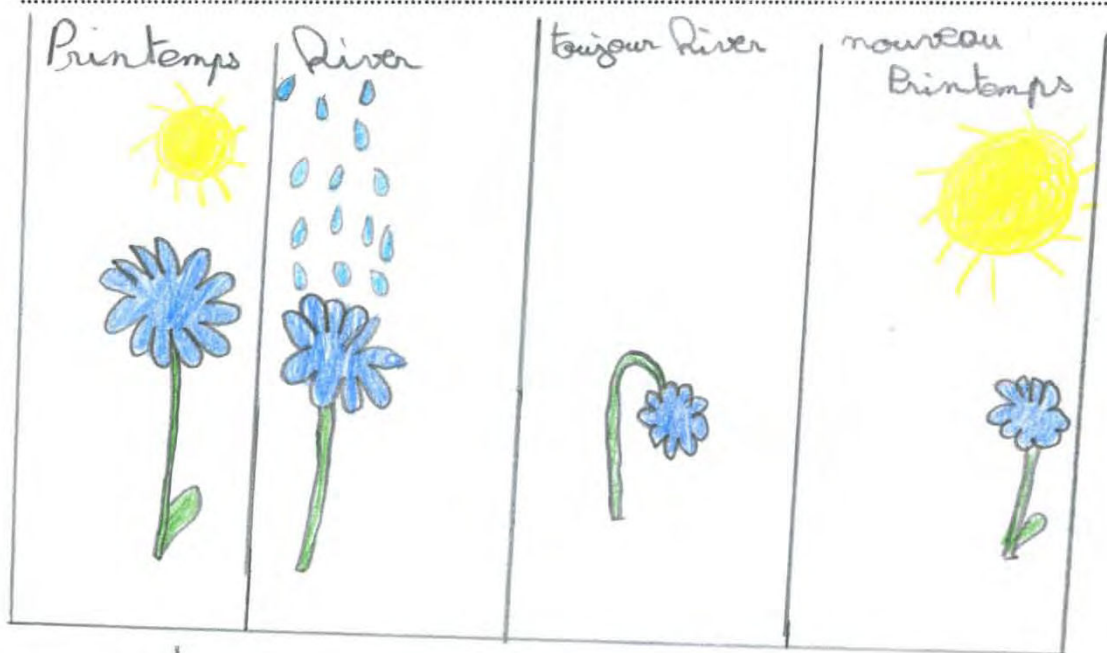
Nom : Briens

Prénom : Luca

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

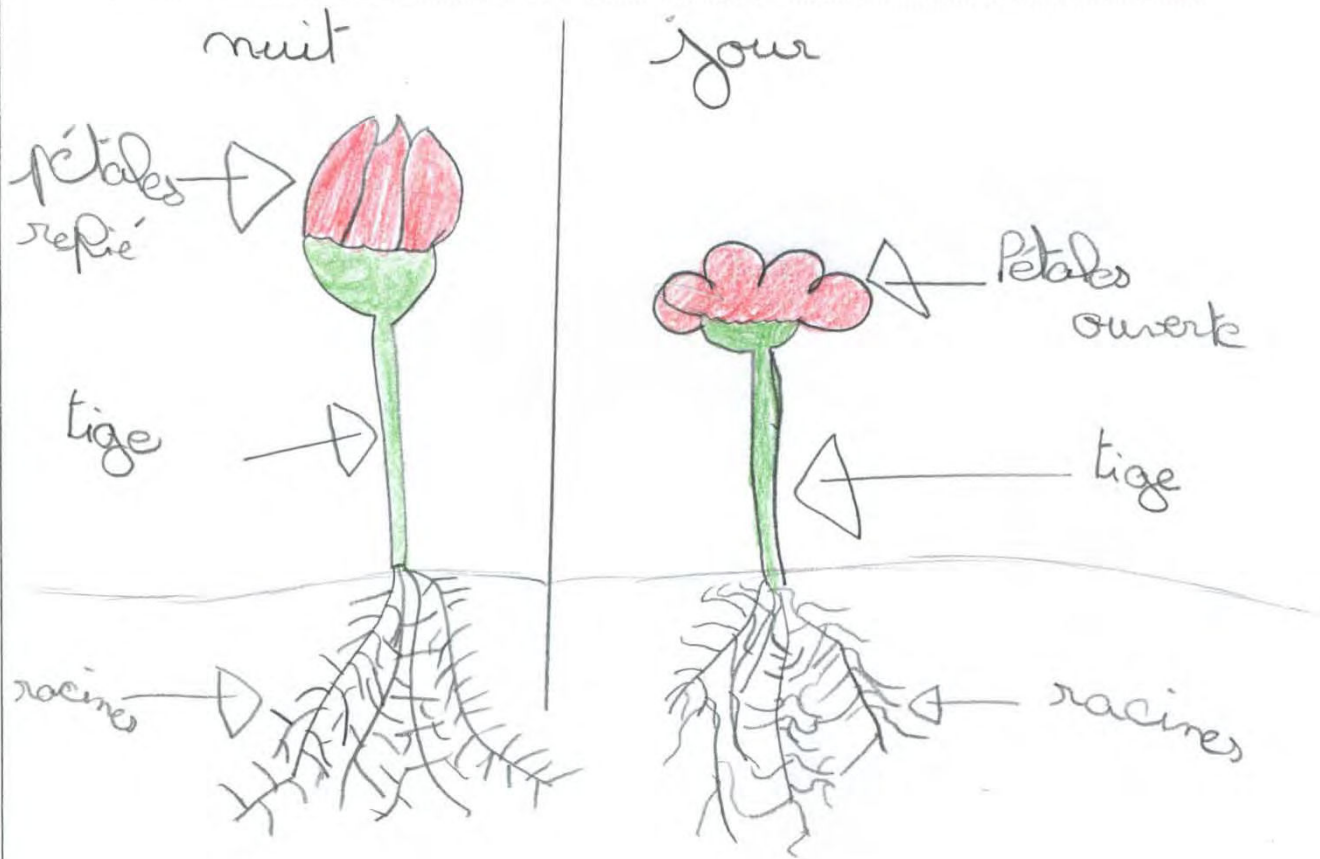
Le Bleuet a poussé pendant l'hiver et il en réapparaît un nouveau au printemps.



bude

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

La nuit la fleur se ferme et le jour
elle se réouvre.



3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

Je pense qu'elle vient de dans le tron.

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

Je pense que d'automne le pommier a trop de vitamine, donc il la rejette en formant des pommes.

Nom : Dubos

Prénom : Clémentine

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.





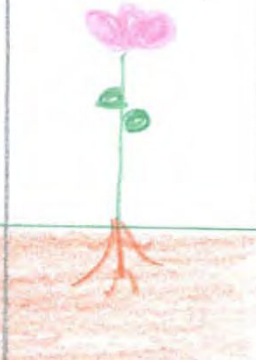
1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

Le Bleuet apparaît au printemps pendant les autres saisons (sauf l'hiver) il perd ses pétales se dégrade et disparaît en hiver. Au printemps un Bleuet pas tout à fait pareil réapparaît.



2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

La fleur perd ses pétales et disparaît.

| Printemps | Été | Automne | Hiver | Printemps |
|---|---|--|---|---|
|  |  |  |  |  |

3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

Des feuilles du pommier.



3.2. À quoi sert la pomme pour le Pommier ?

La pomme sert à faire vivre le pommier parce que si il n'y a pas de pommes le pommier pourri en quelque sorte.

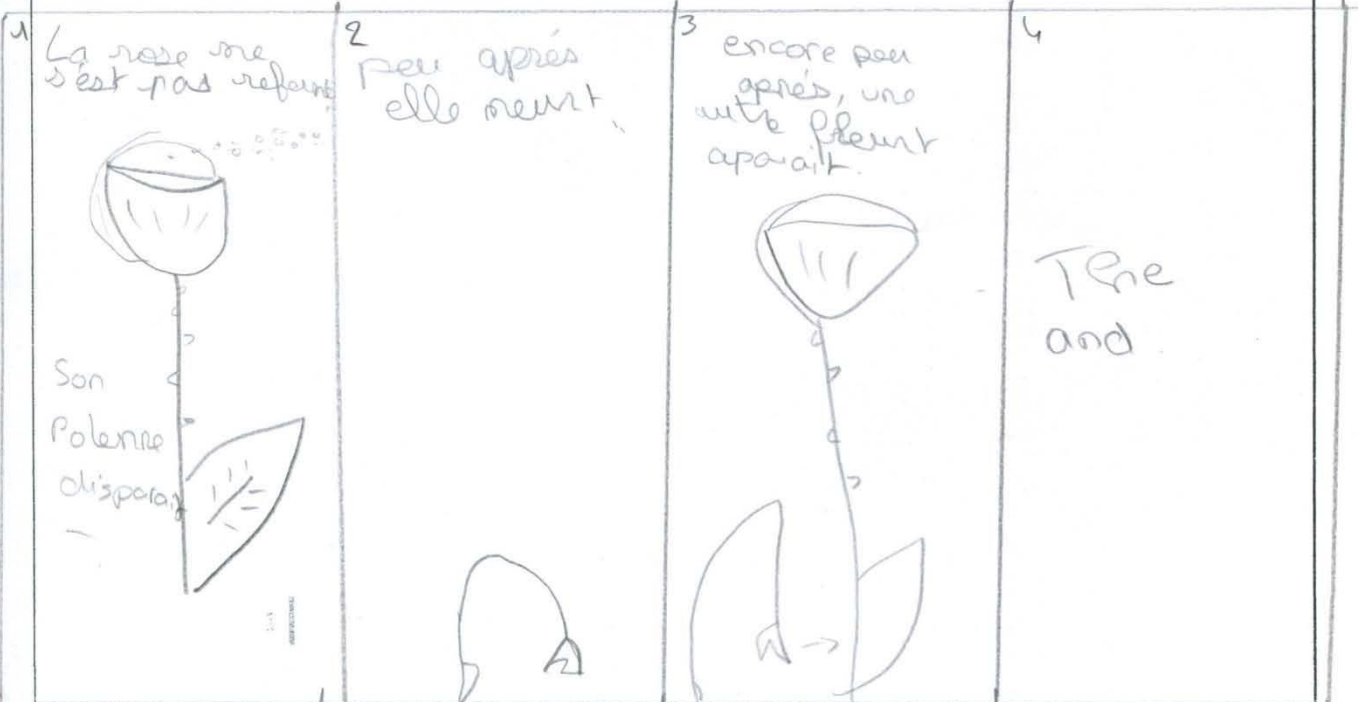
Nom : Duward

Prénom : Elanor

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

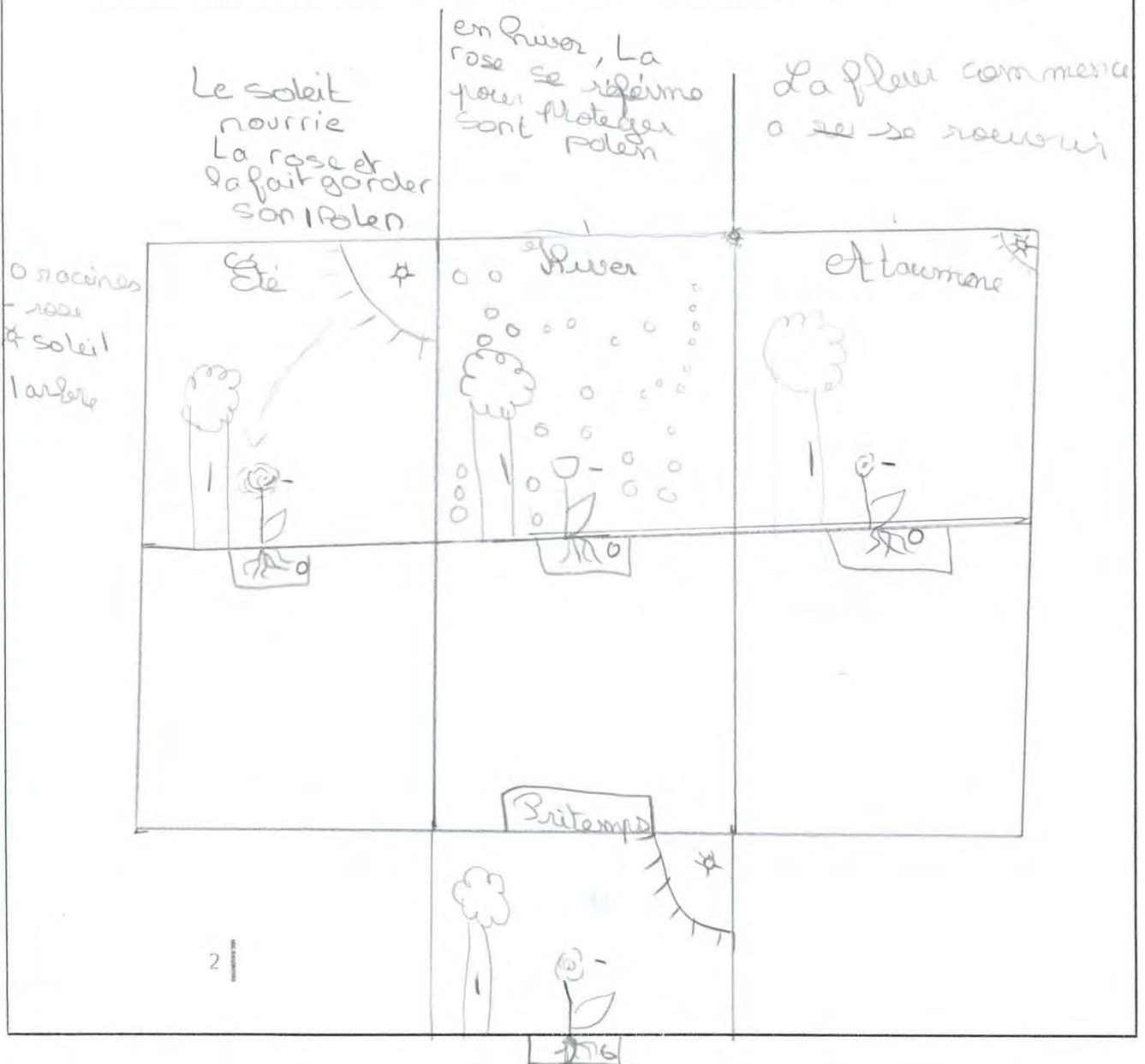
1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

Le Bleuet s'est refermé pour l'hiver pour ne pas perdre son pollen et sa chair son odeur. Ensuite, quand le printemps revient, la fleur s'ouvre car il y a du soleil. Cela est possible que c'est une autre fleur, car si une fleur est trop vieille, elle meurt et un autre bleuet a né. Il faut qu'il y en ait pas vieux.



2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

La jeune fleur se devient vieille.
et abimée et au bout d'un moment,
elle n'a plus de pollen donc elle
meurt et une autre fleur repousse.



3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

du tronc. Elle vient du tronc de l'arbre
et c'est grâce à ça qu'elle survit.

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

Elle sert de ressource pour le
pommier. En été, les pommes commencent
à pousser et quand elles l'ont fait, le pommier
est rassasié et abimé.

Nom : Baptiste

Prénom : Gauclin

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

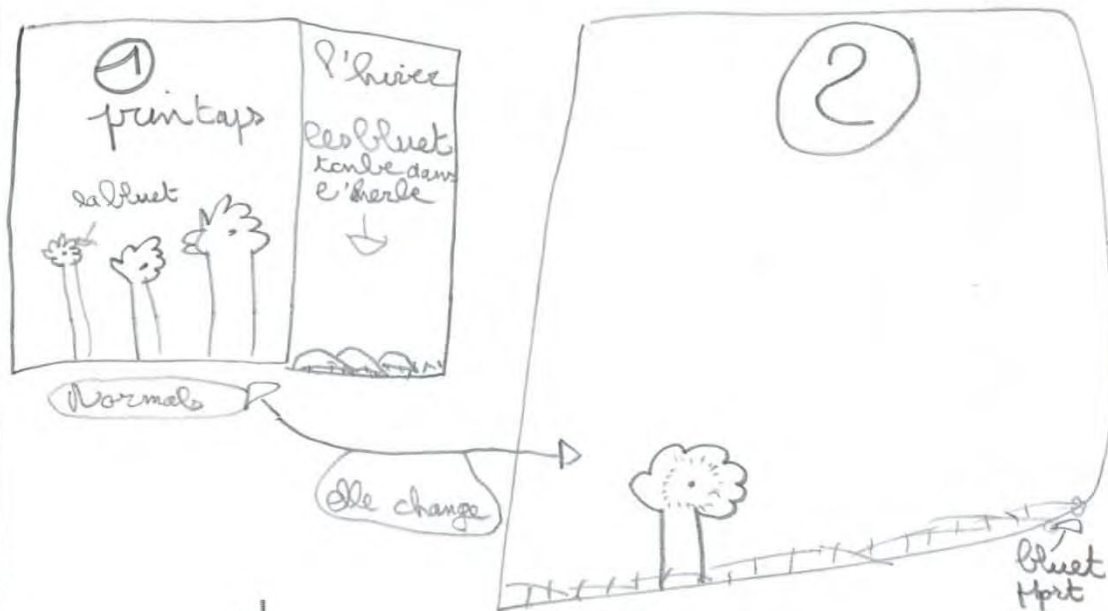
1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

1 elle est disparue, et une nouvelle apparue.

le bleuet n'est pas le même

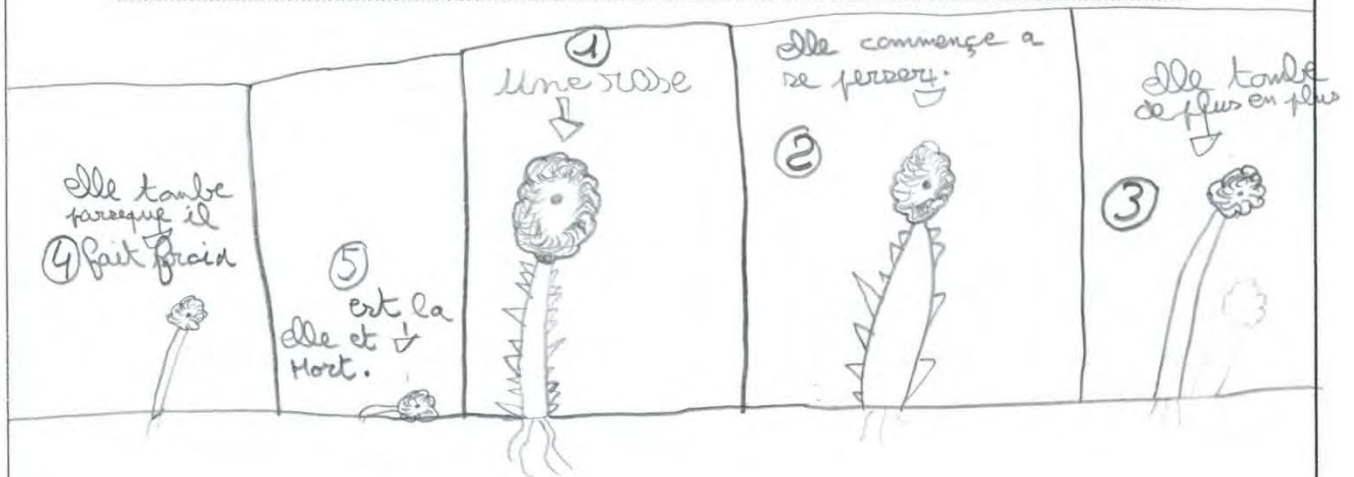
3 elle n'est pas le même

2 elle n'est pas le même en hiver elle tombe et disparaît et en printemps elle repousse.



2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

Quand elle est faite quand elle est bien et quand ses
l'hiver elle commence à tomber puis elle a peur
quand il fait froid.



3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

Le pommier la créer et qui elle se fait après elle
et mure et on la voit pendre sur une tige.

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

Elle sert de lui donner de la nourriture

Nom : Gyémérie.....

Prénom : Sora.....

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. **Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?**

La fleur a besoin de soleil et de l'eau alors pendant le printemps elle a de tout mais à l'hiver elle a que de la neige (eau) alors elle n'a pas de soleil donc elle n'a pas tout et puis il fait trop froid alors elle lève. La fleur est donc lève puis elle repousse en printemps! C'est un autre bleuet parce que celui d'avant avait fini.
Grâce que la fleur boit avec ses racines.
Et des qui neige ses racines gèle.

Sur la page 1 c'est à moitié pareil que la page 2.

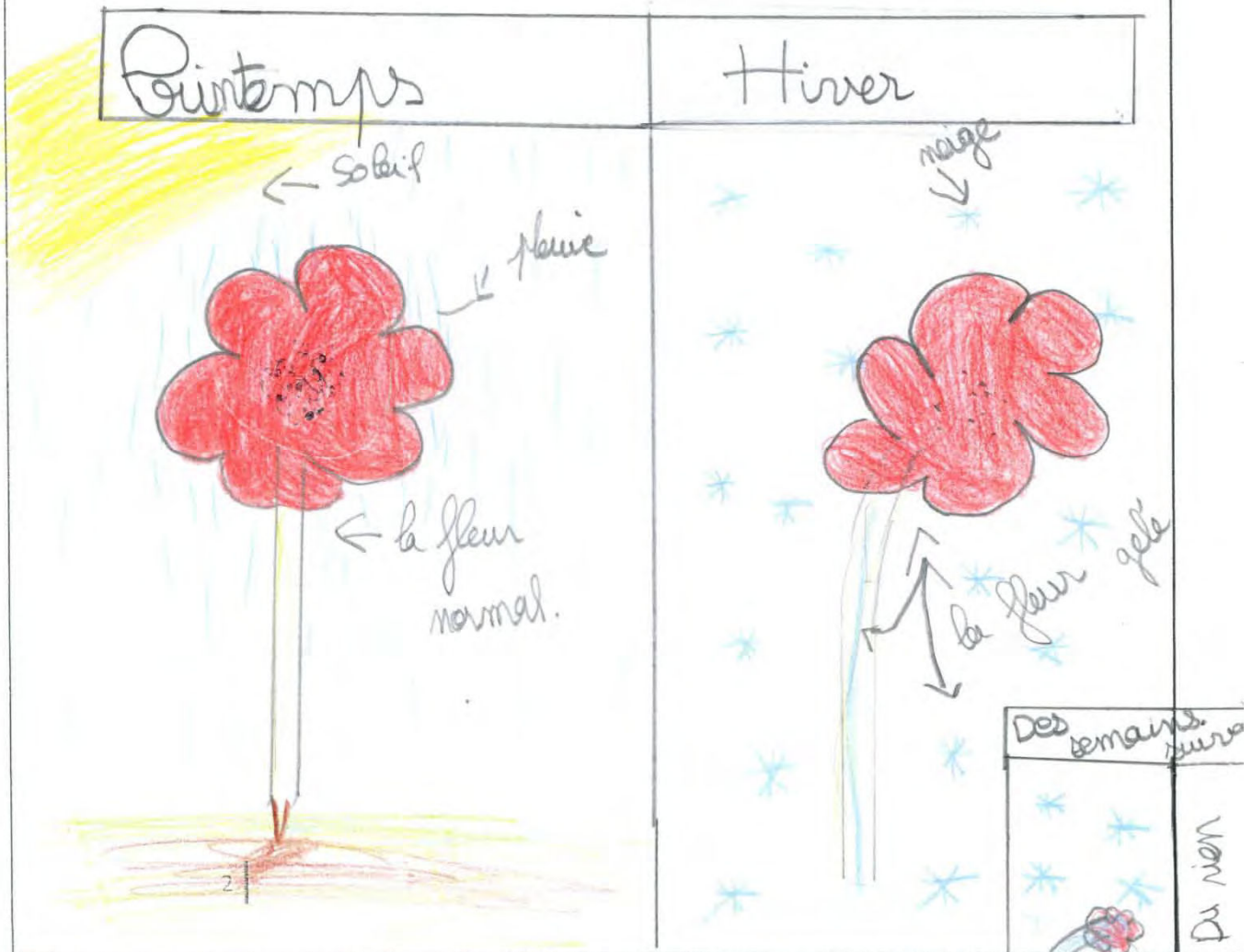
Nora Guénère

Sciences expérimentales et technologie
Évaluation diagnostique

24 février 2015

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

Avec le temps la fleur fane puis repousse parce que en printemps elle est la plus en hiver elle disparaît. La fleur devient une autre fleur mais la même. Puis voit que la fleur a besoin d'eau la neige est beaucoup trop épais. Et voir que la fleur boit avec ses racines et est racines on gèle.



Ma quénarie.

3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

La pomme vient d'une fleur d'où
l'arbre fait pousser.

3.2. À quoi sert la pomme pour le Pommier ?

Je ne sais pas.

Nom : Flamelin

Prénom : Baptiste

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

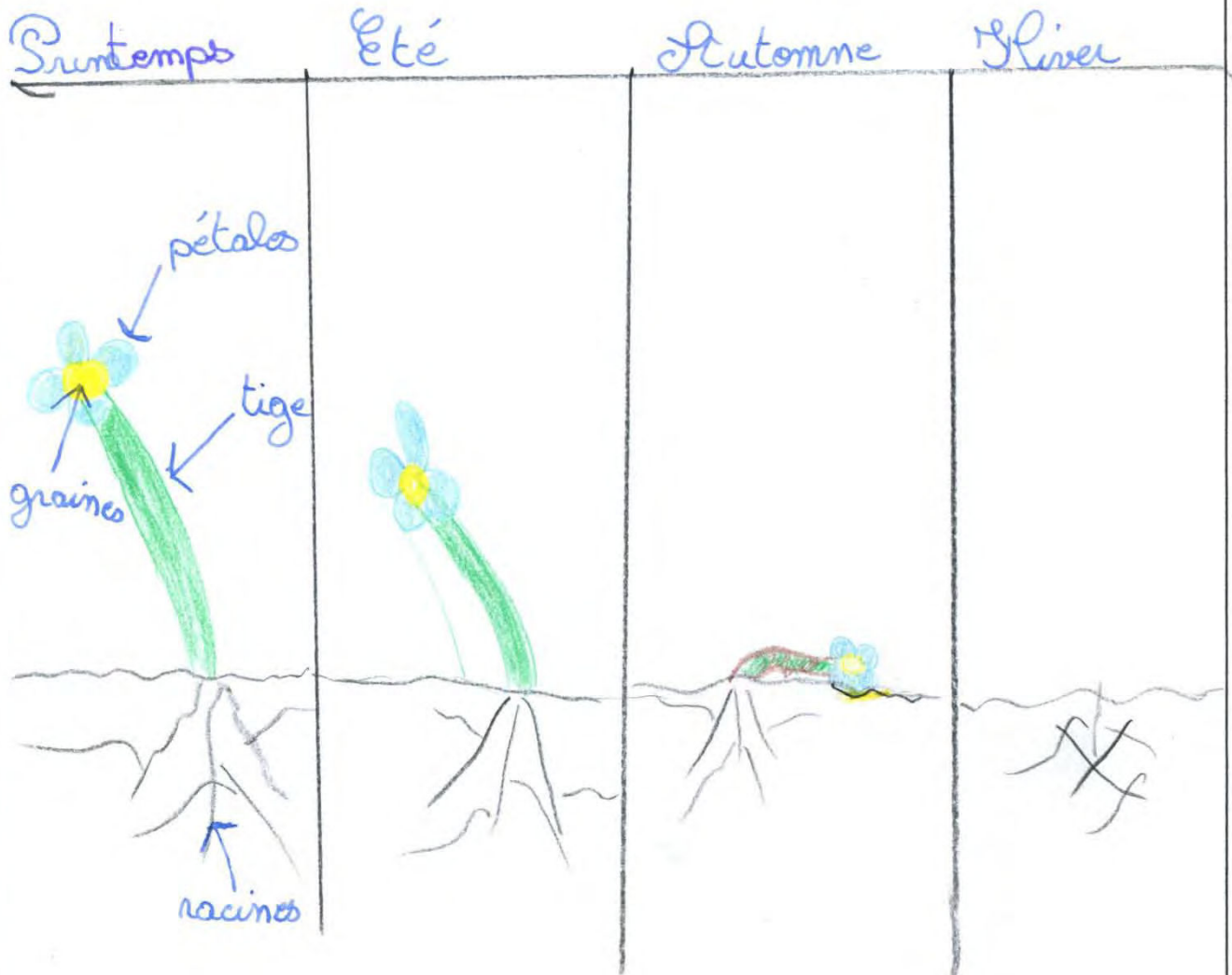
C'est un autre bleuet. Le bleuet meurt, tombe par terre et la graine qu'il y a dedans se dépose par terre pour pousser.

C'est le même que pour la 2.

Hamelin Baptiste

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

En hiver des racines se forme quand les graines
~~tom~~ de l'automne tombent. Au printemps
les racines donnent une tige puis des boutons
qui donneront une fleur. En été rien ne change.
En automne la fleur fane et des graines tombent...



3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

Elle vient d'une fleur qui est placée sur une
branche

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

La pomme tombe puis pousse et sert de graine
à un prochain pommier

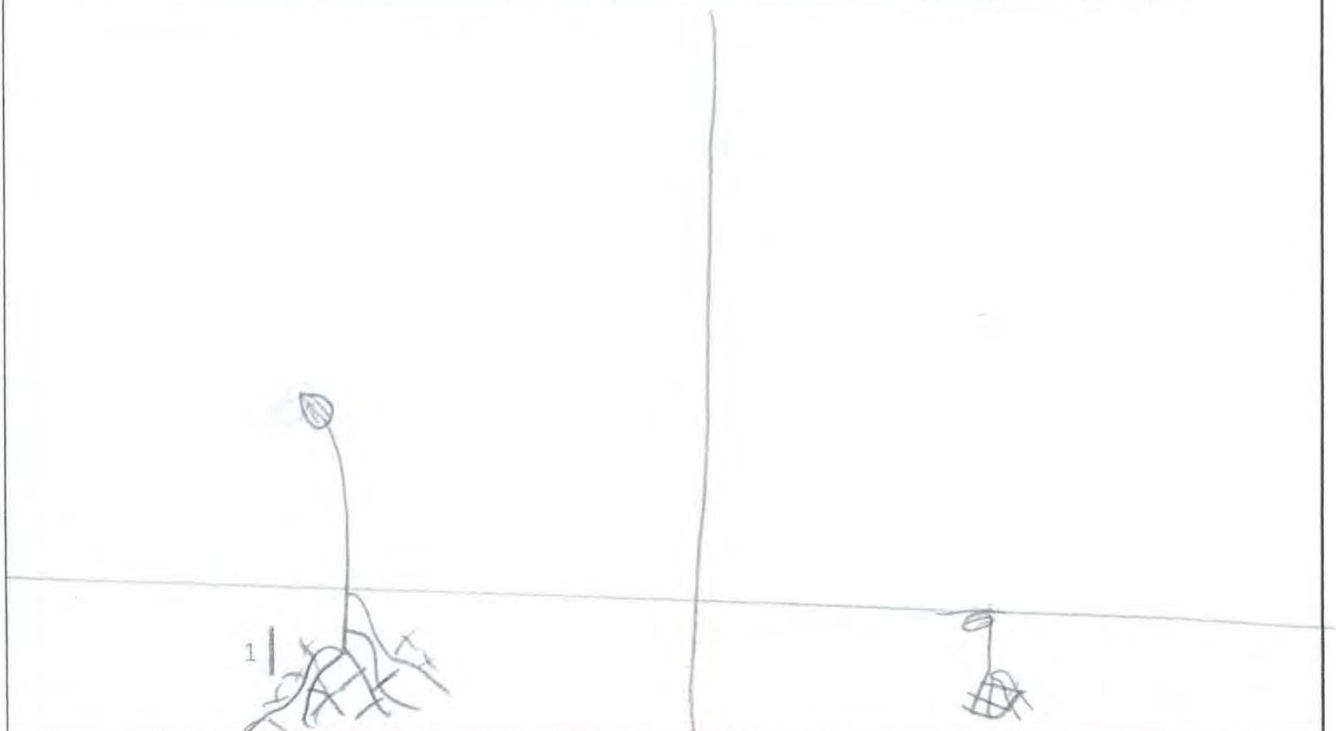
Nom : Ledoyem

Prénom : Emma

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

elle disparaît en se refermant et
repart dans la terre et on ne
la voit plus. Je pense que existe
un autre bleuet qui repousse.



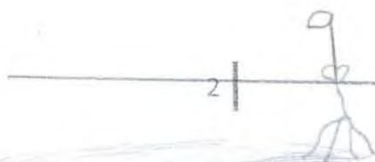
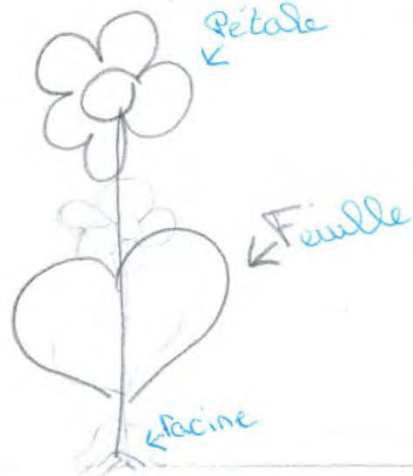
Emma

Sciences expérimentales et technologie
Evaluation diagnostique

24 février 2015

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

La fleur est intacte sur la première image sur la 2ème elle se referme dans le bourgeon et va s'enterrer dans la terre et au printemps une autre fleur prend sa place.



Emma

3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

Je pense que la pomme vient
de la racine est c'est un pépin.

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

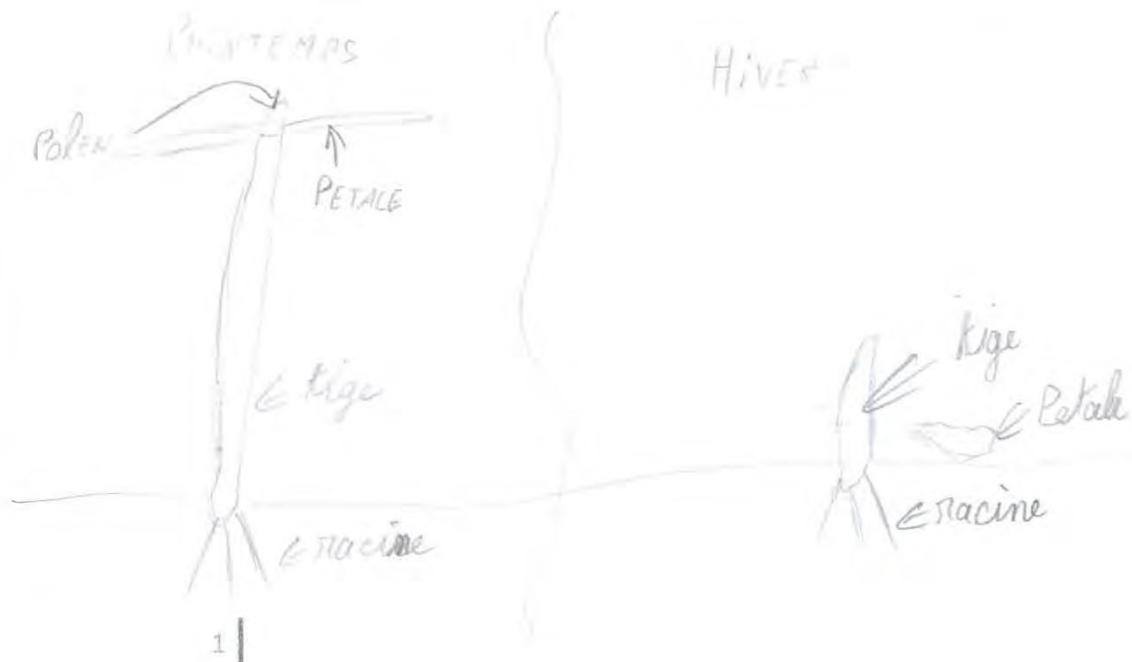
Nom : Maquet

Prénom : Malo

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

Elle s'est ~~retrouvée~~ recroquée puis se détendit.
C'est le même bleuet, car il reste toujours les racines.



2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

En hiver, la fleur se recroqueville dans ses racines, puis
 en été la fleur se détend et au printemps la fleur
 sort du bourgeon



Malo

3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

La pomme vient des fleurs du pommier (sur les branches)

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

La pomme sert de réservoir au pommier pour l'été puis le pommier la vide en hiver et la lâche.

Nom : Marie.....

Prénom : Gabriel.....

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. **Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?**

~~Est~~ la fleur (le Bleuet) a fané, la tige a pourri et la fleur a disparu. Cui s'est le même qui réapparaît grâce à ses racines.

Comme la ②

egabriel

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

~~toute la fleur, la tige, les bourgeon, qui~~

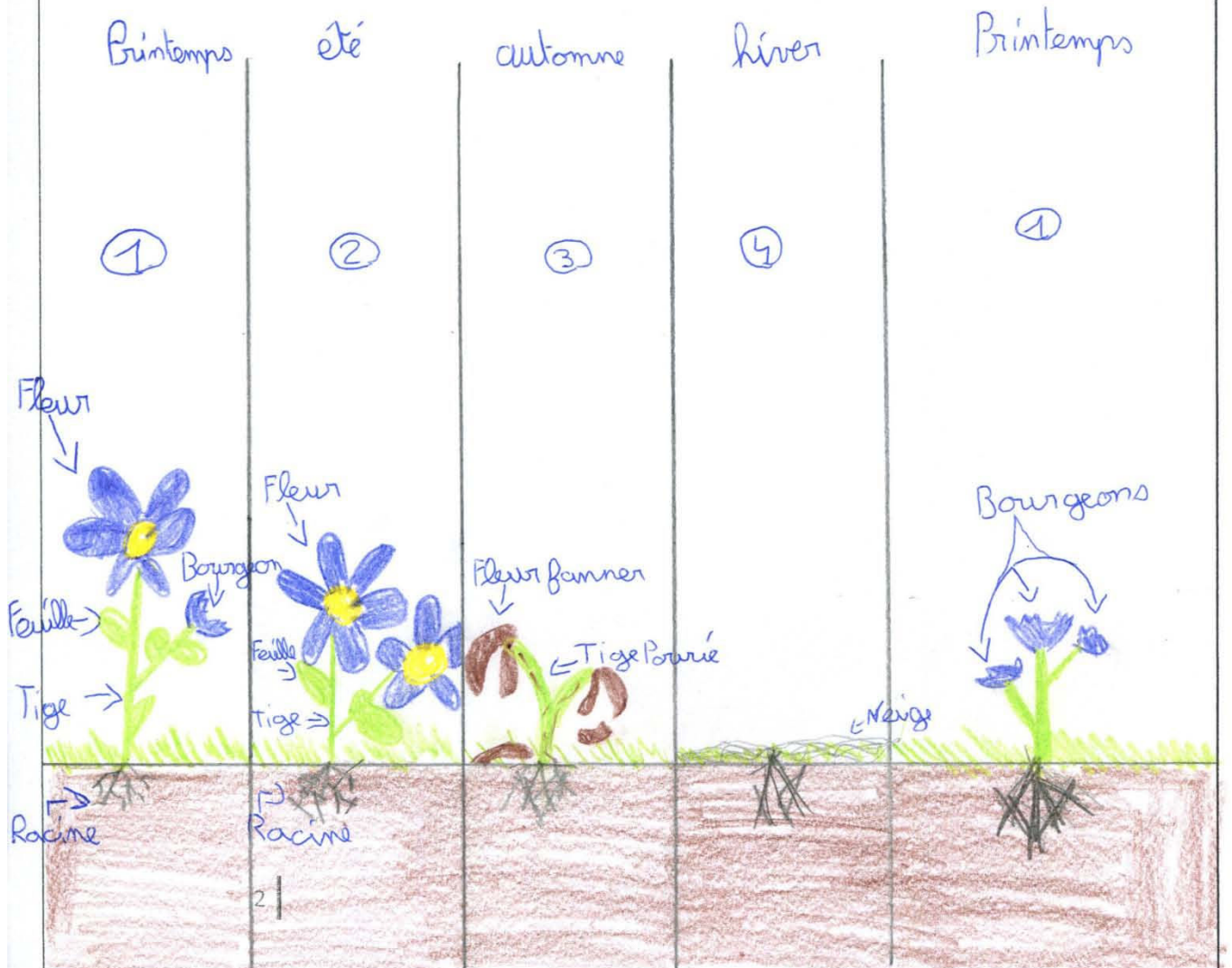
En printemps ①: les bourgeon se transforme en fleur et la tige et les feuille pousse.

En été: la fleur, les feuille, et la tige grandisse.

En automne ③: la fleur fanne et la tige pourrie commence à disparaître.

En hiver ④: la fleur, la tige, les feuilles ne sont plus là.

et ainsi de suite



Gabriel

Sciences expérimentales et technologie
Evaluation diagnostique

24 février 2015

3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

Elle vient de sur une branche : sur la branche une fleur fleurie la fleur se transforme en pomme

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

en tombant, la pomme une fois passée par terre
dame, les pépins restent en terre et font fleurir un
plant nouveau pommier.



Nom : Massien

Prénom : Lorenzo

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?


Le printemps le bleuet se mais a fleuri
après il fonce. Puis l'autre printemps le
bleuet se sème a fleuri s'est comme sa tous
les printemps. C'est le même bleuet parce qu'il
est pareil.



Massia Looney

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

La fleur devient des graines pour créer d'autres fleurs.

| PRaintemps | hiver | PRaintemps | Légende |
|---|---|--|---|
|  |  |  | <p>● ● ● ● graine ~ Racine Flower au printemps Flower finie</p> |

3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

Elle vient des racines qui se relie à une
branche pour créer la pomme.

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

Elle sert à rien.

Nom : Henry.....

Prénom : Enaa.....

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

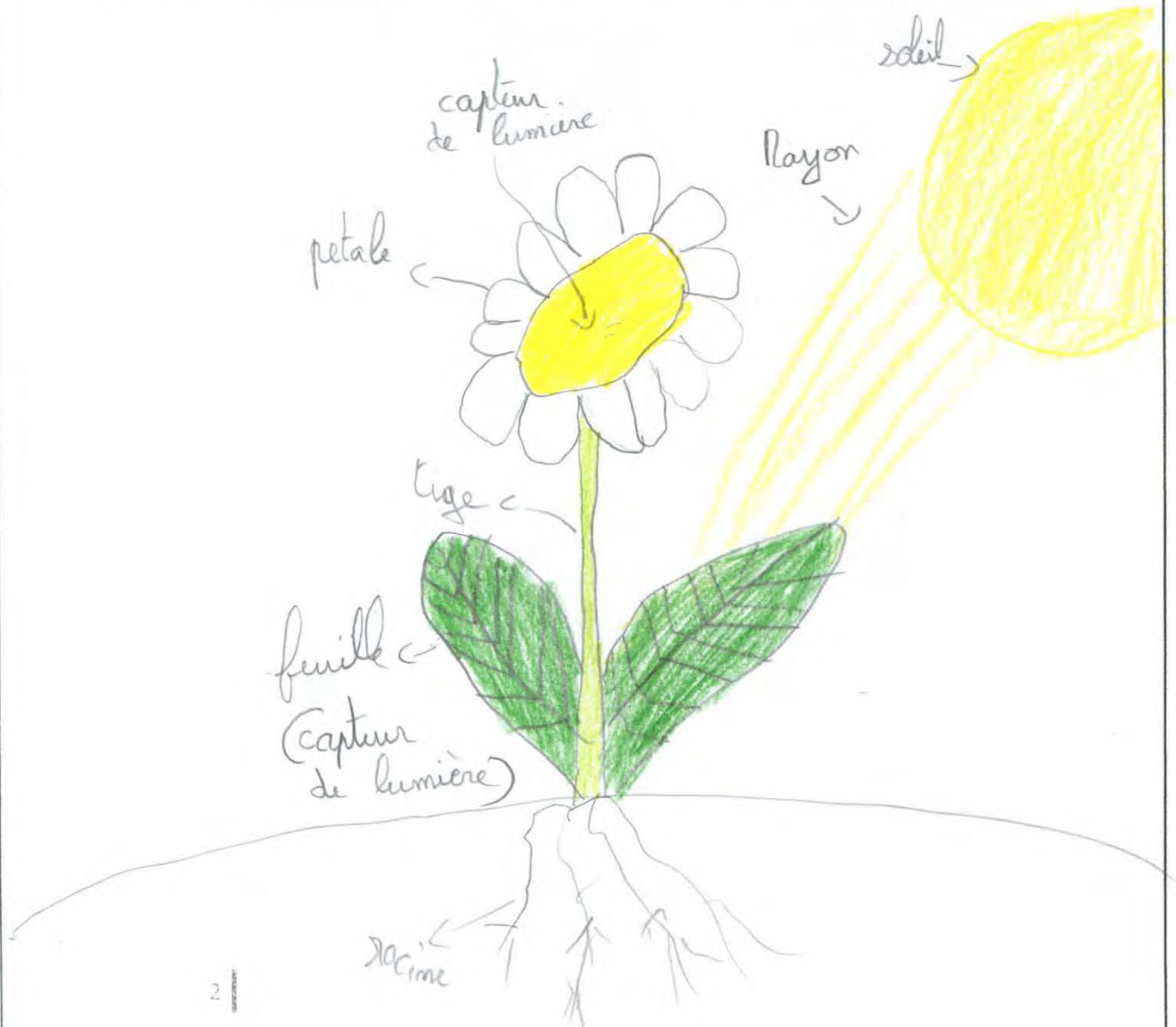
Le changement de temps (hiver) a fait que la fleur a disparu mais elle va repousser quand il fera plus beau. C'est un autre bleuet qui repousse.



2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

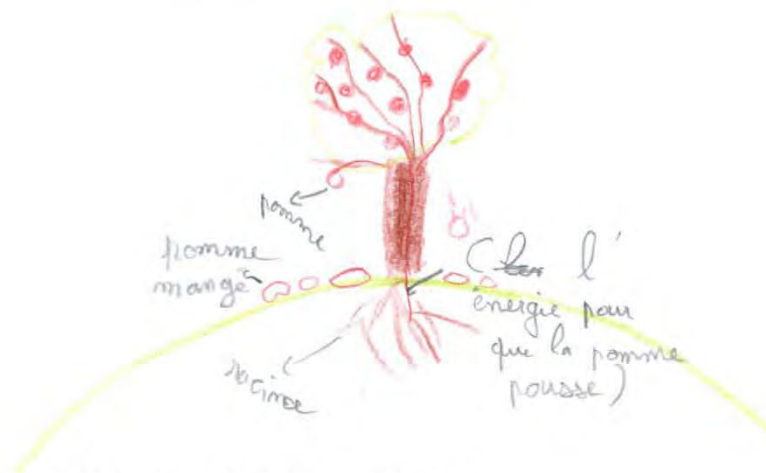
La fleur fanne et du coup le moustique,
les ~~petite~~ mange la fleur du coup la
fleur n'est plus là.

* insecte



3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

La pomme vient des racines (des pommes
qui sont tombées)



3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

.....

.....

.....

.....

.....

Nom : Paolotti

Prénom : Rachel

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

Je pense que c'est le même Bleuet qui réapparaît à un autre printemps. Au premier printemps la fleur apparaît puis en hiver elle disparaît. Je crois que c'est à cause du froid que le Bleuet disparaît.

Le bleuet réapparaît



puis en hiver elle disparaît



Est l'autre printemps le bleuet repousse



Rachel

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

La fleur disparaît à cause du froid, je pense que ce n'est pas la bonne température pour la fleur donc elle disparaît puis elle repousse en printemps.

elle pousse en
printemps

la fleur
à forme

la tige
la feuille

les pétales
tigue
la feuille

est disparaît
en hiver



Rachel

grâce aux
→ népin

3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

Dans le pommier la pomme se forme, elle
grandit et elle se forme pour puis
la mangai.

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

.....
.....
.....
.....
.....

Nom : Varignon

Prénom : MARGAUX

Lorsque je me promène à la campagne, au printemps, j'aperçois dans la nature une plante en fleur qui s'appelle le Bleuet. Cependant, en hiver, je ne la vois plus. Puis, au printemps suivant, je peux à nouveau voir du Bleuet en fleur dans la nature.

1. Que s'est-il passé d'un printemps à l'autre pour le Bleuet ? Est-ce le même Bleuet qui réapparaît au printemps suivant, ou est-ce un autre Bleuet ?

Elle est fanée. Qui s'est la même fleur qui réapparaît car la racine est toujours à la même place.

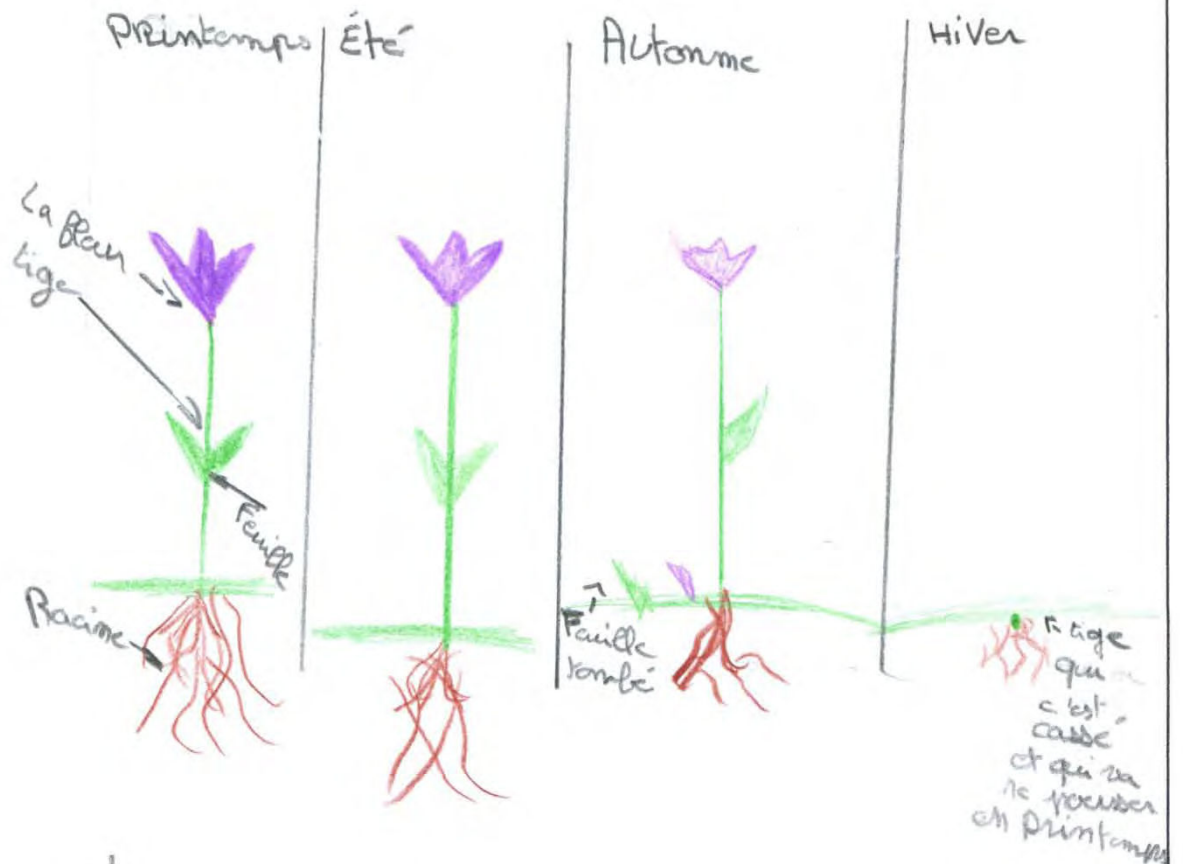
C'est la même
Dessin que la 1.

Margaux

2. Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

La fleur fême donne la racine
un produit mais je ne sais pas
comment ça s'appelle. elle cède à de
mois en mois.

légende



3.1. D'où vient la pomme qui est sur le Pommier ?

D'un petit bouton qui grandit jusqu'à
à faire la pomme.

3.2. A quoi sert la pomme pour le Pommier ?

Le pommier a besoin de la pomme
qui pousse car sa sève sert à l'année
prochaine refaire pousser.

Annexe 7-5

Avec le temps qui passe, que devient la fleur ?
 Dessine une fleur et écris sa légende.

La fleur fême elle donne a la terre des graines quel a quand telle fême puis elle fait poussé des autres fleurs

D'où vient la pomme qui est sur le pommier ?
 Elle vient des graines du pommier qui sont à la racine du pommier

À quoi sert la pomme pour le pommier ?
 La pomme sert à nourrir le pommier et à refaire des pommiers grâce aux graines de pomme.

Groupe 1 : Flavie, Louna, Margaux, Rachel, Tom

Avec le temps qui passe, que devient la fleur ?
 Dessine une fleur et écris sa légende.

La fleur devient une graine pour créer d'autres fleurs.

D'où vient la pomme qui est sur le pommier ?
 La pomme vient des racines.

À quoi sert la pomme pour le pommier ?
 Elle lui sert à avoir une graine.

Elle lui sert à avoir une graine.

Groupe 2 : Émile, Emma, Énora, Lorenzo

Avec le temps qui passe, que devient la fleur ?
Dessine une fleur et écris sa légende.

D'où vient la pomme qui est sur le pommier ?
 réponse Elle vient du branchement de l'actinon. **beuillage**

Et quoi sert la pomme pour le pommier ?
 - réponse = Quand la sève a trop de vitamine, elle se réjette en formant une pomme.

Raphaël, Manon, Jordan, Elise, Jude

Groupe 3 : Aude, Élise, Jordan, Manon, Raphaël

Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende ?

La fleur se penche et perd ses pétales.

D'où vient la pomme qui est sur le pommier ?
 La pomme vient des feuilles du pommier.

A quoi sert la pomme pour le pommier ?
 Elle sert à le faire vivre. Mais quand le pommier ne produit pas de pomme, il meurt.

Groupe 4 : Baptiste G., Clara, Clémentine, Katia (absente), Louis

• Avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende.

• La fleur commence à faner à la fin d'été, elle disparaît en hiver.

• D'où vient la pomme qui est sur le pommier ?
La pomme vient d'un bourgeon qui se transforme en fleur puis en pomme.

• À quoi sert la pomme pour le pommier ?
La pomme sert à reproduire le pommier.

Groupe 5 : Anaëlle, Emmy, Isaure, Léonie, Nora

1) Avec le temps qui passe, que devient la fleur ?
Dessine une fleur et écris sa légende.

2) D'où vient la pomme qui est sur le pommier ?
La pomme vient d'une fleur qui fleurit sur une branche.

À quoi sert la pomme pour le pommier ?
La pomme sert à reproduire le pommier (elle dépose ses graines quand elle tombe et meurt).

Groupe 5' : Baptiste H., Gabriel, Malo, Thomas

Annexe 7-6

**Transcription intégrale et la plus fidèle possible du débat scientifique mené en la journée
du vendredi 6 mars 2015**

Nota bene : si, pour ce qui est des intervenants, l'enseignant correspond bel et bien à l'enseignant, l'enseignant' correspond quant à lui au chercheur que nous sommes.

| | Intervenant | Intervention |
|----|--------------------|--|
| 1 | Enseignant | Quelle est l'affiche ? L'affiche de qui ? De quel groupe ? Louna tu viens ? Je relis. D'accord. Et puis après je te pose une question. Et puis si vous avez des questions à poser c'est possible. Donc il est peut-être bon qu'on se remémore les trois questions pour être sûr que tout le monde les ait bien en tête puisque vous avez tous la... Les mêmes questions sur l'affiche. La première était : avec le temps qui passe, que devient la fleur ? Dessine une fleur et écris sa légende : question numéro un. Question numéro deux : d'où vient la pomme qui est sur le pommier ? Question numéro trois : à quoi sert la pomme pour le pommier ? Donc la fleur fane. Elle donne à la terre des graines qu'elle a quand elle fane puis elle fait pousser les autres fleurs. Vous voyez la fleur quand elle fane, elle fait tomber ses graines qui donnent d'autres fleurs. D'accord. La pomme vient des graines du pommier qui sont à la racine du pommier. Tu nous expliques là ? |
| 2 | Louna | Eh ben je... |
| 3 | Enseignant | Ces graines-là. |
| 4 | Louna | Eh ben elles viennent en fait du (de) la racine du pommier qu'il y a. En fait le pommier il a des graines à la racine. |
| 5 | Enseignant | Et il les a récupérées comment ces graines ? |
| 6 | Louna | Avec les pommes qui sont par terre et qu'il les a récupérées en fait. |
| 7 | Enseignant | D'accord. |
| 8 | Louna | Et il les a récupérées que les graines en fait. |
| 9 | Enseignant | Donc vous comprenez. Les pommes tombent. D'accord. On voit qu'elles pourrissent. Elles libèrent leurs graines et les graines remontent par les racines. La pomme sert à nourrir le pommier et à refaire des pommes (pommiers) grâce aux graines de la pomme. Donc ici c'est ça. Alors moi j'ai une première question : la fleur qui fane là, qui donne des graines elle sert à refaire des fleurs ou elle sert à refaire des plantes ? |
| 10 | Louna | Je sais pas... |
| 11 | Enseignant | ... la différence ? |
| 12 | Louna | Oui. |
| 13 | Enseignant | Ah... On en avait parlé. Qui veut lui rappeler ce que c'est que la différence ? Gabriel ? |
| 14 | Gabriel | La plante... Il peut pas y avoir de fleurs. C'est... |
| 15 | Enseignant | Si. Il peut y avoir des fleurs. Mais c'est quoi la plante plus généralement ? |

| | | Une plante c'est fait de quoi ? |
|----|-------------|--|
| 16 | Margaux | La tige et les feuilles. |
| 17 | Enseignant | Tige. Feuilles. |
| 18 | XXX | Racines. |
| 19 | Enseignant | Racines. Et... |
| 20 | Aude | ... pétales. |
| 21 | Enseignant | ... éventuellement... |
| 22 | Baptiste H. | ... fleurs. |
| 23 | Enseignant | Racines et éventuellement fleurs. Et sur les fleurs il peut y avoir des... |
| 24 | Aude | ... pétales. |
| 25 | Enseignant | ... pétales. |
| 26 | Louna | Ben elle refait cette plante-là. En fait elle refait pousser cette plante-là. |
| 27 | Enseignant | D'accord. Donc quand tu dis qu'elle redonne des fleurs tu voulais dire plutôt elle redonne des plantes ? |
| 28 | Louna | Des plantes comme ça. Oui. |
| 29 | Enseignant | D'accord. OK. Donc... |
| 30 | X | ... elle se reproduit. |
| 31 | Enseignant | Baptiste ? |
| 32 | Baptiste H. | Si... Comment la... Oui. Mais comment le tout premier pommier a pu donner des pommes s'il y avait pas de pommes avant qui ont pris une graine pour remonter jusqu'à la branche ? |
| 33 | Enseignant | Alors... |
| 34 | Baptiste H. | Parce que faut bien qu'il y ait une pomme à un moment ? |
| 35 | Clémentine | Ben il la sème peut-être ? Non. |
| 36 | Enseignant | ... le premier fruit qui venait d'où ? La première pomme ? |
| 37 | Louna | Ben des graines. |
| 38 | Gabriel | Mais quelles graines ? |
| 39 | Baptiste H. | Oui. Mais quelles graines ? |
| 40 | Louna | Ben les graines du pommier. |
| 41 | Enseignant | Les graines du pommier ? |
| 42 | Clémentine | Oui. Mais le pommier il a pas encore poussé aussi. |
| 43 | Enseignant | Alors si on regarde... |
| 44 | Gabriel | Si les graines étaient de la pomme qui tombe et qui pourrit... |
| 45 | Louna | Oui. Mais au début il en a quand même. |
| 46 | Gabriel | Mais comment elles font pour venir ces pommes ? Enfin ces graines ? |
| 47 | Enseignant | Moi pour rebondir sur ce que dit Gabriel j'ai une question : à la première question là tu me dis que les graines elles donnent des... |
| 48 | Louna | ... plantes. |
| 49 | Enseignant | ... plantes. Ici vous me dites que les graines donnent des plantes avec des |

| | | |
|----|-------------|--|
| | | fleurs. Qui donneront des fleurs. Et là les graines elles donnent des pommes. La pomme c'est un fruit, c'est pas une fleur ? |
| 50 | Louna | Ben oui. Mais... |
| 51 | Enseignant | Alors qu'est-ce que ça donne des graines ? |
| 52 | Louna | Ben là ça... Elles donnent des pommes. |
| 53 | Enseignant | Et là les graines elles donnent quoi ? |
| 54 | Louna | Ben elles donnent pour que la plante elle pousse. |
| 55 | Enseignant | Ben là les graines elles redonnent des plantes et là les graines elles redonnent des pommes. Pourquoi ces graines-là redonnent des plantes et ces graines-là redonnent des fruits ? Il y a pas un souci là ? |
| 56 | Louna | Ben peut-être parce que... |
| 57 | Enseignant | Quand je plante une graine il pousse quoi ? Une plante ou un fruit ? Malo ? |
| 58 | Malo | Une plante. |
| 59 | Enseignant | Une plante. Est-ce que quelqu'un ici a déjà planté des graines qui en poussant donnent des fruits ? |
| 60 | X | Direct (directement) ? |
| 61 | Enseignant | Direct (directement). Qu'est-ce que tu as planté comme graines qui donnent des fruits ? |
| 62 | Anaëlle | Ben des graines de carotte. |
| 63 | Enseignant | Est-ce que la carotte est un fruit ? |
| 64 | XXX | Non. |
| 65 | Enseignant | Donc à part. |
| 66 | Margaux | Quand j'ai mis des graines... Et après il y a des fraises qui sont (ont) poussé. |
| 67 | Gabriel | Oui. Mais les fraises xxx. |
| 68 | Enseignant | Les fraises elles sont sorties de terre comme ça ? |
| 69 | Margaux | Ben non. Mais il y avait la racine hein... |
| 70 | Enseignant | Ah... Donc les graines de ton fraisier ça a donné quoi ? Une plante ou un fruit ? |
| 71 | Margaux | Ben un fruit. Mais ça peut donner une fleur. |
| 72 | Enseignant | Oui. Mais avant le fruit ça a donné quoi ? Direct (directement) le fruit ? Tu mets la graine dans la terre et la fraise elle arrive ? |
| 73 | Margaux | Ben non. Il y avait une fleur et après... |
| 74 | Gabriel | Ben... Voilà. |
| 75 | Margaux | ... la fleur elle... |
| 76 | Enseignant | Ben oui. Mais avant la fleur il y avait quoi ? |
| 77 | Baptiste H. | Ben une tige. |
| 78 | Enseignant | Tu m'as dit... Est-ce qu'il y avait des racines ? |
| 79 | Margaux | Oui. |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 80 | Enseignant | Est-ce qu'il y avait des tiges ? |
| 81 | Margaux | Ben oui. |
| 82 | Enseignant | Est-ce qu'il y avait des feuilles ? |
| 83 | Margaux | Oui. En dessous. |
| 84 | Enseignant | Donc ta graine elle a donné quoi ? |
| 85 | Margaux | Ben des feuilles. |
| 86 | Enseignant | Donc elle a donné une... Baptiste ? |
| 87 | Baptiste H. | ... plante. |
| 88 | Enseignant | Elle a donné une plante. |
| 89 | Clémentine | Et après il y a la fraise qui pousse. |
| 90 | Enseignant | Et après la plante a donné un fruit. D'accord. Mais là la graine elle donne direct (directement) un fruit. |
| 91 | Margaux | Mais oui. Mais c'est parce que... Comment... Quand ta plante... Quand tu as mis... Je vais dire ça fait dix ans que tu as mis des graines pour que le pommier il pousse. Tu as déjà des petits boutons sur... |
| 92 | Enseignant | D'accord. |
| 93 | Margaux | ... le pommier. |
| 94 | Enseignant | Mais ces graines-là elles donnent quoi ? Elles donnent le pommier ou elles donnent des pommes ? |
| 95 | Louna | Ben en fait au début elles donnent des pommiers. Après... |
| 96 | Enseignant | Oui. Mais celles-là là. Il est là ton pommier. Les graines là elles donnent quoi ? |
| 97 | Louna | Elles donnent des pommes. |
| 98 | Enseignant | Elle vient pas de dire que ça donnait une plante. Elle dit que ça donne des pommes. |
| 99 | Louna | Mais au début elle donnait une... La plante. Elle donnait un... |
| 100 | Enseignant | Oui. D'accord. Mais celles-là là que tu as dessinées elles donnent quoi ? |
| 101 | Louna | Ben elles donnent des pommes. |
| 102 | Enseignant | Alors pourquoi ? Vous comprenez ce que je veux dire. Là elle a des graines qui donnent une plante et là elle a des graines qui donnent un fruit. Et on vient de chercher qui a déjà planté une graine qui donne directement un fruit sans passer par une plante. Personne. |
| 103 | Gabriel | xxx. |
| 104 | Enseignant | Non. C'est pas un fruit. Malo ? |
| 105 | Malo | Si je prends une graine qui est dans la plante. Que je l'introduis dans un arbre. Je fais un gros trou dans l'arbre. Et je mets la graine. Et ensuite j'essaie de refermer. Est-ce que ça va faire pousser une plante ? Par exemple je suis sur un châtaignier. Est-ce que ça va faire pousser une plante ? |
| 106 | Enseignant | Ou tu es sur un pommier. Reste sur le pommier. |
| 107 | Malo | Oui. |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 108 | Louna | Ah... Si on met une graine dans la souche ? |
| 109 | Enseignant | Si tu prends une graine et que tu la mets dans le pommier est-ce que ça donne une pomme ? |
| 110 | Louna | Oui. |
| 111 | Enseignant | Oui. |
| 112 | Malo | Même si je la mets dans... |
| 113 | Enseignant | Donc ça veut dire... Et la graine... Cette graine-là là si je la plante dans la terre elle donne une pomme ? Il y a une pomme qui sort de la terre ? |
| 114 | Louna | Non. |
| 115 | Enseignant | Ah bon ? Et si... |
| 116 | Louna | Avant il faut qu'il y ait un arbre. |
| 117 | Enseignant | Avant il faut qu'il y ait un arbre. |
| 118 | Malo | Et ben xxx. |
| 119 | Enseignant | Et alors attends. On va... Je vais lui en raconter une. Je te dis quelque chose. Tu me dis comment c'est possible. Moi mon grand-père il a des pommiers. Tous les ans on ramassait toutes les pommes pour faire du cidre. Toutes. On en laissait pas une. Si j'en laissais une je me faisais gronder. L'année d'après il y avait encore des pommes sur mon pommier. L'année suivante je re-ramassais toutes les pommes. Et la troisième année il y avait encore des pommes sur le pommier. Pourtant moi je leur ai jamais laissé les pommes, je leur ai jamais laissé les graines. Comment c'est possible ? |
| 120 | Clémentine | Ben tu poses des questions pièges à chaque fois. |
| 121 | Baptiste H. | Ben non. C'est réel. |
| 122 | Enseignant | Ben non. C'est... Ah non. Mais c'est vrai de vrai hein... Je te promets hein... Du coup est-ce que c'est... Comment tu expliques que le pommier de mon grand-père il ait toujours des pommes alors que je ramassais toutes les pommes et du coup toutes les graines ? |
| 123 | Louna | Ben... |
| 124 | Enseignant | Tu sais pas ? |
| 125 | Louna | Oui. |
| 126 | Enseignant | D'accord. Donc on a deux problèmes là. D'abord on a... Tout le monde est d'accord pour dire que les graines donnent des plantes ? Là on a des graines qui donnent des fruits. Et en plus si je ramasse toutes les pommes et que je laisse pas les graines j'ai quand même des fruits qui reviennent l'année suivante. |
| 127 | X | C'est (Ce sont) pas les graines alors. |
| 128 | Enseignant | Alors j'écris ça. Alors que donne la graine ? Plante... |
| 129 | X | ... ou fruit ? |
| 130 | Enseignant | Plante ? Fruit ? On a plutôt tendance à dire quoi là ? |
| 131 | X | Plante. |
| 132 | X | Plutôt plante. |

| | | |
|-----|------------|---|
| 133 | Enseignant | Plutôt plante. Puisqu'on sait que les graines quand on les plante elles font des plantes. D'accord. Donc là on a un souci. Deuxième affiche : Émile, Emma, Énora, Lorenzo. Alors tu viens ? Je fais comme tout à l'heure. La fleur devient une graine pour créer d'autres fleurs. |
| 134 | Clémentine | Ben ils sont d'accord avec l'autre groupe ? |
| 135 | Enseignant | Ils sont d'accord avec l'autre groupe. Pour donner d'autres fleurs ou donner d'autres plantes ? |
| 136 | Emma | D'autres plantes. |
| 137 | Enseignant | D'autres plantes. D'accord. Ici sur le dessin j'ai pas l'impression que la fleur elle devient une graine, j'ai l'impression que la fleur elle donne une graine. Alors c'est elle devient une graine ou elle donne des graines ? Parce que j'ai l'impression que c'est... |
| 138 | Emma | ... elle donne. |
| 139 | Enseignant | ... elle donne. Ceux du groupe vous êtes d'accord ? |
| 140 | Lorenzo | Oui. |
| 141 | Énora | Ben oui. Parce que... |
| 142 | Enseignant | Oui. D'accord. Donc qui donne la graine ? La fleur. OK. Donc là on est d'accord ? Ici en fait c'était pas devient mais donne. C'est pas grave hein... T'inquiète pas. La pomme vient des racines. Ici les graines est-ce que c'est la même explication que tout à l'heure ? |
| 143 | Emma | Oui. En fait là il y a des graines et elles sont parties pour aller se reformer dans le pommier. |
| 144 | Enseignant | Se reformer en quoi ? |
| 145 | Gabriel | En pomme. |
| 146 | Enseignant | En pomme. Donc vos graines donnent aussi des fruits ? |
| 147 | Emma | Oui. |
| 148 | Enseignant | Et pourtant on vient de dire que si on ramasse toutes les pommes ça marche pas. Et quand on plante une graine ça donne une plante. |
| 149 | Emma | Oui. Mais c'est parce qu'en fait au début on plante une graine pour fabriquer le pommier. Mais comme il est assez jeune ben il peut encore... |
| 150 | Gabriel | Il peut pas faire de pommes ? |
| 151 | Emma | Il peut pas faire de pommes mais... |
| 152 | Enseignant | D'accord. |
| 153 | Emma | ... il a assez d'énergie. Mais quand il devient plus vieux, il a besoin d'énergie. Alors il faut qu'il... Enfin c'est ça qui donne, qui tombe et les graines... |
| 154 | Enseignant | Donc ça veut dire que les pommes qui tombent donneraient de la nourriture au pommier ? |
| 155 | Emma | Oui. Un peu. |
| 156 | Enseignant | OK. Mais est-ce que c'est bien ces graines-là qui redonnent vos pommes ? |
| 157 | Emma | Oui. |
| 158 | Enseignant | Alors comment expliques-tu que quand j'achète des graines dans le |

| | | |
|-----|-------------|--|
| | | commerce ça ne donne pas des fruits ? Comment expliques-tu que quand je... Si je ramasse... Ce qui est vrai hein... C'est pas une blague hein... Quand je ramassais toutes les pommes avec mon papi pour faire du cidre pourquoi est-ce que l'année suivante j'avais encore des pommes ? |
| 159 | Emma | Ben parce qu'il conserve les graines. Parfois il conserve un peu. Il en conserve parce qu'il prévoit un peu qu'il... |
| 160 | Enseignant | Oui. Et si je ramasse les pommes ? Et moi les pommes de mon papi je les ai ramassées peut-être pendant dix ans. Tu sais je les ai pas ramassées une fois comme ça, je les ai ramassées sur de très longues périodes. Et on en laissait pas une par terre. Du coup comment tu expliques ? Il a une réserve de dix ans ? |
| 161 | Gabriel | Vingt ans au moins. |
| 162 | Enseignant | Margaux ? |
| 163 | Margaux | Mais aussi si tu ramasses toutes les pommes il y en a bien une qui est tombée. Et tu vas pas la ramasser si elle est un peu pourrie, si elle est tombée déjà et qu'elle a... |
| 164 | Enseignant' | Margaux on les a toutes ramassées. |
| 165 | Enseignant | Toutes ramassées. Toutes. |
| 166 | Enseignant' | Ne cherchez pas à compliquer l'histoire. |
| 167 | Enseignant | Toutes. J'ai tout ramassé. Avec mon papi je te promets j'ai tout, tout, tout, tout ramassé. Et puis je te dirais même autre chose. Même si j'en avais laissé une... Il y a combien de graines dans une pomme ? |
| 168 | Margaux | Trois. Quatre. |
| 169 | Clémentine | Ben une. |
| 170 | Enseignant | Et tu arriverais à refaire des dizaines de pommes dans le pommier alors que tu nous dis qu'une graine donne une pomme ? Tu vois que ça tient pas ce que tu dis. Malo ? |
| 171 | Malo | Emma elle a dit que quand le Pommier eh ben il est plus fatigué donc il lâche les pommes. Alors pourquoi ? Mon père il a planté un pommier il y a pas si longtemps. Le pommier a déjà fait quelques pommes. Et pourtant il les a lâchées. |
| 172 | Emma | Je sais pas. |
| 173 | Enseignant | Tu sais pas. OK. |
| 174 | Énora | Emma je suis dans votre groupe. Disons que j'avais déjà pensé à ça. |
| 175 | Enseignant | D'accord. |
| 176 | Énora | Je pense moi que... Tu te rappelles la... L'histoire que maître hier nous a donnée sur le pommier avec les chouettes dans la forêt là. |
| 177 | XXX | Ah oui. |
| 178 | Enseignant | Le remplaçant ? Non. Monsieur xxx. |
| 179 | Énora | Oui. Monsieur xxx. Eh ben disons que si ça se trouve l'histoire elle est un peu vraie dans ce que... |
| 180 | Enseignant | Alors dans la mesure où c'est une histoire... Que je ne la connais pas et que c'est dans un livre qui est pour les enfants et qui est pour faire rire les |

| | | |
|-----|-------------|---|
| | | enfants... |
| 181 | Énora | Non. C'est pas... |
| 182 | Enseignant | “Histoires pressées”. Si. |
| 183 | Gabriel | Non. C'était pas “Histoires pressées”. |
| 184 | Clémentine | Non. C'est pas “Histoires pressées”. |
| 185 | Gabriel | C'était avec monsieur xxx hier. |
| 186 | Margaux | Et pourquoi les feuilles recouvrent-ils (elles)... |
| 187 | Clémentine | Oui. Pourquoi les arbres perdent leurs feuilles ? |
| 188 | Margaux | Oui. |
| 189 | Enseignant | Pourquoi ça perd leurs feuilles ? Oui. Mais est-ce que là on est en train de parler des feuilles ? |
| 190 | Énora | Oui. Mais... |
| 191 | Enseignant | Donc on va laisser tomber. Énora ? |
| 192 | Énora | Et en fait le vent... |
| 193 | Enseignant | Je veux bien que tu me parles de ça mais pas de l'histoire. |
| 194 | Énora | ... il faisait bouger les graines qu'il donnait aux arbres et tout ça. En fait le vent il apportait quelques graines qui venaient d'un autre arbre. |
| 195 | Enseignant | Ah... Le vent apporterait des graines. Mais les graines elles sont dans la pomme ? |
| 196 | Emma | Oui. Mais elles peuvent s'envoler. |
| 197 | Enseignant | Mais non. Puisque moi je ramasse toutes les pommes. |
| 198 | Énora | Mais oui. Mais d'un autre arbre. |
| 199 | Emma | Oui. Mais les graines elles peuvent s'envoler d'un autre arbre. |
| 200 | Malo | Oui. Mais une graine si tu fais pas toi-même elle va pas s'enfouir trop dans le sol à part si quelqu'un travaille la terre. |
| 201 | Enseignant | Mais ce qui est sûr c'est que le vent là sur les graines de pommes... Le vent il va pas emmener les graines de pommes hein... On regarde l'affiche suivante. |
| 202 | Gabriel | Mais en plus maître les graines de... |
| 203 | Malo | En plus si tu regardes dans une pomme les graines elles sont beaucoup plus grosses que les formes que tu regardes dans un arbre. C'est (Ce sont) les sortes de graines des arbres. Ben si. Pour remonter il y a que les veines pour passer. Et donc ben là les noyaux sont... |
| 204 | Enseignant | On avait parlé de canaux, de tuyaux l'année dernière. Pas de veines. |
| 205 | Malo | Oui. Les canaux. Eh ben ils sont trop petits pour laisser passer les graines des plantes. |
| 206 | Baptiste H. | xxx. |
| 207 | Enseignant | En fait la question qu'il te pose c'est : est-ce que tu penses que les graines peuvent vraiment rentrer dans les racines pour remonter jusqu'en haut ? |
| 208 | Emma | Ben oui. |
| 209 | Enseignant | Oui. À la base... Oui. Pourquoi pas ? OK. Mais par contre tu es d'accord |

| | | |
|-----|------------|--|
| | | avec moi ? Quand je plante une graine ça donne pas une pomme ? |
| 210 | Emma | Oui. |
| 211 | Enseignant | D'accord. Affiche suivante : Aude, Élise, Jordan, Manon, Raphaël. Alors au printemps la fleur s'ouvre et en hiver la fleur se ferme et disparaît à cause de la neige et de la pluie. D'où vient la pomme qui est sur le pommier ? Elle vient du tronc mais de l'extérieur. Quand la sève a trop de vitamines elle la rejette en formant une pomme. C'est la sève qui est là ? C'est ça ? |
| 212 | Manon | Oui. |
| 213 | Enseignant | D'accord. En hiver la fleur elle se ferme ou elle disparaît ? |
| 214 | Manon | Elle se ferme. |
| 215 | Enseignant | Elle se ferme. Alors quand moi je suis passé dans la campagne pourquoi je vous ai dit que les bleuets que j'avais vus avaient disparu ? J'ai bien dit qu'ils ont disparu. Si la fleur s'était fermée je l'aurais vu. Donc ceux qui sont du groupe de Manon... Il y a qui dans le groupe de Manon ? Elle se ferme ou elle disparaît ? |
| 216 | Aude | Elle disparaît. |
| 217 | Enseignant | Elle disparaît. D'accord. Donc ici on a bien une fleur qui disparaît pour de vrai. Le cœur de fleur. Je continue à lire la légende. Cœur de fleur. Pollen. C'est quoi le pollen ? Ça sert à quoi le pollen ? |
| 218 | Manon | Ben en fait le pollen ça sert à... Eh ben c'est pour la fleur. C'est une sorte de ressource pour la fleur. |
| 219 | Enseignant | C'est une sorte de ressource pour la fleur. Qui lui servirait à quoi ? |
| 220 | Manon | Ben c'est un peu comme... Ben pour la plante c'est un petit peu comme des vitamines. |
| 221 | Enseignant | Ça lui sert de vitamines ? |
| 222 | Manon | Oui. Mais pour la fleur. |
| 223 | Enseignant | Pollen. Il y en a d'autres qui savent ? Elle dit que ça donne des vitamines à la fleur. |
| 224 | Anaëlle | Ben... |
| 225 | Enseignant | Pollen hein... |
| 226 | Anaëlle | Oui. Ben peut-être qu'avec le temps ça fait pousser d'autres fleurs. Avec le pollen et avec le vent le pollen s'envole. Et puis ça atterrit sur d'autres fleurs pour les faire pousser. |
| 227 | Enseignant | Le pollen s'envole et atterrit sur d'autres fleurs pour les faire pousser. Ça veut dire... Mais si ça les fait... Mais si ça atterrit sur une fleur c'est qu'elle a déjà poussé la fleur ? Je comprends pas ce que tu veux me dire. Tu me dis il atterrit sur une autre fleur grâce au vent ? C'est ça ce que tu m'as dit ? |
| 228 | Anaëlle | Oui. |
| 229 | Enseignant | Pour la faire pousser ? |
| 230 | Anaëlle | Mais aussi... |
| 231 | Enseignant | Mais si le pollen il arrive sur une autre fleur c'est que la fleur elle est déjà |

| | | |
|-----|------------|---|
| | | là. Est-ce qu'il y a que le vent qui pourrait emmener le pollen aux autres fleurs comme ça ? |
| 232 | Gabriel | Il y a aussi les abeilles, les guêpes. |
| 233 | Enseignant | Les abeilles, les guêpes. |
| 234 | Aude | Les papillons. |
| 235 | Malo | Non. C'est (Ce sont) pas les guêpes. C'est (Ce sont) les bourdons. |
| 236 | Enseignant | Les abeilles, les bourdons. |
| 237 | Aude | Les papillons. |
| 238 | Enseignant | Les insectes ? |
| 239 | Aude | Oui. |
| 240 | Enseignant | Donc ça veut dire qu'il atterrit sur une autre fleur grâce au vent, grâce aux insectes. En ce moment où il commence à faire un peu plus beau est-ce que vous en voyez des insectes tourner autour des fleurs ? |
| 241 | XXX | Oui. |
| 242 | Clémentine | Maître c'est pas encore tout de suite, c'est en été vraiment. |
| 243 | Enseignant | Est-ce que vous en avez regardé de près des insectes qui vont dans la fleur ? |
| 244 | XXX | Oui. |
| 245 | Enseignant | Est-ce qu'ils ont du pollen sur eux ? |
| 246 | XXX | Oui. |
| 247 | Emmy | Sur leurs pattes. |
| 248 | Enseignant | Sur leurs pattes. Ils peuvent en avoir où d'autre du pollen ? |
| 249 | Emmy | Sur leur corps. |
| 250 | Enseignant | Sur leur corps. D'ailleurs leur corps il est recouvert de quoi souvent ? |
| 251 | Emma | De petits poils. |
| 252 | Enseignant | De petits poils. |
| 253 | Malo | De petits poils qui servent à accrocher le pollen. |
| 254 | Enseignant | De petits poils qui servent à accrocher le pollen. Donc en tout cas qu'ils servent à ça ou pas ils accrochent le pollen. Malo ? |
| 255 | Malo | J'ai un argument contre le truc de Manon. Ils (Il) servent (sert) de vitamines parce qu'une abeille ben ça reconnaît si la fleur a encore beaucoup de pollen ou si elle en a plus du tout. Et donc elle va retourner en chercher jusqu'à ce qu'il en ait plus sur les fleurs. |
| 256 | Enseignant | Quel rapport avec sa proposition ? |
| 257 | Malo | Parce qu'elle dit qu'elle (qu'il) sert de vitamines. Alors que si une abeille prend tout le pollen eh ben la fleur va mourir parce qu'elle aura plus de vitamines. |
| 258 | Enseignant | Alors une fois que l'abeille est passée est-ce que la fleur meurt ? |
| 259 | XXX | Non. |
| 260 | Enseignant | Qu'est-ce que tu appelles mourir d'ailleurs ? |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 261 | Malo | Ben ça veut dire qu'elle se tombe. |
| 262 | Clémentine | Elle se fane. |
| 263 | Enseignant | Elle fane. D'accord. Est-ce qu'elle va mourir la fleur si on lui prend tout son pollen par le vent et les abeilles ? |
| 264 | Manon | Je pense. |
| 265 | Enseignant | Tu penses. Et les autres ? |
| 266 | Gabriel | Oh... Ben non. |
| 267 | Malo | Ben non. |
| 268 | Gabriel | Ben non. Parce qu'un jour moi quand j'étais petit j'avais pris une fleur, j'avais enlevé tout le pollen avec Julien. Et pourtant ben elle est restée. Au moins un an plus tard elle y était encore. |
| 269 | Margaux | Ben oui. |
| 270 | Enseignant | D'accord. |
| 271 | Gabriel | Le pollen il était revenu. |
| 272 | Enseignant | Donc le pollen... Et il était revenu ? |
| 273 | Malo | Il reviendrait. |
| 274 | Enseignant | Il reviendrait. Margaux ? |
| 275 | Margaux | Après quand ils mettent et à cause de la neige et de la pluie... Je suis désolée mais si tu as un hiver... Je veux dire un printemps où il pleut, il neige et tout eh ben ta fleur elle va pas faner. |
| 276 | Enseignant | S'il pleut beaucoup au printemps quand les fleurs éclosent est-ce que ça va les empêcher de... Est-ce qu'il... Du coup il y a pas du tout de fleurs au printemps ? |
| 277 | Manon | S'il pleut ben ça va plutôt leur servir parce qu'il faut les arroser. |
| 278 | Enseignant | Ah... Donc en fait la pluie qui là la fait faner ça pourrait plutôt lui servir ? |
| 279 | Manon | Oui. |
| 280 | Enseignant | D'ailleurs l'année dernière quand on a regardé de quoi les plantes avaient besoin... Elles ont besoin de quoi les plantes ? |
| 281 | X | D'eau. |
| 282 | Emma | D'eau et de Soleil. |
| 283 | Enseignant | D'eau et de Soleil. |
| 284 | Baptiste H. | De minéraux. |
| 285 | Enseignant | De minéraux. Très bien. Et il restait encore une chose. |
| 286 | Aude | De terre. |
| 287 | Enseignant' | Oh... |
| 288 | Enseignant | Vous vous souvenez pas ? Il y avait un gaz. |
| 289 | Enseignant' | Et... |
| 290 | Gabriel | De... |
| 291 | Malo | ... l'azote. |
| 292 | Enseignant | Non. Comme quoi c'est pas passé. |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 293 | Enseignant' | C'est pas passé. |
| 294 | Baptiste H. | De l'oxygène. |
| 295 | Enseignant | Oui. Mais surtout d'un autre. L'oxygène c'est pas pour créer sa matière. |
| 296 | Gabriel | Ah... Je sais plus. |
| 297 | Malo | Ah... Le gaz carbonique. |
| 298 | Enseignant | Gaz carbonique. |
| 299 | Enseignant' | Chassez le naturel... |
| 300 | Enseignant | ... il revient au galop. Ce serait pas plutôt ça cette sève là ? Si on regarde... Alors vous vous allez me dire que vous avez... Écoutez. L'année dernière on a vu que la matière pomme... Vous vous souvenez ? L'arbre pour fabriquer sa matière... Que ce soit pour grandir, pour grossir... Donc là ben en l'occurrence pour fabriquer les pommes il prenait du gaz carbonique. Il a besoin de l'énergie solaire. Il prenait l'eau et les minéraux. Et de la sève brute il fabriquait de la sève éla-... |
| 301 | Margaux | ... -borée. |
| 302 | Enseignant | Élaborée. Très bien. La sève élaborée qu'on appelait aussi la sève sucrée. Et cette sève élaborée elle servait à quoi ? Alors là vous pouvez pas savoir. C'est (Ce sont) eux. On va voir s'ils se souviennent ? |
| 303 | Malo | Elle servait à continuer à faire de la croissance des plantes. |
| 304 | Enseignant | Donc à fabriquer de... |
| 305 | Malo | ... la matière. |
| 306 | Enseignant | ... la matière. D'accord. Est-ce que cette sève élaborée qui remonte là elle pourrait fabriquer la matière pomme ? |
| 307 | Malo | Ben oui. |
| 308 | Enseignant | Oui. Elle pourrait fabriquer la matière pomme. Donc là vous nous avez plutôt dit ce groupe-là comment se fait la pomme avec la sève élaborée. Vous avez répondu à cette question-là plutôt qu'à la question pourquoi. À quoi sert la pomme pour le pommier ? Donc là je pense que vous n'avez pas tout à fait répondu à la bonne question. D'accord. |
| 309 | Enseignant' | Juste. On peut redire parce que j'ai un doute. Vous me rappelez qui est-ce qui produit la sève ? Quel organe de la plante produit la sève élaborée, la sève sucrée ? |
| 310 | Enseignant | Baptiste ? |
| 311 | Enseignant' | Baptiste ? |
| 312 | Baptiste H. | Les feuilles. |
| 313 | Enseignant' | Les feuilles. On est bien d'accord hein... |
| 314 | Enseignant | Grâce à quoi ? |
| 315 | Enseignant' | Il faut de l'énergie. |
| 316 | Enseignant | Qui est tout vert. Qui capte l'énergie. |
| 317 | Baptiste H. | La chlorophylle. |
| 318 | Enseignant | La chlorophylle. D'accord. |
| 319 | Malo | Parce que sur les feuilles c'est ce qui fait qu'elles sont vertes. |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 320 | Enseignant | Très bien. Emma ? |
| 321 | Emma | Pour Malo j'ai une question : pourquoi une fois j'ai cueilli une fleur et il y avait comme une chose gluante qui est sortie de la tige en fait ? |
| 322 | Gabriel | C'était la sève. |
| 323 | Enseignant | C'était la sève. C'est ce dont elle te parle. Et ça on en est sûrs. On va pas en discuter parce que l'année dernière on a travaillé là-dessus. Et donc la sève on sait. |
| 324 | Emma | Oui. Mais elle dit que les vitamines ça vient du pollen. Mais alors pourquoi donc quand j'ai fait ça il y avait ça ? |
| 325 | Enseignant | Ah oui. Dis donc. C'est pas... Oui. Je vois ce que tu veux dire. Si on est d'accord pour dire que ce qui donne... Oui. Si la sève quand elle monte elle va permettre de créer la fleur, de lui donner de la vitamine... Du coup est-ce que ce serait plutôt ça ou plutôt le pollen qui est capable de partir à cause du vent et des insectes ? |
| 326 | Manon | J'ai pas compris la question. |
| 327 | Enseignant | Tu as pas compris la question. CM2. L'année dernière. Si la sève sucrée ou sève élaborée aide la plante à grandir... Ou pourquoi pas la fleur à grandir... Est-ce que c'est plutôt le pollen qui donnerait des vitamines, de la nourriture à la fleur ou est-ce que c'est plutôt la sève élaborée ? Par rapport à ce que nous avons fait l'année dernière. |
| 328 | Malo | La sève. Parce que... |
| 329 | Enseignant | La sève. Puisqu'on sait qu'elle fabrique de la matière. Donc ça veut dire que le pollen il ne servirait pas à ça. |
| 330 | Malo | Elle aide à grandir la sève. C'est comme nous quand... C'est un peu pareil que nous parce que quand on prend des vitamines eh ben on grandit. |
| 331 | Enseignant | Donc il va falloir qu'on arrive à voir à quoi sert ce pollen xxx. En tout cas le pollen vous êtes le premier groupe à en parler. C'est super intéressant. Affiche quatre. |
| 332 | Enseignant' | On sait que le pollen il sert à quelque chose mais on sait pas encore pourquoi. D'accord. |
| 333 | Enseignant | Donc ici j'ai pas de réponse. À quoi sert le pollen ? On sait qu'il atterrit sur une autre fleur grâce au vent, grâce aux insectes. Mais à quoi est-ce qu'il sert ? On ne sait pas. Qui donne la graine ? La fleur apparemment. Que donne la graine ? Une plante et non pas un fruit. Donc là on a des réponses mais là on en a toujours pas. Alors la fleur se penche et perd ses pétales. |
| 334 | Malo | Ah... Mais il y a quelque chose qui va pas dans ce que tu avais dit au début. C'est que quand toi tu reviens eh ben tu ne vois plus la fleur, tu ne vois même plus la tige. Alors que là elle se penche. Donc on voit encore la tige. |
| 335 | Clémentine | Non. Mais en fait quand elle fait ça après elle a disparu. |
| 336 | Gabriel | Mais le problème c'est qu'elle perd toujours ses feuilles là. Du coup ben... |
| 337 | Clémentine | Non. En fait là avant... On a pas dessiné mais avant tu vois elle est plus grande donc elle est normale. Au fur et à mesure des saisons et tout eh ben ensuite elle se penche. |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 338 | Enseignant | D'accord. Donc ça veut dire que la fleur en fait elle perd seulement ses pétales ou elle disparaît vraiment ? |
| 339 | Clémentine | Ben elle a disparu. |
| 340 | Enseignant | D'accord. Donc là en fait vous avez oublié de mettre la phase où elle a disparu. OK. La pomme vient des feuilles du pommier. Elle sert à le faire vivre mais quand le pommier ne produit pas de pommes il meurt. La pomme vient des feuilles. Qu'est-ce qu'on vient de dire sur les feuilles il y a deux minutes là justement avec la sève ? Qu'est-ce que nous on sait sur les feuilles ? Baptiste ? |
| 341 | Baptiste H. | Il y a de la chlorophylle dedans. |
| 342 | Enseignant | Oui. Et donc la feuille elle sert à fabriquer quoi ? |
| 343 | Baptiste H. | Ben l'oxygène. |
| 344 | Enseignant | Non. |
| 345 | Baptiste H. | Non. De la sève sucrée. |
| 346 | Enseignant | De la sève sucrée. Donc les feuilles tu sais bien elles servent à faire de la sève élaborée. |
| 347 | Malo | Oui. Mais sinon... |
| 348 | Enseignant | Elles feraient la pomme en même temps ? |
| 349 | Clémentine | Ben en fait on se dit que la fleur elle pousse. Et par exemple quand il y a du Soleil, de la pluie et tout ben la feuille elle fabrique un petit peu une fleur en fait. Et du coup ça sort la pomme. |
| 350 | Malo | Non. |
| 351 | Enseignant | La feuille fabrique une fleur ? Tu la vois où ta fleur là ? |
| 352 | Clémentine | Ben là on l'a pas dessinée parce qu'on se l'était pas dit. Mais je pense... Ben enfin... Quand je vois la feuille en fait je suis en train de me dire que ça donne pas tout de suite la pomme. |
| 353 | Enseignant' | Qu'il y aurait peut-être quelque chose qui... Oui. Vas-y. Développe. |
| 354 | Enseignant | Vas-y. |
| 355 | Clémentine | Ben... |
| 356 | Enseignant | Donc du coup qui aurait fait la pomme d'après ce que tu as l'air de... Moi je pense que tu as écouté ce qui s'est passé avant et que du coup tu te dis que qui pourrait faire la pomme ? |
| 357 | Clémentine | Ben peut-être plus la fleur du... La feuille je trouve que... |
| 358 | Enseignant | Est-ce que la fleur elle est forcément sur la feuille ou elle peut être à côté de la feuille ? |
| 359 | Clémentine | Ben peut-être à côté. |
| 360 | Enseignant | À côté. Donc toi tu te dis finalement ce serait peut-être la fleur qui ferait la pomme. Est-ce qu'on a déjà ça une fleur qui fait une pomme quelque part ? On en a parlé quelque part ? |
| 361 | Gabriel | Non. |
| 362 | Clémentine | Non. |
| 363 | Gabriel | C'est direct (directement) une... |

| | | |
|-----|-------------|--|
| 364 | Clémentine | C'est pas une fleur comme ça, comme exemple qu'il fait. Enfin... C'est une petite fleur comme les fraises. C'est une fleur blanche et après ça devient une fraise. |
| 365 | Enseignant | Ah... Donc on aurait une fleur qui fait... Alors attends. On va regarder. C'est peut-être sur l'affiche suivante. Je sais pas moi. Tu vas t'asseoir. Tu me poses une question. Regarde. Ça tombe bien on a le groupe de Léonie. |
| 366 | Enseignant' | Je fais juste une toute petite parenthèse. Vous remarquez que Clémentine elle change d'avis sur ce qu'elle avait fait il y a quelques jours par rapport à tout ce qu'on est en train de dire là aujourd'hui. C'est quelque chose qui est intéressant. Vous voyez ce que je veux dire ? Elle reste pas sur sa première idée si on arrête pas de lui montrer que peut-être ça ne tient pas la route. Vous voyez ce que je veux dire ? Elle tient compte de tout ce que l'on dit ensemble hein... |
| 367 | Enseignant | En fait là dans sa tête elle est en train de se dire tiens avec tout ce que j'entends d'intéressant... |
| 368 | Enseignant' | ... ça se passe peut-être autrement. |
| 369 | Enseignant | ... ça se passe peut-être autrement que ce que moi je pensais au début. Peut-être qu'entre ce que je pensais et ce qu'il se passe vraiment il y a une différence. |
| 370 | Enseignant' | Je ferme la parenthèse. |
| 371 | Enseignant | La fleur commence à faner à la fin de l'été. Elle disparaît en hiver. Ça... Est-ce que la fleur elle disparaît et après il se repasse rien ou est-ce qu'elle donne des graines comme on le pensait tout à l'heure ? |
| 372 | Emmy | Les pétales ben elles (ils) vont faner, vont tomber. La tige va disparaître. Et les pétales en fait vont venir... |
| 373 | Enseignant | Donc elle a servi à quoi ta fleur ? |
| 374 | Emmy | À se... |
| 375 | Enseignant | Elle a servi à quoi ta fleur ? Juste à faire beau parce que maman elle aime bien les fleurs ? Est-ce qu'une fleur ça ne servirait qu'à être beau ? |
| 376 | Emmy | Ben non. |
| 377 | Enseignant | Non. |
| 378 | Baptiste H. | Non. Parce qu'elle sert aux abeilles. Déjà une elle sert aux abeilles puis aux bourdons et aux insectes. |
| 379 | Enseignant | Elle sert aux insectes. |
| 380 | Raphaël | Ben c'est pour aussi la nature. |
| 381 | Enseignant | Ça veut dire quoi ça ? |
| 382 | Raphaël | Ben pour que ça... Je sais pas trop comment l'expliquer. |
| 383 | Enseignant' | Là sur votre dessin quand on regarde la réponse à la première question on a l'impression que la fleur elle ne sert qu'à une chose. À disparaître au bout d'un moment en fanant. D'accord. Ce que le maître il est en train d'essayer de vous dire c'est que quand on regarde un petit peu ce qu'il se passe dans la nature en général... Si je prends l'exemple d'un oiseau il a des ailes. Les ailes elles servent à... |
| 384 | XXX | ... voler. |

| | | |
|-----|-------------|--|
| 385 | Enseignant' | ... voler. Bon. Nous par exemple à l'intérieur du corps humain on a un estomac. L'estomac il sert à... |
| 386 | XXX | ... digérer. |
| 387 | Enseignant' | ... digérer. Bon. Bref. Les organes en général ils servent à quelque chose. Les organes des êtres vivants que ce soit des plantes ou des animaux. Donc là on est en train de vous montrer que vous nous dites souvent que la fleur elle disparaît avec le temps qui passe. Donc on a tendance à se dire ben alors elle sert à rien. C'est ça qu'on est en train d'essayer de vous dire. |
| 388 | Enseignant | Est-ce qu'elle ne sert à rien cette fleur ? Est-ce qu'elle est juste là pour faire beau ? |
| 389 | XXX | Non. |
| 390 | Enseignant | Elle a sûrement un rôle ? |
| 391 | Gabriel | Oui. |
| 392 | Enseignant | Alors le rôle c'est peut-être celui que vous dites là. La pomme vient d'un bourgeon qui se transforme en fleur puis en pomme. Ah... Tiens dis donc. Regarde. Clémentine ce que tu viens de dire... Une fleur qui se transforme en pomme. |
| 393 | Emmy | En fait au début on a un bourgeon qui après devient une fleur qui se transforme ensuite en pomme. |
| 394 | Enseignant | Tu disais tout de suite je pense qu'en fait c'est (ce sont) pas les feuilles qui donnent les fruits mais plutôt les fleurs. C'est pour ça que je suis arrivé tout de suite sur cette affiche. Ils disent que la fleur donne la pomme. Mais alors là j'ai un problème avec ce groupe-là. Vous vous souvenez ? Tout à l'heure j'avais un problème là parce que dans un premier temps la graine elle donne une plante et après la graine elle donne un fruit. Mais là j'ai un souci dans ce groupe-là. Et tous les gens du groupe peuvent intervenir. La fleur elle donne quoi là ? |
| 395 | Emmy | Ben une pomme. |
| 396 | Enseignant | Donc elle donne un fruit ? |
| 397 | Léonie | Oui. |
| 398 | Enseignant | Et pourquoi là la fleur elle sert à rien ? |
| 399 | X | Si. |
| 400 | Enseignant | Pourquoi là elle sert juste à faire beau ? Là on a une magnifique fleur qui donne une pomme, qui donne un fruit. Là on a une fleur qui fane et il se passe rien. C'est bizarre ça. Que ce soit ça qui soit vrai ou ça qui soit vrai je suis pas en train de vous dire ce qui est vrai, je suis en train de vous dire c'est bizarre. On a des fleurs qui donnent des fruits. On a des fleurs qui sont juste là pour être belles. |
| 401 | Emmy | Non. Parce qu'en fait les pétales vont s'enterrer et redevenir... Ah... |
| 402 | Enseignant | Non. Mais c'est ce que tu es en train d'inventer là maintenant, tout de suite ? |
| 403 | Emmy | Non. |
| 404 | Enseignant | Les pétales s'enterrent ? |

| | | |
|-----|-------------------|--|
| 405 | Anaëlle et Léonie | Non. |
| 406 | Anaëlle | On a jamais dit ça. |
| 407 | Enseignant | Non. Vous n'avez jamais dit ça. |
| 408 | Gabriel | Les pétales ça fane, ça pourrit, ça disparaît xxx. |
| 409 | Enseignant | L'année dernière on a vu que toute la matière... Comme ça... Organique qui tombait elle était remangée par des petits animaux. Absolument. Tu as raison. |
| 410 | Énora | xxx. |
| 411 | Malo | Et sinon pour la fleur elle sert forcément à quelque chose puisque l'année dernière on a travaillé sur ce que rejette l'usine. C'est-à-dire les feuilles. Et elles rejettent de l'oxygène. Donc elles servent aussi pour nous. |
| 412 | Enseignant | Tu veux dire par là que les fleurs... Si les feuilles dans la plante servent à quelque chose, si les racines servent à quelque chose, si la tige sert à quelque chose c'est certainement que les fleurs... |
| 413 | Gabriel et Malo | ... servent à quelque chose. |
| 414 | Enseignant | ... servent à quelque chose. |
| 415 | Enseignant' | Intéressant ça. |
| 416 | Enseignant | Je le pense aussi. Par contre là ça sert à faire des fruits et là rien du tout. Ça c'est quand même bizarre. On regarde la dernière affiche. Dessine une fleur et écris sa légende. Alors ben il y a rien. Printemps. Été. Automne. Hiver. Tiens c'est marrant dans ce groupe-là... |
| 417 | X | xxx. |
| 418 | Enseignant | ... ils me... Oui. Mais il me semble que sur la production de Baptiste j'avais... Vous aviez des graines comme sur celle-là. Pourquoi une fois que vous avez été dans le groupe les graines ont disparu ? Vous étiez quatre ou cinq. Peu importe. Sur celle de Baptiste... Et quand je dis ça je dis pas qu'il ait raison ou qu'il ait tort. Je vous pose juste une question. Quand la fleur fanait elle donnait des graines qui redonnaient d'autres plantes. Ici on a une fleur qui disparaît et les graines ont disparu. Pourquoi ? |
| 419 | Malo | On a oublié de le marquer mais en fait on dit que c'est (ce sont) pas vraiment les graines mais c'est le pollen qui sert à replanter. C'est grâce aux abeilles et tout que ça se replante parce qu'en fait le pollen se fait disperser par les abeilles. Le reste du temps le pollen se fait recouvrir parce que par exemple les dinosaures quand ils sont morts eh ben pour leurs os ils ont été recouverts. |
| 420 | Baptiste H. | Malo ça fait des millions d'années qu'ils sont morts ? |
| 421 | Malo | Oui. Mais ils ont été recouverts très profondément. |
| 422 | Enseignant | D'accord. Malo tout à l'heure tu nous as dit que ce qui était intéressant des abeilles c'est qu'elles transportaient le pollen de fleur en fleur ? C'est bien ce que tu nous as dit ? |
| 423 | Malo | Oui. |

| | | |
|-----|-------------|--|
| 424 | Enseignant | Et là tu es en train de nous dire que ce qui est intéressant c'est que le pollen soit transporté par terre ? |
| 425 | Malo | Ben il y en a un peu qui tombe par terre. C'est normal parce qu'il est... |
| 426 | Enseignant | Est-ce que si je plante du pollen ça donne une plante ? Malo ? |
| 427 | Malo | Ben c'est un peu... |
| 428 | Enseignant | Je plante du pollen. Est-ce que j'obtiens une plante ? |
| 429 | Baptiste H. | Non. Mais c'est pas ça maître. |
| 430 | Enseignant | Je reviens sur toi après. Je suis en train d'aller jusqu'au bout de ce qu'il dit. Si je plante du pollen est-ce que ça donne une plante ? Malo ? |
| 431 | Malo | Ben oui. |
| 432 | Enseignant | Oui. |
| 433 | Enseignant' | Malo qu'est-ce qu'on a dit au début du débat ? Qu'est-ce qui donne une plante ? |
| 434 | Enseignant | Qu'est-ce qui donne une plante ? Malo quand ton papa plante... Il plante quoi ton père ? |
| 435 | Malo | Une graine. |
| 436 | Enseignant | Tu l'as déjà vu planter du pollen ? |
| 437 | Malo | Mais la graine elle... |
| 438 | Enseignant | L'as-tu déjà vu planter du pollen ? |
| 439 | Malo | Non. Mais la graine est dans le pollen. |
| 440 | Enseignant | La graine est dans le pollen ? |
| 441 | XXX | Non. |
| 442 | Manon | C'est le contraire. |
| 443 | Enseignant' | Manon dit peut-être le contraire. |
| 444 | Enseignant | Ah... |
| 445 | Enseignant' | Tiens donc. |
| 446 | Enseignant | Tu dirais que le pollen est dans la graine ? |
| 447 | Manon | Ben oui. |
| 448 | Enseignant | Ah... En tout cas le pollen aurait un rapport avec la graine. On va continuer. Donc vous avez décidé de l'enlever sauf que vous avez oublié de le remettre. Enfin que ce soit pollen ou graine... D'accord. Là du coup votre fleur elle sert à quoi ? Je l'ai entendu. Énora ? |
| 449 | Énora | Non. |
| 450 | Enseignant | Non. Emma ? |
| 451 | Emma | À rien. |
| 452 | Enseignant | Elle sert à rien votre fleur. Alors que Malo tu viens de nous expliquer que si la feuille servait à la sève élaborée, si la tige servait à quelque chose, si la racine servait à quelque chose du coup la fleur servait forcément à quelque chose. On a... C'est pas grave hein... Mais là votre fleur elle sert strictement à rien. |
| 453 | Malo | Oui. Mais c'était pas la question ? La question c'est pas de dire ce que fait |

| | | |
|-----|------------|---|
| | | la fleur ? |
| 454 | Enseignant | Ben si. C'est : qu'est-ce qu'il se passe avec le temps qui passe ? Si la fleur fait quelque chose d'important... Si je te demande avec le temps qui passe que devient la vie de Malo tu vas bien me raconter ce que tu fais d'important dans la journée ? Donc si la fleur fait quelque chose d'important c'est quand même dommage de pas l'avoir noté. La pomme vient d'une fleur qui pousse sur une branche. Ah... Qu'est-ce qui donne le fruit là ? Élise ? La pomme vient d'une fleur qui pousse sur une branche. |
| 455 | Élise | La fleur. |
| 456 | Enseignant | La fleur. La pomme sert à reproduire le pommier. Elle dépose ses semences quand elle tombe et moisit. |
| 457 | Énora | C'est quoi des semences ? |
| 458 | Gabriel | Les semences c'est (ce sont) les graines qu'il y a dans la pomme. Quand la pomme elle tombe... Et en tombant il y a les petites graines de la pomme. Elles vont dans le sol et elles refont des pommiers. |
| 459 | Emma | Des pommiers ou des pommes ? |
| 460 | X | Pas toutes. |
| 461 | Gabriel | Des pommiers. |
| 462 | Enseignant | La reproduction. Tiens on en a parlé nous de la reproduction. Qu'est-ce qu'on a vu dans la reproduction ? On a revu la reproduction de quoi ? |
| 463 | Énora | On l'a pas fait (faite) entière. |
| 464 | Enseignant | Oh... On a fait la reproduction de quoi ? |
| 465 | Gabriel | Humaine. |
| 466 | Énora | La reproduction du corps humain. |
| 467 | Enseignant | La reproduction du corps humain ? La reproduction de quoi ? Emma ? |
| 468 | Emma | Humaine. |
| 469 | Enseignant | La reproduction humaine. Donc on a vu comment on faisait des... |
| 470 | XXX | ... bébés. |
| 471 | Enseignant | D'accord. |
| 472 | Gabriel | Ben là les pommes... |
| 473 | Enseignant | Est-ce qu'on avait des semences... |
| 474 | XXX | Non. |
| 475 | Enseignant | ... quelque part ? |
| 476 | Margaux | Ben oui. Un peu. |
| 477 | Enseignant | Oui. Un peu. C'était quoi nos semences à nous ? |
| 478 | Malo | Ben c'était le bébé qui est encore tout petit. |
| 479 | Margaux | Mais c'est en fait... |
| 480 | Enseignant | Ah non. C'étaient pas nos semences. |
| 481 | Gabriel | C'étaient les spermatozoïdes et l'ovule. |
| 482 | Enseignant | C'étaient les spermatozoïdes et l'ovule. Alors après le rôle de chacun on va pas dire ce qu'ils faisaient mais c'étaient le spermatozoïde et l'ovule. |

| | | |
|-----|-------------|--|
| | | D'accord. Et ce spermatozoïde et cet ovule ils donnaient quoi ? |
| 483 | XXX | Un bébé. |
| 484 | Enseignant | Un bébé. Que certains ont appelé comment ? Une petite... |
| 485 | Clémentine | ... graine. |
| 486 | Enseignant | Voilà. Une petite graine. Donc... |
| 487 | Enseignant' | Écoutez. |
| 488 | Enseignant | ... la semence c'est la graine ou la semence c'est comme le spermatozoïde et l'ovule qui ont donné la graine ? |
| 489 | Gabriel | Ben c'est la graine qu'il y a dans la pomme. |
| 490 | Enseignant | Et elle vient d'où cette graine qui est dans la pomme ? Elle est arrivée là comment ? |
| 491 | Gabriel | Ben quand la pomme s'est formée on va dire. Ben il y a les graines qui se sont formées en même temps. |
| 492 | Enseignant' | Gabriel pour revenir à la reproduction humaine, pour avoir la petite graine, pour obtenir la petite graine on a besoin de quoi et de quoi ? Tu viens de le dire. |
| 493 | Enseignant | On a besoin de deux choses. On a besoin des spermatozoïdes et... |
| 494 | Gabriel | ... l'ovule. |
| 495 | Enseignant | ... l'ovule. Les spermatozoïdes et l'ovule donnent des petites graines. La petite graine là elle ressemble plus au bébé ou elle ressemble plus au spermatozoïde et à l'ovule ? |
| 496 | Clémentine | Ben au bébé. |
| 497 | Enseignant | Elle ressemble plus au bébé. Alors du coup si cette graine qui est dedans... Elle aurait été formée à partir de quoi ? |
| 498 | Baptiste H. | Ben des minéraux qu'il y a dans la terre et la sève. |
| 499 | Malo | Ben de la sève, des minéraux. |
| 500 | Enseignant | De la sève. On a dit que le fruit il venait de quoi ? |
| 501 | Malo | Ben de la sève. |
| 502 | Aude | Des fleurs. |
| 503 | Enseignant | Des fleurs. |
| 504 | Malo | Oui. Mais des fleurs et... |
| 505 | Emma | De la plante. |
| 506 | Enseignant | D'accord. |
| 507 | Malo | ... quand elle pousse la fleur c'est comme si elle alimentait son bébé. |
| 508 | Enseignant | Quand la... |
| 509 | Malo | En fait il y a la fleur. |
| 510 | Enseignant | Oui. |
| 511 | Malo | Et la pomme c'est comme si c'était son bébé. Donc elle l'alimente. |
| 512 | Enseignant | D'accord. Donc qu'est-ce qui dans la... |
| 513 | Malo | Vu qu'elle grandit. |

| | | |
|-----|-------------|--|
| 514 | Enseignant | Donc et la pomme elle serait arrivée là comment ? |
| 515 | Clémentine | Ben grâce à la plante. |
| 516 | X | Une fleur. |
| 517 | Enseignant | Le spermatozoïde et l'ovule on va les trouver dans quoi d'après vous ? Si la pomme ça se passait comme un bébé est-ce que le spermatozoïde et l'ovule on va trouver ça dans les racines de la plante ? |
| 518 | XXX | Non. |
| 519 | Enseignant | Non. |
| 520 | Malo | Ou dans la sève. |
| 521 | Gabriel | Dans les branches ou dans... |
| 522 | Enseignant | Est-ce qu'on pourrait trouver ça dans la branche ? |
| 523 | Gabriel | Ben oui. |
| 524 | Malo | Ben dans les canaux avec la sève. |
| 525 | Énora | Ou dans le tronc. |
| 526 | Enseignant | Dans les canaux avec la sève ? Mais on a dit tout à l'heure que la graine elle remontait pas par là ? |
| 527 | Malo | Non. Mais c'est (ce sont) les spermatozoïdes et l'ovule qui... |
| 528 | Enseignant | ... remonteraient par la sève ? |
| 529 | Malo | Oui. Mais comme c'est microscopique eh ben c'est plus facile. |
| 530 | Enseignant | Est-ce que l'ovule et le spermatozoïde pourraient se retrouver dans les feuilles ? |
| 531 | XXX | Ben non. |
| 532 | Malo | Ben oui. Parce qu'il y a des canaux dans les feuilles. |
| 533 | Gabriel | Ben non. Puisque la pomme elle pousse pas sur les... |
| 534 | Enseignant | Ben la feuille on sait à quoi elle sert ? Vas-y. |
| 535 | Gabriel | La pomme elle pousse pas sur une feuille. |
| 536 | Enseignant | Elle pousse sur quoi ? |
| 537 | Gabriel | Sur les bourgeons que la... |
| 538 | Enseignant | Sur la fleur. Est-ce que vous pensez que dans la fleur il pourrait y avoir quelque chose qui ressemble à un spermatozoïde et un ovule ? |
| 539 | XXX | Ben oui. |
| 540 | Gabriel | Le pollen. |
| 541 | Clémentine | Ben oui. |
| 542 | Enseignant | Le pollen. Ce serait quoi le pollen ? |
| 543 | Gabriel | L'ovule. |
| 544 | Enseignant | D'accord. |
| 545 | Gabriel | Et ce qui arriverait par les branches ce seraient les spermatozoïdes. Tout ce qui serait minéraux et tout ça pour alimenter la fleur. |
| 546 | Enseignant' | Mais dis-moi Gabriel si tu me parles de sève là ça voudrait dire que la plante elle va chercher ses spermatozoïdes dans la terre ? |

| | | |
|-----|-------------|---|
| 547 | Gabriel | Non. |
| 548 | Enseignant' | Ou le contraire ? |
| 549 | Gabriel | Elle va chercher tous les minéraux dans la terre. |
| 550 | Enseignant' | Oui. |
| 551 | Gabriel | Les minéraux ils remontent. |
| 552 | Enseignant' | Oui. |
| 553 | Gabriel | Et comme en fait... |
| 554 | Enseignant' | Et ça devient comme ça ? |
| 555 | Gabriel | Non. C'est le mélange de tout parce que c'est comme s'il y avait plusieurs petits vaisseaux qui remontaient et qui se recroisaient à la fin et qui se mélangeaient. |
| 556 | Enseignant | Oui. Mais l'année dernière quand on a travaillé sur la sève élaborée a-t-on à un seul moment parlé de reproduction de la plante ou est-ce qu'on a parlé de nourriture de la plante ? |
| 557 | XXX | De nutrition. |
| 558 | XXX | De nourriture. |
| 559 | Enseignant | De nutrition ou de nourriture de la plante. Du coup si la sève élaborée avait servi à la reproduction est-ce qu'on s'en serait aperçu l'année dernière ? |
| 560 | Gabriel | Oui. |
| 561 | Enseignant | Oui. Est-ce qu'on s'en est aperçu ? |
| 562 | Gabriel | Non. |
| 563 | Enseignant | Non. Donc est-ce que la sève élaborée va pouvoir avoir un rapport avec la reproduction ? |
| 564 | Gabriel | Ben non. |
| 565 | Enseignant | Certainement que... Non. |
| 566 | Enseignant' | Gabriel on avait bien travaillé l'année dernière la sève élaborée. Vous l'avez redit au début du débat. Ça sert à quoi ? Ça sert à produire de la... |
| 567 | Gabriel | ... nourriture. |
| 568 | Enseignant' | ... matière quand la plante grandit. Non. On a pas travaillé ça ? |
| 569 | Gabriel | Si. |
| 570 | Enseignant' | Bon. |
| 571 | Enseignant | Donc la graine vient peut-être comme le bébé de deux choses dont on a parlé. Spermatozoïde. Ovule. Et là on a ce pollen qui se promène. Donc tu disais que le pollen ça serait peut-être l'ovule ? C'est ça ? |
| 572 | Gabriel | Oui. |
| 573 | Enseignant | Les autres vous en pensez quoi de ce pollen là ? On sait pas trop à quoi il sert et pourtant il va de fleur en fleur. |
| 574 | Malo | Oui. Mais peut-être que le pollen c'est (ce sont) les spermatozoïdes et l'ovule. En fait c'est (ce sont) les deux. Et le temps que... En fait quand la fleur pousse sur l'arbre... Et comme c'est une plante fructifère... Donc les |

| | | |
|-----|-------------|---|
| | | fleurs donnent des fruits. Et en fait ces plantes... |
| 575 | Enseignant | Ça veut dire que si c'est une plante non fruitière elle donne pas de fruits ? |
| 576 | Énora | Voilà. |
| 577 | Malo | Oui. |
| 578 | Énora | Et du coup on a pas parlé de ça nous ? De la plante fruitière ? |
| 579 | Enseignant | Non. On a parlé des fleurs. Ça veut dire que tu as des fleurs qui donnent des fruits et des fleurs qui donnent pas de fruits ? |
| 580 | Malo | Oui. |
| 581 | Emma | Mais comment tu fais la différence ? |
| 582 | Enseignant' | Malo tu aurais des ailes qui servent à voler et des ailes qui servent pas à voler dans la nature ? |
| 583 | Malo | Ben... |
| 584 | Enseignant' | Les ailes ça sert à voler. Point. |
| 585 | Malo | Ben les autruches elles ont des ailes et... |
| 586 | Enseignant' | Ah... C'est la grosse exception ça. Oui. Alors là désolé. |
| 587 | Enseignant | Tu vas nous sortir les pingouins là aussi ? C'est ça ? |
| 588 | Enseignant' | Non. Mais Malo cherche pas midi à quatorze heures. |
| 589 | Enseignant | Oui. Donc... |
| 590 | Enseignant' | Ça sert à rien. |
| 591 | Enseignant | ... s'il y a quelque chose... Puisque la fleur donne le fruit... Si jamais il y a quelque chose qui donne la graine dans la fleur qu'est-ce qu'il faudrait qu'on fasse pour savoir si c'est vrai ou pas ? |
| 592 | Margaux | Ben je... |
| 593 | Enseignant | Si vraiment il y a ou pas ? |
| 594 | Margaux | Ben une expérience. |
| 595 | Enseignant | Une expérience. Et on pourrait faire quoi comme expérience ? Qu'est-ce qu'on pourrait faire comme expérience ? |
| 596 | Margaux | Ben tu prends du pollen d'une fleur. Tu vas le planter dans la terre. Et tu regardes s'il y a soit... |
| 597 | Enseignant | Dans la terre ou dans une autre fleur ? |
| 598 | Margaux | Non. Dans la terre. |
| 599 | Enseignant | Dans la terre. |
| 600 | Margaux | Et tu regardes après si ça marche. |
| 601 | Enseignant | D'accord. |
| 602 | X | Oui. Mais faudrait plusieurs jours. |
| 603 | Enseignant | Oui. Qu'est-ce qu'on pourrait faire d'autre avec la fleur ? |
| 604 | Emma | Prendre le pollen et le mettre à plusieurs fleurs. Enfin... |
| 605 | Enseignant | Faire une sorte de dissémination du pollen. Baptiste ? |
| 606 | Baptiste H. | Par exemple si les abeilles... Et si elles avaient du pollen et qu'il tombait on verrait le chemin de l'abeille s'il y avait plein de fleurs qui poussaient à |

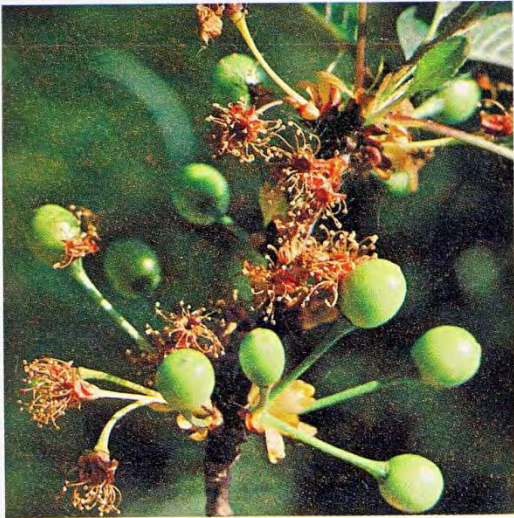
| | | |
|-----|------------|--|
| | | cet endroit-là. |
| 607 | Enseignant | Et si on prenait une fleur et qu'on la regardait de plus près est-ce qu'on pourrait essayer de voir des choses qui ressembleraient un peu à ce qu'on a dit là ? |
| 608 | XXX | Oui. |
| 609 | Enseignant | Donc on pourrait aussi aller regarder une fleur de plus près. Qui a déjà regardé une fleur de très, très près ? (pour ainsi dire, tous les bras se lèvent) D'accord. Vous avez tous regardé une fleur de très près ? |
| 610 | XXX | Oui. |
| 611 | Nora | Ben comment de très près ? |
| 612 | Enseignant | Donc si nous on vous demande de... Ah... Comment de très près ? Ça veut dire que tu as vraiment regardé tout ce qui forme la fleur. |
| 613 | Gabriel | Moi j'ai regardé au microscope des pollens à l'intérieur de la tige. |
| 614 | Enseignant | Des pollens à l'intérieur de la tige ? |
| 615 | Gabriel | Non. Du pollen. |
| 616 | Enseignant | Oui. |
| 617 | Gabriel | Et ce qu'il y avait à l'intérieur de la tige. |
| 618 | Enseignant | D'accord. Ah oui. |
| 619 | Gabriel | Tout ça à la loupe, au microscope. |
| 620 | Enseignant | D'accord. |
| 621 | Emma | La même chose. |
| 622 | Enseignant | Emma ? |
| 623 | Emma | Ben moi en fait j'ai fait cette expérience-là l'année dernière. Et on avait décortiqué des fleurs pour voir ce qu'il y avait à l'intérieur où... |
| 624 | Enseignant | Ah... Donc est-ce que décortiquer des fleurs pour voir ce qu'il y a à l'intérieur... |
| 625 | Emma | Non. Mais... |
| 626 | Enseignant | Est-ce que ça pourrait nous donner une idée de savoir s'il y a des choses comme ça ou qui ressemblent à une graine ? |
| 627 | XXX | Ben oui. |
| 628 | Enseignant | D'accord. |
| 629 | X | xxx. |
| 630 | Enseignant | Ou la fleur d'un pommier. Ou une autre fleur. |
| 631 | Malo | Planter une graine de pomme et voir si ça produit une pomme ? |
| 632 | Enseignant | Tout à fait. Margaux ? |
| 633 | Margaux | Pour revenir sur leur fleur là ils disent que l'abeille quand elle prend... |
| 634 | Enseignant | ... le pollen... |
| 635 | Margaux | ... le pollen elle en met par terre. Mais moi j'ai jamais vu un champ de fleurs et après il y avait que le pollen par terre. L'abeille elle prend le pollen et elle le garde. Elle fait pas tomber. |

| | | |
|-----|-------------|--|
| 636 | Clémentine | Oui. Mais si elle le fait tomber en... |
| 637 | Margaux | Ben elle va le ramasser. Elle est pas bête comme ça. |
| 638 | Enseignant | Ou elle va le redéposer sur une autre fleur ? |
| 639 | Margaux | Voilà. Mais il va pas être par terre. On va pas le voir. |
| 640 | Emma | Mais c'est surtout qu'il s'accroche à ses poils. |
| 641 | X | Ben si. C'est jaune quand même le... |
| 642 | Enseignant | S'il s'accroche à ses poils il... Tout ne tombe peut-être pas ? |
| 643 | Emma | Et en plus elle file à la ruche après. |
| 644 | Gabriel | Et après ça prend des tellement tout petits bouts de pollen que quand ça tombe ça se voit même pas. Alors c'est impossible de le voir à l'œil nu. |
| 645 | Enseignant' | On va conclure. Je voudrais avec vous revenir sur l'idée de la graine. Qu'on soit bien d'accord ? Vous avez travaillé la graine dans la reproduction humaine ? |
| 646 | XXX | Oui. |
| 647 | Enseignant' | Oui. La graine qui donne le bébé ? |
| 648 | Enseignant | Oui. |
| 649 | Enseignant' | Bon. Dites-moi. J'ai besoin de quoi et de quoi pour obtenir la graine ? Redites-le-moi. On l'a déjà dit. Je voudrais être sûr qu'on soit bien d'accord ? Tout le monde peut participer hein... Thomas ? |
| 650 | Thomas | L'ovule et le spermatozoïde. |
| 651 | Enseignant' | D'accord. Donc peut-être, sans doute qu'on a besoin de choses qui ressemblent aux spermatozoïdes et aux ovules pour les plantes aussi puisqu'il est question de graines. On est tous là-dessus ? |
| 652 | XXX | Oui. |
| 653 | Enseignant' | D'accord. Et d'après vous ce serai(en)t quelle(s) partie(s) de la plante qui les produirai(en)t ces ovules et ces spermatozoïdes si on les appelle comme ça ? Les racines ? Les tiges ? Les feuilles ? La feuille ça sert à quoi ? Redites-le-moi. Énora ? |
| 654 | Énora | C'est à moitié un... Elle capte... |
| 655 | Enseignant' | Ça capte l'énergie du Soleil pour... Je l'ai déjà redit avec Baptiste il y a cinq minutes. |
| 656 | Enseignant | Fabriquer quoi ? |
| 657 | Enseignant' | Malo ? |
| 658 | Malo | Fabriquer de la sève élaborée. |
| 659 | Enseignant' | Fabriquer de la sève élaborée. Pour fabriquer de la matière. On le sait ça. D'accord. Il nous reste quoi comme organe(s) sur la plante ? |
| 660 | Baptiste H. | Les racines. |
| 661 | Enseignant' | Les racines. Je les ai déjà dites. Baptiste ? |
| 662 | Baptiste H. | Les pétales... |
| 663 | Enseignant | Donc... |
| 664 | Enseignant' | ... qu'on trouve sur la... |

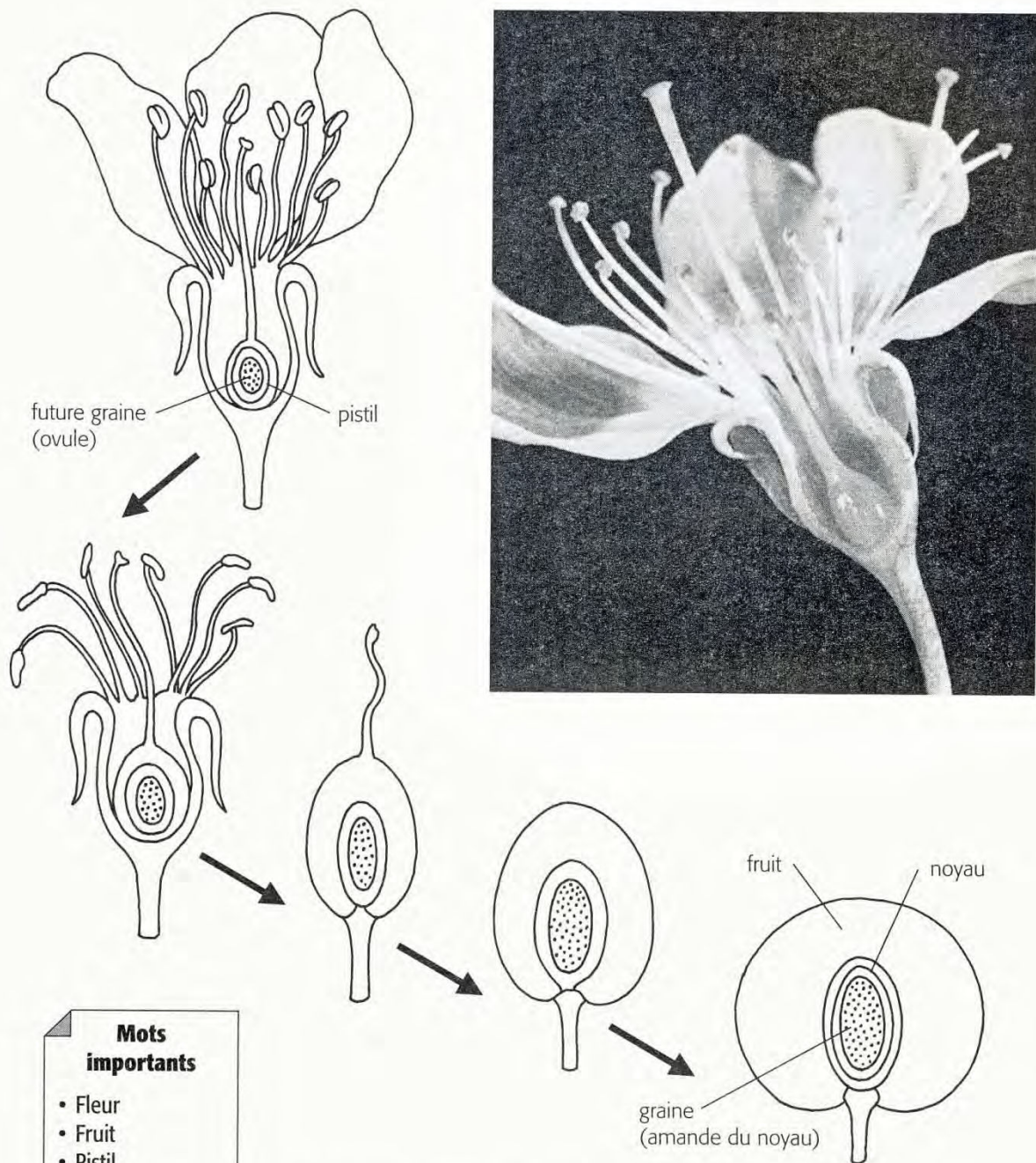
| | | |
|-----|-------------|---|
| 665 | Baptiste H. | ... fleur. |
| 666 | Enseignant' | Donc notre hypothèse c'est quoi là d'après vous si on devait l'écrire au tableau ? Il y a pas que Baptiste. Isaure je t'ai pas entendue. Il y a un moment durant le débat on s'est posé la question : à quoi sert la... |
| 667 | Baptiste H. | ... fleur ? |
| 668 | Enseignant' | ... fleur ? Est-ce qu'on aurait une hypothèse là avec tout ce qu'on a dit ? |
| 669 | Malo | Ben oui. |
| 670 | Enseignant | Elle pourrait servir à quoi là ? |
| 671 | Enseignant' | Elle pourrait servir à quoi ? |
| 672 | Malo | Si c'est une plante fruitière elle pourrait servir à faire un fruit. |
| 673 | Enseignant | Donc la fleur elle pourrait servir à quoi ? |
| 674 | Enseignant' | Oui. Mais par rapport à tout ce que je viens de dire là ? Écoute-moi. |
| 675 | Enseignant | Donc du coup la fleur elle pourrait servir à quoi ? |
| 676 | Nora | À se reproduire. |
| 677 | Enseignant | À se reproduire. Et donc à faire quoi ? |
| 678 | Margaux | À donner à manger aux insectes. |
| 679 | Aude | À faire d'autres plantes. |
| 680 | Enseignant | À faire d'autres plantes. Comment ? |
| 681 | Aude | En donnant de l'engrais par exemple. |
| 682 | Enseignant | La fleur elle pourrait servir à quoi ? Si elle fait le fruit elle pourrait servir à faire la... |
| 683 | Clémentine | ... nourriture. |
| 684 | Emma | ... reproduction. |
| 685 | Enseignant | Oui. Et donc la reproduction c'est la... |
| 686 | Margaux | ... nourriture. |
| 687 | Enseignant | Non. On se reproduit pas en mangeant. Tu imagines si à chaque fois que tu mangeais, tu faisais un bébé ? Ah... Il y en aurait un paquet. À faire la... |
| 688 | Malo | ... fleur. |
| 689 | Baptiste H. | ... fleur. Pommier. Plante. |
| 690 | Margaux | Fruit. |
| 691 | Enseignant | Qu'est-ce qu'il y a dans le fruit ? |
| 692 | Margaux | La sève. Ben les graines. |
| 693 | XXX | Les graines. |
| 694 | Enseignant | Les graines. |
| 695 | Enseignant' | Et je redis. On a besoin de quoi et de quoi pour faire une graine ? Troisième ou quatrième fois. |
| 696 | Clémentine | L'ovule et le spermatozoïde. |
| 697 | Enseignant' | Quelle(s) partie(s) de la plante pourrai(en)t peut-être les produire ces ovules et ces spermatozoïdes ? Malo ? |

| | | |
|-----|-------------|--|
| 698 | Malo | La fleur. |
| 699 | Enseignant' | Hypothèse. On ne sait pas. |
| 700 | Enseignant | Donc hypothèse. La fleur pourrait servir à faire des petites graines. Point d'interrogation. On s'arrête là. |

Annexe 7-7



Que devient une fleur de cerisier ?



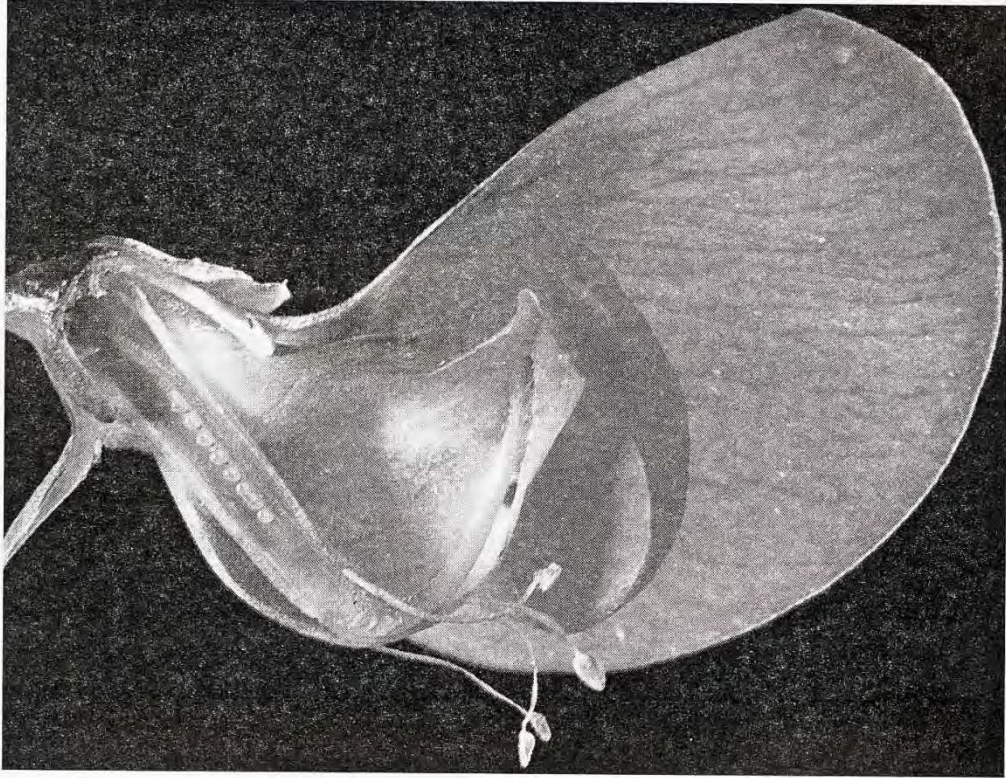
Mots importants

- Fleur
- Fruit
- Pistil
- Ovule
- Graine

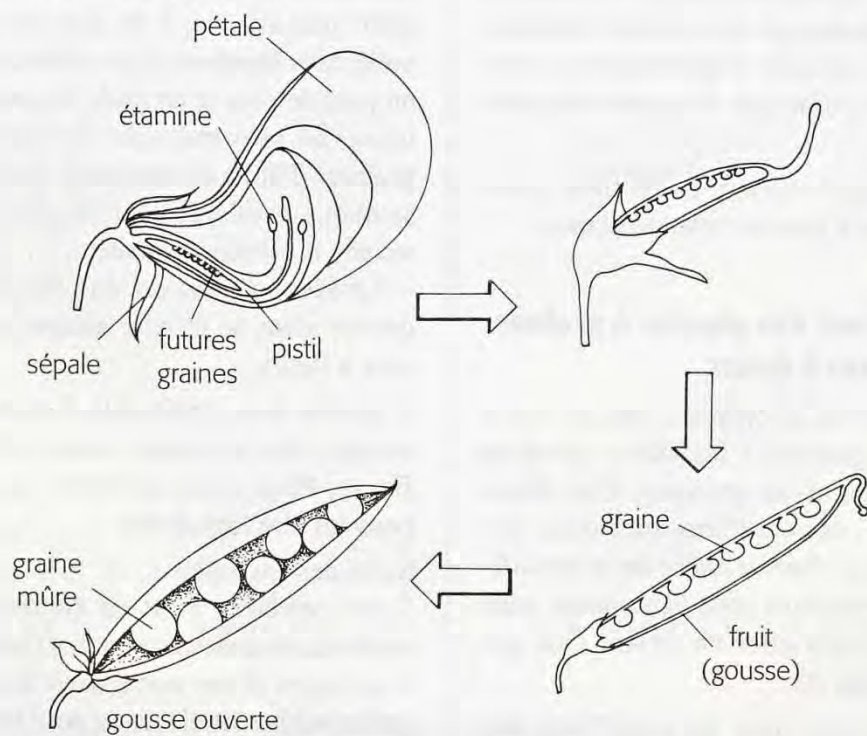
Lorsqu'une fleur de cerisier fane, elle ne disparaît pas complètement : son pistil se transforme en fruit (cerise). L'ovule contenu dans le pistil devient alors la graine.

Les ovules deviennent des graines

■ L'observation d'une fleur de pois

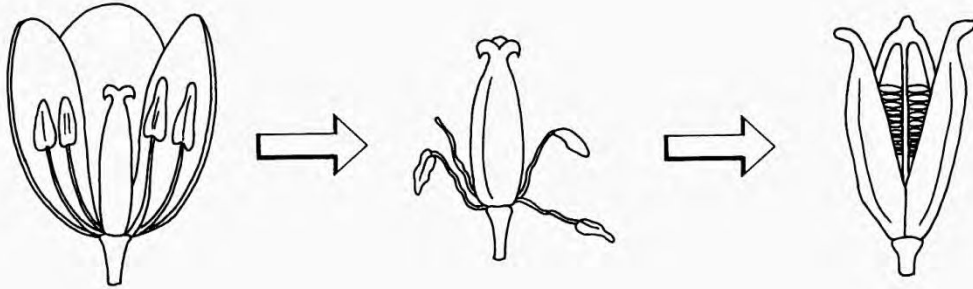


■ L'histoire d'une fleur de pois

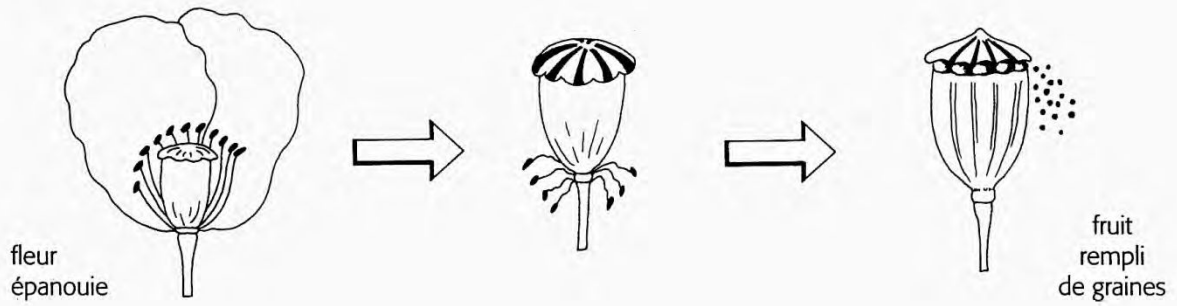


Toutes les fleurs donnent des graines

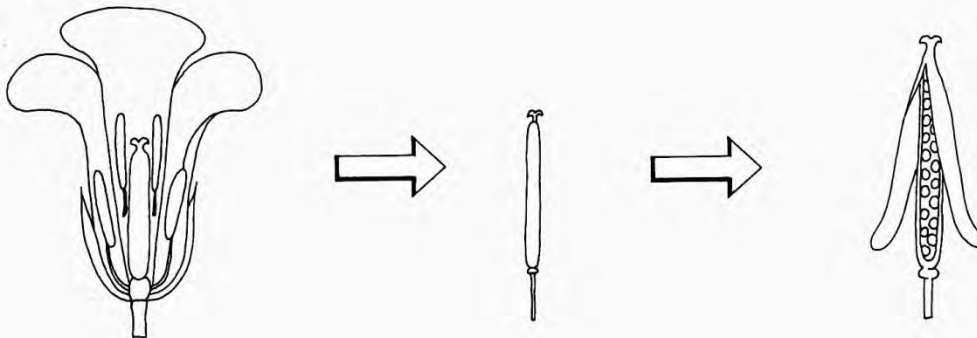
■ La tulipe



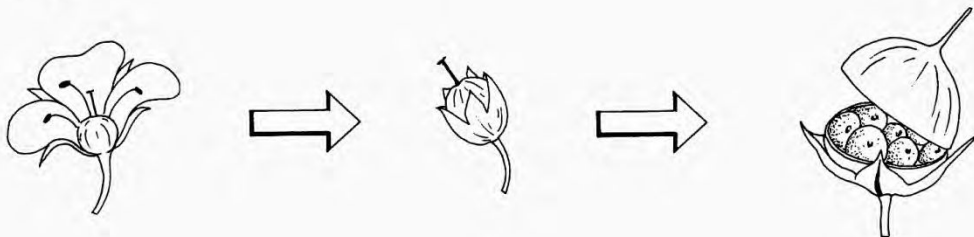
■ Le coquelicot



■ La giroflée



■ Le mouron



Annexe 7-8

1. Expérience : coupe en son centre un citron en deux morceaux équitables, fais de même avec un kiwi, une mangue, une poire, une pomme et une tomate. Qu'y observes-tu ?

2. Tous les fruits se ressemblent-ils ? Classe-les, si la chose est possible, en deux catégories.



Gousse (fruit sec déhiscent du lupin)

Baie (fruit charnu indéhiscent à pépins de la vigne)

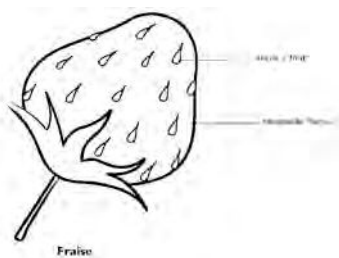
Samare (fruit sec indéhiscent du frêne)



Akène (fruit sec indéhiscent du pissenlit)

Drupe (fruit charnu indéhiscent à noyau du cerisier)

3. Dessine en jaune les fruits de la fraise, et en rouge, sa partie charnue.



Annexe 7-9

La pollinisation du pommier

Au printemps, les pommiers sont en fleur. Les fleurs possèdent un pistil (organe femelle) et des étamines (organes mâles) contenant du pollen ; leurs pétales sont colorés pour être vus par les insectes. De plus, chaque fleur produit un liquide sucré dont les insectes (abeilles) raffolent : le nectar. Ce liquide est tout au fond de la fleur. Une abeille qui désire le boire doit entrer dans la fleur. Au passage, elle frotte son dos contre les étamines et les grains de pollen se collent sur ses poils. Lorsqu'elle va visiter une autre fleur, ce pollen va se coller sur le pistil. C'est donc grâce à l'abeille que la pollinisation a lieu. La cellule mâle contenue dans le grain de pollen va rejoindre la cellule femelle contenue dans le pistil : c'est la fécondation. La fleur va pouvoir se transformer en fruit : la pomme.

La pollinisation du chêne

Les fleurs de chêne passent souvent inaperçues. En effet, elles ne possèdent pas de jolies couleurs attirantes. Les fleurs mâles, avec leurs étamines, pendent et se balancent au gré du vent. Les grains de pollen qui sont comme de la poudre jaune, s'envolent car ils sont très légers. Parmi tous les grains de pollen transportés par le vent, certains rencontrent, au cours de leur vol, le pistil d'une fleur femelle. La cellule mâle va pouvoir retrouver la cellule femelle contenue dans le pistil : c'est la fécondation. La fleur va se transformer en gland.

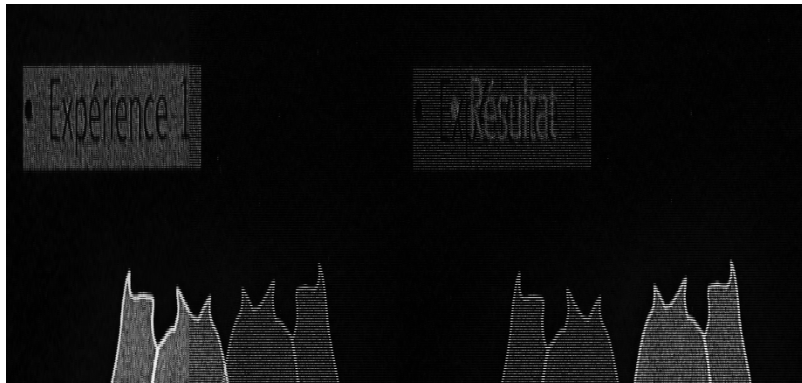
1. **Rappelle les organes de la fleur qui sont liés à la reproduction de la plante à fleurs.**

.....
.....
.....

2. **Explique brièvement les deux types de pollinisation décrits dans les textes ci-dessus.**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

QUEL EST LE ROLE DU POLLEN ?



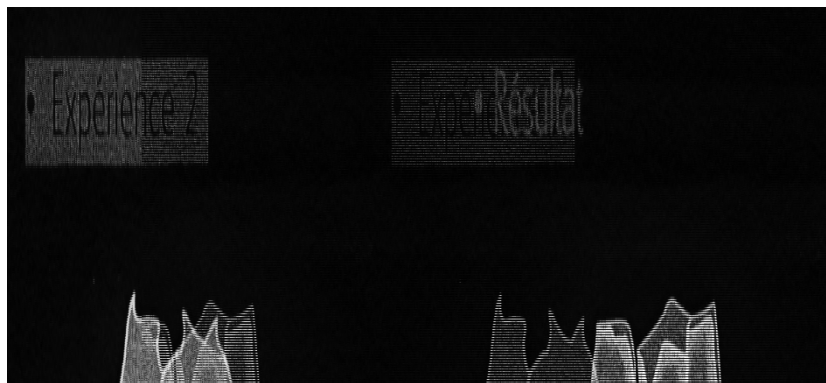
On met du pollen sur le pistil de la fleur.

Le pistil grossit pour former un fruit avec des graines.

Conclusion

.....

.....



On recouvre le pistil d'une gaze (pour éviter que le pollen ne se dépose sur le pistil).

La fleur fane, il n'y a ni fruit, ni graines.

Conclusion

.....

.....

.....

.....

.....

