



HAL
open science

L'éco-conception dans les PME : les mécanismes du cheval de Troie méthodologique et du choix de trajectoires comme vecteurs d'intégration de l'environnement en conception

Tatiana Reyes Carillo

► **To cite this version:**

Tatiana Reyes Carillo. L'éco-conception dans les PME: les mécanismes du cheval de Troie méthodologique et du choix de trajectoires comme vecteurs d'intégration de l'environnement en conception. Sciences de l'ingénieur [physics]. Université du Sud Toulon Var, 2007. Français. NNT: . tel-00274389

HAL Id: tel-00274389

<https://theses.hal.science/tel-00274389>

Submitted on 18 Apr 2008

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.

Ecole doctorale

THÈSE

pour obtenir le grade de

Docteur

de

L'Université du Sud Toulon-Var

Spécialité "Génie Industriel"

présentée et soutenue publiquement

par

Tatiana REYES CARRILLO

le 14 décembre 2007

**L'ECO-CONCEPTION DANS LES PME :
LES MECANISMES DU CHEVAL DE TROIE METHODOLOGIQUE
ET DU CHOIX DE TRAJECTOIRES COMME VECTEURS
D'INTEGRATION DE L'ENVIRONNEMENT EN CONCEPTION**

Jury :

M. Améziane AOUSSAT, Professeur, LCPI, ENSAM, Paris	Rapporteur
M. Eunika MERCIER LAURENT, Chercheur associé-HDR, MODEME, IAE, Lyon 3	Rapporteur
M. Dominique MILLET, Professeur, SUPMECA, Toulon.....	Directeur de thèse
M. Daniel BRISSAUD, Professeur, Laboratoire Gscop, INPG, Grenoble.....	Codirecteur de thèse
M. Francesc CASTELLS, Professeur, Universitat Rovira i Virgili, Tarragone.....	Examineur
M. Stéphane LE POCHAT, Docteur, Ingénieur ADEME, Angers.....	Examineur
M. Francis FALTERMEIER, Responsable R&D, TRANSFIX, La Garde.....	Examineur

A mi familia,

Remerciements

Je remercie sincèrement, Améziane Aoussat, Professeur des Universités et Directeur du Laboratoire de Conception de Produits et d'Innovation de l'ENSAM Paris, et Eunika Mercier-Laurent, Maître de Conférence (HDR) à l'INRIA, d'avoir accepté de juger ce travail en tant que rapporteurs.

Je tiens à remercier également Francesc Castells, Professeur à l'Université Rovira i Virgili, Stéphane Le Pochat, Docteur Ingénieur ADEME et Francis Faltermeier, Responsable R&D de la société Transfix, d'avoir accepté d'être membres du jury en tant qu'examineurs.

Je tiens à remercier l'Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie pour avoir financé ce travail de recherche.

Je remercie Alain Rivière, Directeur du Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Mécaniques et des MATériaux et Pascale Azou-Briard, Directrice de SUPMECA Toulon pour m'avoir permis de réaliser ces travaux de recherche au sein du Laboratoire.

Je voudrais manifester ma reconnaissance à mon directeur de thèse, Dominique Millet, Professeur des Universités à SUPMECA, pour le suivi, la disponibilité, le soutien et les conseils qu'il a assuré pendant trois ans. Je remercie également Daniel Brissaud, pour son rôle et ses conseils en tant que co-directeur de thèse.

Je tiens à remercier Pierre Williams de m'avoir permis de mener une partie de ma recherche au sein de Transfix. Je remercie Francis Faltermeier, Thierry Grima, Patrice Meschkutat de m'avoir accordé leur confiance tout au long de mon projet. Un grand merci à Michaël Joan et Eric Goncalves pour leurs explications techniques, les conseils et leur participation active dans mon projet. Je remercie également l'ensemble des membres du bureau d'étude pour leur implication et les moments agréables.

Je remercie à chaque membre de SUPMECA Toulon. Je tiens à remercier particulièrement Sabine Segal, Christian T., Ingrid, Lyuda, Cédric, Christian P., Lucette et Hillary pour leur disponibilité, leur patience, leur bonne humeur et pour tous les moments de partage qui ont été précieux dans la réalisation de ce travail. Merci à Sabine Seillier pour l'aide à tout moment et ton amitié.

J'exprime ma reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont communiqué leurs savoirs, qui m'ont orienté et conseillé durant ces trois années. Merci aux membres du projet ACI « produits durables » et du groupe de travail de thèse de l'ENSAM. Je remercie également toutes les personnes qui ont rempli mes enquêtes et/ou qui m'ont aidé à les diffuser. Je tiens remercier Robert Duchamp, Professeur du Laboratoire CPI de m'avoir encouragé à continuer en doctorat.

Je remercie particulièrement tous mes amis de Lyon, de Paris, de Montréal, de Toulon, de La Paz, de Grenoble, du Mans et de Nashville qui ont été présents pendant ces trois ans et qui n'ont pas hésité à m'aider, me soutenir, me conseiller pour achever à ce travail et à m'accueillir lors des déplacements. J'espère qu'ils se reconnaîtront. Je ne peux pas exprimer ma reconnaissance en quelques lignes, tout simplement MERCI pour tous les instants magiques, les moments de détente, les discussions et votre compréhension.

Mil gracias a mi familia. Un grand merci surtout à toute ma famille de m'avoir laissé quitter La Paz et de m'avoir soutenu continuellement lors de cette thèse.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE..... 1

PARTIE I : POSITIONNEMENT 5

CHAPITRE 1 : L'ÉMERGENCE D'UNE NOUVELLE PERCEPTION DE L'ENVIRONNEMENT DANS LA CONCEPTION DES PRODUITS..... 6

1.1. L'ÉVOLUTION NECESSAIRE VERS LA PRISE EN COMPTE DE L'ENVIRONNEMENT DANS LA CONCEPTION DES PRODUITS..... 6

1.1.1. Société de consommation et développement durable..... 6

1.1.2. Contexte Entreprise - Environnement..... 9

1.1.3. Cycle de vie des produits et développement durable11

1.2. INFLUENCE DES OUTILS ET METHODES DANS L'INTEGRATION DE L'ENVIRONNEMENT EN CONCEPTION..... 12

1.2.1. L'éco-conception : une stratégie de conception plus respectueuse de
l'environnement.....12

1.2.2. Typologies des démarches d'éco-conception.....12

1.2.3. Outils et méthodes comme instruments de support à une conception plus
respectueuse de l'environnement.....15

CHAPITRE 2 : L'ÉCO-CONCEPTION : UN PAS VERS L'ENTREPRISE VERTE ?..... 25

2.1. CADRE REGLEMENTAIRE ET POLITIQUES EUROPEENNES 25

2.1.1. Directive portant sur l'éco-conception des produits gros consommateurs
d'énergie (EuP).....25

2.1.2. Directive concernant l'Enregistrement, l'Évaluation et l'Autorisation des
substances chimiques (REACH).....25

2.1.3. Directive ROHS.....25

2.1.4. Directive sur les véhicules hors usage (VHU)26

2.1.5. Directive relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques
(DEEE)26

2.1.6. Directives sur les emballages.....27

2.1.7. Directive concernant la maîtrise et la prévention intégrée des pollutions (IPPC)
.....27

2.1.8. Politique Intégrée des Produits (PIP).....27

2.2. RELATIONS ENTRE LES DIFFERENTS ACTEURS DE LA CHAINE DU CYCLE DE VIE 28

2.2.1. Relations avec les employés28

2.2.2. Relations avec les dirigeants.....28

2.2.3. Relations avec les clients.....28

2.2.4.	Relations avec les fournisseurs, sous-traitants et transporteurs	28
2.2.5.	Relations avec les autres parties prenantes	28
2.3.	PROMOTION DE LA VALEUR ENVIRONNEMENTALE D'UN PRODUIT : LE MARKETING VERT..	29
2.3.1.	Enjeux de la communication et les trois types d'écolabels	30
2.3.2.	Ecolabels officiels - déclaration de type I.....	30
2.3.3.	Auto-déclarations - déclarations environnementales de type II	31
2.3.4.	Eco-profils - déclaration de type III.....	31
2.4.	L'ÉTAT DE L'ART DE L'ECO-CONCEPTION EN FRANCE.....	31

PARTIE II : PROBLEMATIQUE 34

CHAPITRE 3 : COMPLEXITE DE LA DIMENSION ENVIRONNEMENTALE DANS L'ACTIVITE DE CONCEPTION 35

3.1.	LA CONCEPTION, UNE ACTIVITE FONDEE SUR LE PRINCIPE D'AMELIORATION ITERATIVE .	35
3.2.	LES APPROCHES MULTI-ETAPES, MULTICRITERES ET MULTIACTEURS : UN RAISONNEMENT COMPLEXE POUR L'ACTIVITE DE CONCEPTION	36
3.3.	LES ROLES DES CONCEPTEURS DANS L'INTEGRATION DE L'ENVIRONNEMENT EN CONCEPTION ET LEURS LIMITES	38
3.4.	L'ENVIRONNEMENT : UNE DIMENSION FLOUE POUR LE PROCESSUS DE DEVELOPPEMENT DE PRODUITS	40

CHAPITRE 4 : UNE MULTITUDE D'OUTILS D'ECO-CONCEPTION ET LEUR DIFFICILE APPROPRIATION EN ENTREPRISE 42

4.1.	LES DIFFICULTES D'USAGE DES OUTILS EXISTANTS ET LES PROBLEMES D'APPROPRIATION DES OUTILS PAR LES CONCEPTEURS.....	42
4.2.	L'INADEQUATION DES OUTILS PAR RAPPORT AU BESOIN INDUSTRIEL : UNE DEFAILLANCE DANS LA COOPERATION ENTRE LES DEVELOPPEURS ET LES USAGERS DES OUTILS ?.....	44
4.3.	PREMIERE DIFFICULTE MAJEURE : L'USAGE ET L'APPROPRIATION DE L'OUTIL.....	45

CHAPITRE 5 : LES RISQUES DU CHANGEMENT ET LES DYSFONCTIONNEMENTS D'APPRENTISSAGE D'UN PROCESSUS D'ECO-CONCEPTION EN MILIEU INDUSTRIEL 46

5.1.	GESTION DU CHANGEMENT : PILOTER L'INTEGRATION D'UNE NOUVELLE DIMENSION DANS L'ENTREPRISE.....	46
5.1.1.	Management du changement dans les entreprises.....	47
5.1.2.	Facteurs d'échec de la conduite de changement	47
5.1.3.	Résistance au changement.....	48
5.1.4.	Les leviers de la conduite du changement	49
5.1.5.	Approches managériales du changement dans les entreprises	49

5.2.	LA PROBLEMATIQUE DE L'APPRENTISSAGE ORGANISATIONNEL	50
5.2.1.	Création et gestion des connaissances	51
5.2.2.	Modèle Global de Knowledge Management pour l'Entreprise (MGKME) de Grundstein	53
5.2.3.	Flux information	54
5.2.4.	Typologies d'apprentissage	55
5.3.	DIVERSITE D'ACTEURS CONCERNES PAR L'ECO-CONCEPTION ET LEUR MANQUE DE COORDINATION	57
5.4.	DEUXIEME DIFFICULTE MAJEURE : LE DECLENCHEMENT D'UN PROCESSUS D'APPRENTISSAGE	60
CHAPITRE 6 : NECESSITE DE PASSER D'UNE APPROCHE D'ECO-CONCEPTION FRAGMENTAIRE A UN PROCESSUS D'INTEGRATION BASEE SUR UNE DYNAMIQUE A LONG TERME		61
6.1.	DIFFICULTES DES STRATEGIES PARTIELLES ET INTUITIVES D'INTRODUCTION DE L'ECO-CONCEPTION	61
6.2.	FACTEURS D'ECHEC D'UN PROCESSUS D'ECO-CONCEPTION	62
6.2.1.	Les motivations initiales comme facteurs stimulant l'engagement dans une démarche d'éco-conception	63
6.2.2.	Les barrières à l'intégration de l'environnement en conception	66
6.2.3.	Leviers favorisant l'intégration de l'éco-conception.....	69
6.3.	TROISIEME DIFFICULTE MAJEURE : LA TRANSFORMATION DE L'ENTREPRISE EN ORGANISATION APPRENANTE	73
CHAPITRE 7 : SYNTHESE DE LA PROBLEMATIQUE		75

PARTIE III : HYPOTHESES ET EXPERIMENTATIONS **77**

CHAPITRE 8 : FORMULATION DES HYPOTHESES		78
8.1.	LES MODELES DE TRAJECTOIRES, MECANISMES D'AIDE AU PILOTAGE DE L'INTEGRATION DE L'ENVIRONNEMENT EN CONCEPTION, FAVORISENT LA DIFFUSION DE L'ECO-CONCEPTION SUR LE LONG TERME.	78
8.2.	MACRO HYPOTHESE : LE MECANISME DU CHEVAL DE TROIE METHODOLOGIQUE (MTH) COMME SUPPORT DE L'ORGANISATION APPRENANTE.....	80
8.2.1.	Le principe du Cheval de Troie Méthodologique.....	80
8.2.2.	Hypothèse 1 : La mise à disposition des outils adaptés aux activités de l'entreprise favorise son utilisation et son appropriation.....	82

8.2.3.	Hypothèse 2 : La mise en œuvre d'une démarche de co-conception des outils provoque la participation de l'ensemble de l'organisation.....	82
8.2.4.	Hypothèse 3 : Un processus dynamique construit facilite une intégration maîtrisée de l'environnement en conception inscrite dans la durée.....	84
8.2.5.	Les étapes fondamentales pour la mise en œuvre du Cheval de Troie Méthodologique	85
8.2.6.	Mesure de l'efficacité du Cheval de Troie Méthodologique	88
CHAPITRE 9 : PROTOCOLE EXPERIMENTAL		91
CHAPITRE 10 : EXPERIMENTATION N°1, LA CONSTRUCTION DU MECANISME DU CHEVAL DE TROIE FONDEE SUR UN TRAVAIL D'ENQUETES		93
10.1.	ENQUETE 1 REALISEE AUPRES DES EXPERTS DE L'ECO-CONCEPTION : IDENTIFICATION DES PRINCIPAUX PARAMETRES NECESSAIRES A UN PROCESSUS D'INTEGRATION	94
10.1.1.	Méthodologie de l'enquête 1.....	94
10.1.2.	Résultats empiriques de l'enquête : liste de paramètres d'intégration de l'environnement en conception	95
10.2.	ENQUETE 2 REALISEE AUPRES DES INDUSTRIELS FRANÇAIS : CONSTRUCTION ET FORMALISATION DU MECANISME DU CHEVAL DE TROIE METHODOLOGIQUE.....	109
10.2.1.	Objectif de l'étude.....	109
10.2.2.	Méthodologie de l'enquête 2.....	110
10.2.3.	Résultats empiriques de l'enquête : liste de paramètres d'intégration de l'environnement en conception	111
10.2.4.	Construction des modèles de trajectoires	134
10.3.	CONCLUSION SUR L'EXPERIMENTATION 1	148
CHAPITRE 11 : EXPERIMENTATION N° 2, DEPLOIEMENT DU MECANISME DU CHEVAL DE TROIE CHEZ TRANSFIX.....		150
11.1.	CONTEXTE DE L'ENTREPRISE.....	150
11.1.1.	Fonctionnement et conception d'un transformateur.....	151
11.1.2.	Contexte de l'entreprise	153
11.1.3.	Analyse de la réglementation.....	156
11.2.	MISE EN PLACE DU MECANISME DU CHEVAL DE TROIE METHODOLOGIQUE	156
11.2.1.	L'utilisation d'un outil expert d'éco-conception est nécessaire pour le développement d'un outil adapté à l'entreprise	157
11.2.2.	Analyse de pratiques de conception	170
11.2.3.	Stratégie participative pour le développement de l'outil d'évaluation environnementale interactif « Ecostransfix »	171
11.2.4.	Utilisation effective de l'outil Ecostransfix dans des projets.....	183

11.2.5. Préconisations pour des améliorations de l'outil et évolution de l'organisation	191
11.3. EVALUATION DE L'EFFICACITE DU MECANISME DU CHEVAL DE TROIE DANS L'INTEGRATION DE L'ECO-CONCEPTION CHEZ TRANSFIX	191
11.3.1. Opérationnalité de l'outil	192
11.3.2. Degré de propagation de l'outil	193
11.3.3. Evolution de la perception de l'environnement	195

PARTIE IV : APPORTS ET PERSPECTIVES..... 198

CHAPITRE 12 : APPORTS DE LA RECHERCHE..... 199

12.1. APPORTS DE RECHERCHE : UN OUTIL DE PILOTAGE COMPOSE D'UN MECANISME DE DECLENCHEMENT ET D'UN MECANISME D'INTEGRATION GLOBALE	201
12.1.1. Le mécanisme de déclenchement du processus d'intégration	201
12.1.2. Proposition d'un mécanisme d'intégration globale	203
12.2. CONCLUSION DES APPORTS	205

CHAPITRE 13 : LIMITES ET PERSPECTIVES..... 206

13.1. LIMITES DES TRAVAUX DE RECHERCHE.....	206
13.2. PERSPECTIVES DE RECHERCHE	207

BIBLIOGRAPHIE..... 209

Liste de Tableaux

Tableau 1.	Liste non exhaustive d'éco-logiciels	16
Tableau 2.	Classification des outils et méthodes d'éco-conception selon quatre auteurs	18
Tableau 3.	Liste des motivations internes et externes identifiées par Van Hemel et Cramer	64
Tableau 4.	Liste des barrières identifiées par Van Hemel et Cramer	67
Tableau 5.	Liste des barrières identifiées par Karlsson	68
Tableau 6.	Principaux obstacles rencontrés dans un processus d'intégration de l'environnement en conception	69
Tableau 7.	Principaux facteurs de succès identifiés par Johansson	71
Tableau 8.	Facteurs de succès identifié par Boks	72
Tableau 9.	Conditions requises d'un outil d'éco-conception selon trois auteurs	87
Tableau 10.	Perception de l'environnement en entreprise	90
Tableau 11.	Principaux outils et méthodes utilisés, développés et/ou distribués mentionnés par les experts.....	97
Tableau 12.	Facteurs de motivation de l'intégration de l'éco-conception – Enquête (Q1) auprès des experts.....	99
Tableau 13.	Obstacles d'intégration de l'éco-conception– Enquête (Q1) auprès des experts	101
Tableau 14.	Leviers d'intégration de l'éco-conception – Enquête (Q1) auprès des experts.....	102
Tableau 15.	Proposition de modèles de trajectoires d'intégration de l'environnement en conception.....	105
Tableau 16.	Initiatives prises par les entreprises entre avant 1992 et 2006	114
Tableau 17.	Différentes actions environnementales engagées par les entreprises d'avant 1992 à 2006	115
Tableau 18.	Principales motivations pour la prise en compte de l'environnement en conception perçues par les entreprises	117
Tableau 19.	Comparaison de la perception des motivations par les experts et les entreprises... ..	117
Tableau 20.	Effets de la législation sur les activités de l'entreprise.....	118
Tableau 21.	Leviers d'intégration de l'éco-conception – Enquête (Q2) auprès des industriels....	118
Tableau 22.	Leviers mobilisés par les entreprises du secteur automobile.....	121
Tableau 23.	Leviers mobilisés par les entreprises du secteur de la chimie	122
Tableau 24.	Leviers mobilisés par les entreprises du secteur électrique électronique.....	122
Tableau 25.	Leviers mobilisés par les entreprises du secteur agro alimentaire	123
Tableau 26.	Leviers mobilisés par les entreprises du secteur métallurgie.....	124
Tableau 27.	Leviers mobilisés par les entreprises d'autres secteurs du secondaire	125
Tableau 28.	Leviers mobilisés par les entreprises du secteur secondaire tous confondus.....	126
Tableau 29.	Leviers mobilisés par les entreprises du secteur tertiaire toutes entreprises confondues.....	126
Tableau 30.	Obstacles à contourner – Enquête (Q2) auprès des industriels.....	127
Tableau 31.	Comparaison de la perception des obstacles importants à contourner par les experts et les entreprises	128
Tableau 32.	Fonctions des entreprises participant à la démarche d'éco-conception	128
Tableau 33.	Importance de la coordination entre les différents services et le responsable environnement	129
Tableau 34.	Date d'intégration de l'implication des différents services dans la démarche d'éco-conception.....	129
Tableau 35.	Quantité des heures allouées à la sensibilisation en éco-conception	130
Tableau 36.	Nombre des personnes sensibilisées par les entreprises	130
Tableau 37.	Dates d'intégration des outils et méthodes d'éco-conception.....	131
Tableau 38.	Normes environnementales utilisées dans la démarche d'éco-conception.....	132
Tableau 39.	Outils de communication externe pour valoriser la démarche d'éco-conception	133
Tableau 40.	Comparaison de la perception des leviers importants à mobiliser par les experts et les entreprises	134
Tableau 41.	Catégorisation des principaux leviers identifiés dans les deux enquêtes	135
Tableau 42.	Description des deux systèmes comparés avec la méthode ACV.....	163
Tableau 43.	Analyse de sensibilité des résultats de la comparaison des systèmes grâce à plusieurs méthodes d'évaluation	165

Tableau 44.	Structure participant à la construction du Cheval de Troie Méthodologique.....	174
Tableau 45.	Identification et détermination des indicateurs d'évaluation à intégrer dans l'outil Ecotransfix	177
Tableau 46.	Composition des deux transformateurs étudiés	184
Tableau 47.	Analyse de sensibilité des résultats de la comparaison des transformateurs à conducteurs différents grâce à plusieurs méthodes d'évaluation.....	186
Tableau 48.	Caractérisation des actions mobilisées dans la co-conception d'Ecotransfix	195
Tableau 49.	Principales fonctions à faire participer dans la construction de la démarche d'éco-conception.....	196
Tableau 50.	Propositions de l'intégration de l'éco-conception dans le fonctionnement de l'entreprise	197

Liste de Figures

Figure 1.	Les impacts environnementaux selon une approche d'analyse de cycle de vie.....	11
Figure 2.	Niveaux d'intégration de l'éco-conception en fonction du degré d'innovation du produit [BREZET ET AL. 97].....	13
Figure 3.	Positionnement des différents concepts en fonction du niveau d'intégration de l'éco-conception produit [MILLET ET AL. 03]	14
Figure 4.	Grille d'évaluation Simplifiée et qualitative du Cycle de Vie	21
Figure 5.	Modélisation du processus de conception du produit [BREZET ET AL. 97].....	35
Figure 6.	Le cycle de vie du produit.....	36
Figure 7.	Marge d'action selon la phase du processus de conception [DEWULF 03]	39
Figure 8.	La gestion des connaissances dans l'Entreprise d'après [GRUNDSTEIN 06].....	54
Figure 9.	La démarche de l'explorateur comme schéma d'apprentissage [MILLET ET AL. 03].....	56
Figure 10.	La démarche essais/erreurs comme schéma d'apprentissage [MILLET ET AL. 03]	56
Figure 11.	La démarche de précaution comme schéma d'apprentissage [MILLET ET AL. 03]	57
Figure 12.	L'éco-conception : pourquoi l'entreprise peut se lancer maintenant ?	66
Figure 13.	Principaux leviers d'action.....	73
Figure 14.	Synthèse de la problématique.....	76
Figure 15.	Structure du mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique.....	85
Figure 16.	Schéma de synthèse du protocole expérimental.....	92
Figure 17.	Programme de la première expérimentation	93
Figure 18.	Répartition des principales prestations réalisées par les experts dans l'accompagnement aux entreprises	96
Figure 19.	Nombre d'Entreprises (E) accompagnées par les experts consultants	98
Figure 20.	Illustration d'une trajectoire d'intégration de l'environnement en conception.....	104
Figure 21.	Référentiel d'évaluation des connaissances avec ses dimensions [JACQUESON 02]... ..	107
Figure 22.	Indicateurs de performance de l'intégration de l'environnement en conception proposés par les experts	109
Figure 23.	Les secteurs d'activité des entreprises interviewées.....	111
Figure 24.	Répartition des industries dans le secteur secondaire	112
Figure 25.	Typologie des entreprises enquêtées.....	112
Figure 26.	Pourcentage des produits éco-conçus.....	113
Figure 27.	Date de mise en service du produit	113
Figure 28.	Importance des systèmes de management dans la démarche d'éco-conception	116
Figure 29.	Date d'intégration des principaux outils et méthodes par les entreprises enquêtées	137
Figure 30.	Stratégies d'introduction des principaux outils et méthodes d'éco-conception	138
Figure 31.	Date de participation des différents services à la démarche d'éco-conception	139
Figure 32.	Les acteurs d'un projet d'éco-conception et la mise en place d'une organisation apprenante.....	140
Figure 33.	Stratégie d'action de l'instrumentation des acteurs.....	141
Figure 34.	Proposition de trajectoires méthodologiques.....	142
Figure 35.	Proposition des modèles de trajectoires relationnelles	146
Figure 36.	Proposition des modèles de trajectoires fondées sur un système décisionnel et informationnel	148
Figure 37.	Partie Active du transformateur	152
Figure 38.	Cuve de transformateur équipée des panneaux d'ondes	152
Figure 39.	Commutateurs et borne de connexion	153
Figure 40.	Photographie et schéma éclaté d'un Ecobloc.....	161
Figure 41.	Photographie du PSSA.....	162
Figure 42.	Photographies du PSSB et de la cellule HTA.....	162
Figure 43.	Schéma du sectionneur	163
Figure 44.	Analyse de cycle de vie de référence du système 1	165
Figure 45.	Comparaison des scénarios de fin de vie du système 1 en prenant en compte deux cycles de vie pour le scénario de remanufacturing	167
Figure 46.	Comparaison des transformateurs 400KVA avec différentes pertes en charges.....	168
Figure 47.	Circuit de la feuille de calcul dans le bureau d'études	171

Figure 48.	Méthode de co-conception d'Ecotransfix	172
Figure 49.	Premier prototype de l'outil d'évaluation environnementale interactive	179
Figure 50.	Feuille de saisie du deuxième prototype de l'outil	180
Figure 51.	Ecotransfix version 1	181
Figure 52.	Feuille de calcul intégrant les feuilles techniques et Ecotransfix.....	183
Figure 53.	Comparaison des transformateurs composés des conducteurs différents (aluminium et cuivre).....	185
Figure 54.	Comparaison des deux transformateurs à conducteurs différents par Ecotransfix ..	186
Figure 55.	Comparaison des deux transformateurs à conducteurs différents par Ecotransfix ..	188
Figure 56.	Circuit de récupération et remanufacturing des transformateurs	189
Figure 57.	Résultats de la comparaison entre le poste conventionnel et le poste remanufacturé obtenus avec Simapro	190
Figure 58.	Résultats de la comparaison entre les deux postes avec Ecotransfix	190
Figure 59.	Proposition de l'outil d'aide au pilotage d'un processus d'intégration de l'environnement en conception : mécanisme d'intégration globale.....	204

Sigles

ACV : Analyse du Cycle de Vie

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

AFNOR : Association Française de Normalisation

APEDEC : Association Professionnelle d'Experts pour le Développement de l'Eco-Conception

ATEP : Outil d'analyse typologique environnementale des produits (TEA en anglais : Typological Environmental Analysis)

CML : Centre Milieukunde Leiden

CREDOC : Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie

DFX: Design for X (Environment, Dissassembly, Recycling, ...)

DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement

ECMA : European Computer Manufacturers Association

ECODIS : Eco-design Interactive System

EDIP/UMIP (Méthode) : Environmental Design of Industrial Products, développée par l'organisme danois UMIP

EDIT : Eco-Design Interactive Tool

EIME : (le logiciel) Environmental Information & Management Explorer

EPD : Environmental Product Declaration (Déclaration Environnementale de Produit)

EPS (méthode): Environment Priority Strategy

EMAS : Eco Management and Audit Scheme

ESQCV : Evaluation Simplifiée et Qualitative du Cycle de Vie

ETH : Eidgenössische Technische Hochschule

EuP (Directive): Energy-using Products

FD : Fascicule de documentation

HQE : Haute Qualité Environnementale

HTA : Haute Tension de catégorie A

ICPE : Installations Classés pour la Protection de l'Environnement

ISE Investissement Socialement Responsable

ISO : International Standards Organization

Km : Kilomètre

kV : Kilo Volt

kVA : Kilo Volt Ampère

kWh : Kilo Watt heure

MIPS : Material Intensity Per unit of Service

MEDD : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable

MTH : methodological Trojan horse (cheval de Troyes méthodologique)

NF : Norme Française

OHSAS : Occupational Health and Safety Assessment Series

PDCA : Plan Do Check Act

PDP : Processus de développement des produits

PIP : Politique intégrée de Produits

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement (UNEP : United Nations Environment Program)

POEMS : Product Oriented Environmental Management System

Pt : Point

QSE : Qualité Sécurité Environnement (systèmes de management)

REACH (Directive): Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals

R&D : Recherche et Développement (service)

RH: Ressources Humaines (service)

RoHS (Directive): Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment

RSE : Responsabilité Sociale des Entreprises ou Responsabilité Sociétale des Entreprises

SA 8000 : Social Accountability Standard 8000

SME : Système de Management Environnemental

TEAM: Tools for Environmental Analysis and Management

TR : Rapport Technique

TS : Spécification Technique

VHU (Directive): Véhicules Hors Usage

WEEE (Directive): Waste Electrical and Electronic Equipment

INTRODUCTION GENERALE

Les modes de consommation, le développement des industries et l'évolution des sociétés sur le modèle occidental s'accompagnent de dégradations importantes de notre environnement, dont certaines sont irréversibles et peuvent devenir à terme des freins au développement.

Depuis les années 70, le monde commence à prendre conscience de l'importance du capital naturel et des limites de notre environnement. Dans les années 70, la prise en compte de l'environnement s'est d'abord traduite par des actions curatives, puis l'accent a été mis sur les mesures préventives à partir des années 80. Dans un contexte d'enrichissement des politiques de développement durable, la maîtrise de l'environnement tend à devenir une préoccupation pour la société. De nos jours, il est largement admis que la qualité de l'environnement et la sauvegarde du stock de ressources naturelles jouent un rôle majeur en ce qui concerne le bien-être présent et l'avenir de l'Homme. Cette prise de conscience n'est toutefois pas suffisante car les problèmes de pollutions globales, et d'épuisement des ressources deviennent de plus en plus cruciaux dans le contexte actuel d'accroissement démographique.

Le développement des industries engendre des risques de destruction progressive de l'environnement. L'évolution vers un développement durable nécessite, en raison de leur rôle dans notre société, que les industries contribuent à élaborer des systèmes plus respectueux de l'environnement : production plus propre, produits à qualité écologique, valorisation des produits en fin de vie,... L'intégration de l'environnement dans la conception de produits est une proposition qui apparaît très avantageuse aussi bien pour la société

(protection de l'environnement) que pour l'entreprise elle même (amélioration de l'image de marque, confiance des parties prenantes, meilleure gestion des investissements, adhésion du personnel, meilleure satisfaction du client, etc.).

Cette thèse a été financée par l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) et elle a été réalisée au sein du laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Mécaniques et des MATériaux de l'école Supméca.

Ces travaux s'inscrivent dans le champ de la prise en compte de la dimension environnementale et ont pour objectif d'identifier et d'élaborer des dispositifs permettant aux entreprises de conduire des politiques de réduction des impacts environnementaux dans leurs activités. Plus particulièrement, ce document porte sur une approche d'intégration de l'environnement en conception basée sur l'apprentissage organisationnel. C'est pour répondre aux attentes des industriels que notre travail a cherché à clarifier cette notion de processus d'intégration en prenant en compte les caractéristiques et le contexte propre à l'entreprise désireuse de s'engager dans un tel processus. Dans cette logique notre recherche se concentre sur les solutions à élaborer afin de répondre aux questions suivantes : Comment les entreprises peuvent-elles intégrer les critères environnementaux en conception ? Quelles sont les ressources et les modifications à engendrer afin de favoriser l'adoption de mesures plus respectueuses de l'environnement ? Quels sont les dispositifs conduisant les entreprises à intégrer l'environnement dans la conception des produits ?

Le document visant à répondre à la problématique de l'intégration de l'environnement en conception est composé de quatre parties.

Dans la **première partie**, nous dresserons le contexte général de notre recherche qui est celui de l'intégration de la dimension environnementale en conception. Dans un premier temps, nous mettrons en évidence l'évolution de la préoccupation environnementale au sein de notre société. Nous présenterons ainsi les enjeux de la prise en compte de l'environnement en entreprise et plus précisément en conception. Nous approfondirons ensuite la notion d'éco-conception. Cela nous amènera à présenter les différents outils et méthodes d'aide à l'éco-conception. Nous mettrons ensuite en évidence les différentes démarches d'éco-conception proposées dans la littérature. Dans un deuxième temps, nous préciserons le contexte réglementaire européen. Puis nous mettrons en relief les relations entre l'entreprise et la chaîne des acteurs concernés par le cycle de vie des produits. Nous

verrons ensuite les types de label permettant aux entreprises de valoriser leur démarche d'éco-conception. Enfin, nous dresserons un état de l'art des entreprises françaises s'étant lancées dans cette démarche d'éco-conception.

La **deuxième partie** nous permettra d'énoncer les difficultés, de l'entreprise, à pérenniser l'intégration de l'environnement en conception, relevées dans l'analyse bibliographique. Nous commencerons par cerner la double complexité du processus de conception et de la dimension environnementale, ce qui nous amènera à constater que l'environnement reste encore une dimension floue pour l'activité de conception. Nous mettrons en évidence les défaillances des outils et méthodes d'aide à l'éco-conception existants, ce qui nous conduira à constater leur utilisation limitée par les entreprises. Nous détaillerons ensuite les notions de changement et d'apprentissage organisationnel et nous analyserons les problèmes de coordination entre les acteurs concernés par le processus de conception. Enfin, nous montrerons les causes d'échec dans la transformation de l'entreprise en organisation apprenante en nous appuyant sur les paramètres d'intégration (motivations, leviers et barrières) identifiés par un certain nombre d'auteurs. Trois difficultés majeures dans l'intégration de l'éco-conception seront ainsi mises en évidence : (1) l'appropriation et l'usage des outils et méthodes d'éco-conception, (2) l'harmonisation des pratiques collectives dans le domaine de l'environnement et (3) la construction d'une organisation apprenante visant la création de valeurs pour l'entreprise. Ceci nous amènera à formuler notre problématique de la façon suivante : comment passer d'une stratégie intuitive à une stratégie consciente, complète et pérenne d'intégration de l'environnement en conception ?

La **troisième partie** sera consacrée à la présentation des hypothèses proposées pour répondre à la problématique. Tout d'abord, nous postulerons l'existence de modèles de trajectoires favorisant l'intégration de l'environnement en conception dont la notion sera définie. Concernant la trajectoire spécifique « outils et méthodes d'éco-conception », notre macro-hypothèse porte sur le mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique comme vecteur de transformation de l'entreprise. La première hypothèse soutient que l'appropriation et l'usage effectif des outils et méthodes peuvent être obtenus en mettant à disposition des entreprises des instruments adaptés à leurs pratiques de conception. La deuxième hypothèse porte sur le besoin de favoriser la participation collective dans la conception de l'outil d'éco-conception pour initialiser le processus d'intégration. La troisième soutient la nécessité de conduire un processus d'apprentissage organisationnel s'inscrivant dans la durée pour favoriser la pérennisation du processus et la création de valeurs.

Dans la partie expérimentale un premier chapitre décrira le protocole expérimental qui nous permettra de vérifier la validité de nos trois hypothèses. Puis nous présenterons notre première expérimentation fondée sur un travail de deux enquêtes qui a permis d'avoir une vision globale du domaine de l'éco-conception en France et de tracer des esquisses de modèles de trajectoires. Puis, nous présenterons la deuxième expérimentation que nous avons conduite au sein de Transfix et qui a permis de valider le mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique.

La **quatrième partie** s'attachera à montrer les contributions de cette recherche. Nous proposerons un outil prospectif d'aide au pilotage que nous avons conçu dans le but de faciliter la pérennisation d'un processus d'intégration de l'environnement en conception. Nous présenterons ensuite les limites de notre travail. En dernier point, nous présenterons les voies d'amélioration possibles de notre outil d'aide au pilotage et nous proposerons également un ensemble de perspectives pour la suite de la recherche.

PARTIE I : POSITIONNEMENT

Cette partie s'attache à présenter l'évolution de la prise en compte de l'environnement au sein de notre société. Dans un premier temps, nous commencerons par définir la notion d'éco-conception. Puis, nous présenterons les approches d'éco-conception et nous décrirons les outils et les méthodes d'éco-conception existants. Dans un deuxième temps, nous présenterons les directives européennes concernant les préoccupations environnementales dans les produits. Ensuite, nous mettrons en évidence les relations entre l'entreprise et les parties prenantes concernées par le cycle de vie du produit. Puis, nous montrerons comment l'entreprise peut promouvoir une démarche d'éco-conception. Enfin, nous dresserons un état de l'art de l'éco-conception en France.

Chapitre 1 : L'émergence d'une nouvelle perception de l'environnement dans la conception des produits

1.1. L'évolution nécessaire vers la prise en compte de l'environnement dans la conception des produits

1.1.1. Société de consommation et développement durable

Avec la mondialisation, les activités liées à l'économie n'ont pas de frontières. Les effets sur l'environnement de cet essor économique non plus. Les effets de la destruction d'une forêt en Amérique du sud, de l'émission des gaz à effet de serre aux Etats-Unis, de l'augmentation des déchets en Europe et plusieurs autres phénomènes sont subis par la planète entière. Les interactions d'un individu avec son milieu dépendent de ses actions et des actions des autres citoyens.

1.1.1.1. Développement durable

La notion de développement durable a été définie en 1986 par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement dans le Rapport Brundtland¹. Cette notion a été adoptée par la communauté internationale lors du deuxième sommet de la terre, à Rio de Janeiro en 1992². Le développement durable a été défini comme un développement qui « répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ». L'objectif du développement durable est de concilier les aspects économique, social et environnemental des activités humaines.

Aujourd'hui il existe des politiques et des outils favorisant la prise en considération des valeurs au regard du développement durable. Depuis 2003, le guide AFNOR³ SD 21000 propose les bases pour mettre en place un système de management intégrant progressivement les objectifs du développement durable au sein des entreprises, des administrations et de la société. SD 21000 n'est pas une norme, mais un référentiel permettant aux industriels de repérer les enjeux de développement durable.

¹ Le rapport « Notre Avenir à tous » a été publié en 1987 et il porte également le nom de la présidente de la commission, Gro Harlem Brundtland.

² Conférence des Nations Unies du 3-4 juin 1992 <http://dsp-psd.communication.gc.ca/Collection-R/LoPBdP/BP/bp317-f.htm>

³ Association Française de Normalisation

1.1.1.2. Responsabilité Sociale de l'entreprise

La Responsabilité Sociale⁴ des Entreprises (RSE) et l'Investissement Socialement Responsable⁵ (ISE) sont des notions qui émergent dans les entreprises. La RSE est une stratégie volontaire intégrant les principes du développement durable (les préoccupations environnementales, sociales, économiques et gouvernance) à l'échelle de l'entreprise. Ce concept se développe depuis la fin des années 90 et parmi quelques outils promus par des organismes, les entreprises peuvent s'appuyer sur :

- le Global compact⁶ (code de conduite lancé par l'ONU basé sur 10 principes),
- le Global Reporting Initiative⁷ (lignes directrices pour la rédaction des rapports environnementaux et sociaux lancé par le PNUE),
- le livre vert⁸ (promotion de la RSE par la Commission Européenne et mise en place d'un forum),
- la Stratégie nationale française de développement durable (Cinq lignes d'actions sur la RSE),
- les normes (EMAS, ISO 14001, SA 8000⁹, OHSAS 18001¹⁰, SD 21000).

En 2008 l'Organisation internationale de normalisation (ISO) va publier la norme ISO 26000 relative à la responsabilité sociale de l'entreprise.

1.1.1.3. Problèmes associés à la consommation des produits et responsabilité citoyenne

La consommation est un facteur critique dans le rapport entre population et impacts environnementaux. Presque toutes les activités humaines mettent à contribution les ressources naturelles : l'alimentation, le logement, l'habillement et les transports. La plupart des activités humaines produisent d'autre part des déchets qui sont relâchés dans l'air, l'eau et le sol, souvent après n'avoir été que peu ou pas traités du tout pour atténuer leur impact sur l'environnement.

En d'autres termes, la consommation, facteur de la croissance démographique, aboutit à exiger davantage des ressources qui engendrent des effets sur l'environnement. Avec la diffusion dans le monde entier de la culture de consommation occidentale, la demande d'une gamme de produits, notamment les voitures, les ordinateurs et les climatiseurs, ne fera qu'augmenter, soumettant à une pression accrue les ressources naturelles et la capacité des

⁴ La traduction correcte en français serait : responsabilité sociétale de l'entreprise

⁵ L'ISR rassemble toutes les démarches qui consistent à intégrer des critères extra-financiers (éthique, gouvernance, social et environnemental) dans les décisions d'investissement (www.ecologie.gouv.fr).

⁶ www.unglobalcompact.org

⁷ www.globalreporting.org

⁸ www.ec.europa.eu

⁹ Social Accountability Standard 8000 initiée par le « Council on Economic Priorities » (www.sa-intl.org)

¹⁰ Occupational Health and Safety Zone (www.ohsas-18001-occupational-health-and-safety.com)

écosystèmes à absorber les déchets. Ce constat peut être illustré par quelques chiffres. Par exemple, en 2006, 185 millions de téléphones portables ont été vendus en Europe dont seulement 2.5 millions ont été recyclés¹¹. En 2006 aussi, les français ont acheté 7.85 millions d'ordinateurs¹². Logiquement cette augmentation de la consommation se traduit par : l'augmentation de l'utilisation de matières premières et de procédés de fabrication, une modification de la chaîne logistique, une augmentation des impacts liés à l'utilisation de ces produits et une quantité de déchets plus importante. Par exemple, les masses annuelles estimées par l'ADEME sont de 1.3 millions de tonnes de véhicules hors usages (VHU), 1,7 millions de tonnes de déchets d'équipements électriques et électroniques, ...¹³

Cependant, l'apparition de catastrophes écologiques a incité de plus en plus de citoyens à prendre conscience de la dégradation de l'environnement. Selon un sondage réalisé par le CREDOC, 54% des Français se disent intéressés par la question environnementale et considèrent que la situation n'est pas très bonne. En 2001 18% de la population française citaient l'environnement comme l'un des deux thèmes les plus préoccupants (après la pauvreté), le pourcentage en 1991 était seulement de 12%. La prise en compte de l'environnement semble avoir pour conséquence d'accroître l'intérêt des citoyens à l'égard des éco-produits, mais aussi d'augmenter leurs exigences sur les procédés de production des produits qu'ils consomment.

Les études IFPEN/CREDOC montrent que les consommateurs sont prêts à accepter des sacrifices collectifs ou des mesures macro-économiques pour protéger l'environnement. 50% de la population seraient même prêts à accepter un ralentissement économique. Malgré leurs réticences individuelles se traduisant dans leurs comportements d'achats, les français se disent pour 30% moins prêts à une baisse collective de leur niveau de vie. Ils sont cependant toujours favorables au principe de pollueur payeur mais ne veulent pas être in fine mis à contribution dans leurs actes de consommation à la place des pollueurs.

Ces constats nous amènent à penser que des nouveaux modes de consommation sont indispensables afin d'éviter des effets environnementaux irréversibles. Une réponse à la possibilité d'amélioration de la qualité de vie est promue par le PNUE depuis 1998 avec le programme de consommation durable¹⁴. Le PNUE propose la dématérialisation et l'optimisation des modes de consommation sur la base d'une répartition des responsabilités parmi les acteurs (industriels, pouvoirs publics et consommateurs).

¹¹ Sources : Cabinet de conseil IDC <http://www.idc.com/france> et Société Foneback <http://www.ateliers-du-bocage.com/article86.html>

¹² Source : cabinet d'étude GfK <http://www.gfkms.com/>

¹³ Source : www.ademe.fr/déchets

¹⁴ Consommation durable : les perspectives http://www.unep.ch/scoe/documents/fr_CS0.pdf

Pour mesurer l'impact de la population sur l'environnement, certains scientifiques ont mis au point un indicateur : l'empreinte écologique. Cet indicateur montre les régions qui ont la plus grande consommation de ressources spécifiques, à la fois par habitant et en valeur absolue. L'empreinte évalue la consommation d'aliments, de matériaux et d'énergie d'un groupe de population par référence à l'étendue de la zone terrestre ou maritime nécessaire pour produire ces ressources naturelles ou, dans le cas de l'énergie, pour absorber les émissions correspondantes de dioxyde de carbone. La mesure est évaluée en « zone unitaire ». Une zone unitaire équivaut à un hectare de productivité moyenne.

La responsabilité sociale de l'entreprise est un dispositif qui permet d'intégrer les principes du développement durable au sein de sa structure en prenant en compte les attentes des parties prenantes.

1.1.2. Contexte Entreprise - Environnement

Cette partie décrit la notion d'environnement et nous nous attacherons à aborder la notion d'environnement d'un point de vue industriel et plus particulièrement en étudiant comment elle est perçue et adoptée. Nous prendrons en compte également les interactions existant entre les différents acteurs impliqués dans l'approche environnementale. Nous aborderons par la suite les principales exigences réglementaires environnementales visant les entreprises.

1.1.2.1. Approches pour introduire l'environnement dans les entreprises

Les entreprises adoptent différents comportements vis-à-vis de l'environnement [BELLINI 04]. Les entreprises choisissent d'adopter des attitudes défensives, conformistes, ou offensives dans leur politique environnementale. Jacqueson distingue deux types d'approches pour introduire les préoccupations environnementales dans les entreprises, celles à caractère normatif et celles spécifiques à l'éco-conception. Il définit les approches « normatives » comme celles répondant à l'existence d'un formalisme reconnu à l'extérieur de l'entreprise et d'un cahier des charges technique précis permettant une mise en œuvre immédiate [JACQUESON 02]. Aujourd'hui, les entreprises disposent de deux types d'approches complémentaires : celle concernant le site (approche Système de Management Environnemental avec la norme ISO 14 001) et celle orientée produit (approche « produit » avec le fascicule FD X 30-310 et la norme ISO 14 062). La mise en place d'un SME est une approche site, dont la limite se confond généralement avec les frontières de l'entreprise. Cette démarche vise la maîtrise des impacts environnementaux au sein de l'entreprise selon la logique de l'amélioration continue avec le raisonnement du PDCA (Plan Do Check Act).

Toutefois, les déficiences majeures de l'approche SME sont nombreuses, nous avons mis en évidence quatre. D'abord, elle peut omettre des impacts environnementaux liés au produit [AMMENBERG ET AL. 05]. En outre, les lignes directrices peuvent être interprétées de façon différente en fonction des acteurs [ZUTSHI ET AL. 04]. D'autre part, la norme décrit la nature des résultats à atteindre mais elle ne prescrit pas la stratégie pour atteindre ces objectifs [MACDONALD 05]. Enfin, la norme n'est pas adaptée pour les PME/PMI [PERSONNE 98]. En vue d'une meilleure prise en compte des impacts environnementaux générés par les industriels, il faut considérer l'ensemble du cycle de vie des produits. Dans un contexte d'engagement des industriels à des politiques environnementales, il est nécessaire de dépasser l'approche SME par une démarche d'éco-conception, et ce, dans l'objectif de mieux connaître et maîtriser les flux des matériaux et d'énergie et de ne pas négliger des aspects qui peuvent être significatifs. Incontestablement, l'approche « produit » recouvre à la fois les biens et les services de tous les secteurs. Cette approche prend en compte toutes les étapes du cycle de vie du produit. [AMMENBERG ET AL. 05] De même, il existe les approches basées sur l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) qui ont fait l'objet d'une série de normes ISO 14040. Les deux approches sont complémentaires et contribuent ensemble à une amélioration environnementale des activités considérées.

1.1.2.2. Facteurs d'impacts environnementaux des entreprises

La norme ISO 14001¹⁵ définit l'impact environnemental comme « toute modification sur l'environnement, négative ou bénéfique, résultant totalement ou partiellement des activités, produits et/ou services d'un organisme ». Selon la même norme, un aspect environnemental est défini comme un élément des activités, produits et/ou services susceptible d'interagir avec l'environnement. Il existe une relation de cause à effet entre l'aspect et les impacts associés.

L'analyse des entrants et des sortants d'un système industriel permet de rattacher des impacts pour chaque thème environnemental (eau, air, sols, ressources, déchets, bruit, odeur, paysage) à chaque activité. Les impacts environnementaux peuvent être caractérisés selon une échelle spatio-temporelle, c'est-à-dire qu'ils peuvent générer des effets globaux, régionaux ou locaux à court, moyen ou long terme. Les facteurs d'impact peuvent être classés en trois catégories [PERSONNE 98] :

- épuisement des ressources (ressources non renouvelables et ressources renouvelables),

¹⁵ Système de Management Environnemental : spécification et lignes directrices

- pollutions et nuisances (effet de serre, appauvrissement de la couche d'ozone, pollution de l'air par des substances chimiques, pollution des eaux douces, eutrophisation, nuisances sonores, nuisances olfactives, acidification, toxicité,...),
- perturbations (changement climatique, désertification, dégradation des écosystèmes, occupation des sols,...). (Voir Figure 1)

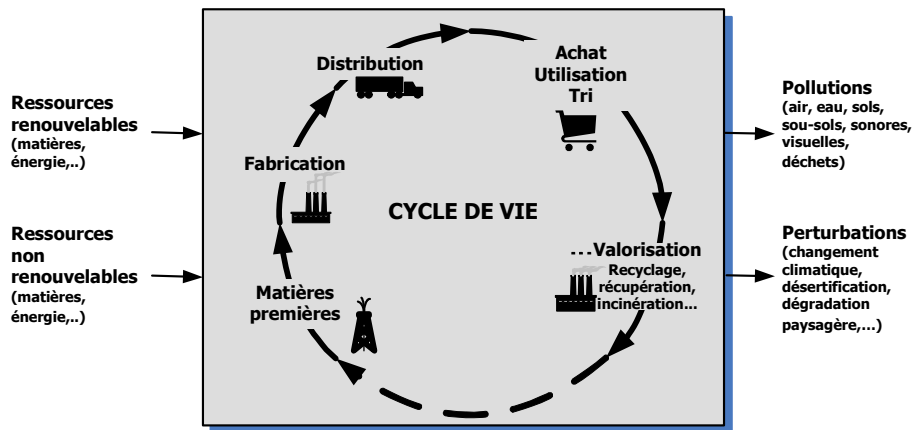


Figure 1. Les impacts environnementaux selon une approche d'analyse de cycle de vie

1.1.3. Cycle de vie des produits et développement durable

Le cycle de vie, dans l'approche environnementale produit, signifie s'intéresser aux impacts générés tout au long du cycle de vie d'un produit : l'extraction des matières, la fabrication des composants et du produit, le transport, l'achat et l'utilisation, et la fin de vie. Cependant, l'objectif est d'aller au-delà de la prise en compte de l'environnement et de fournir des recommandations pratiques sur l'intégration des dimensions sociale et économique dans la prise de décision, dans une perspective de cycle de vie.

Cette pensée de cycle de vie peut s'étendre à un groupe d'industriels. Selon Grisel et Osset, la gestion du cycle de vie vise à améliorer la performance environnementale d'une filière industrielle. L'objectif est de créer une coopération entre des entreprises ayant une vision commune et qui intègrent le cycle de vie dans leur gestion. Ces auteurs relèvent trois piliers de la gestion du cycle de vie : la vision stratégique commune des entreprises, la coopération pérenne entre elles et le partage d'information [GRISEL ET AL. 04]. La gestion du cycle de vie pourrait se traduire par la mise en place d'un système de management orienté produits, la recherche d'éco-efficacité, le respect de la réglementation sur toutes les activités de la filière, etc.

1.2. Influence des outils et méthodes dans l'intégration de l'environnement en conception

1.2.1. L'éco-conception : une stratégie de conception plus respectueuse de l'environnement

Le précurseur du concept d'éco-design, également appelé éco-conception, est Victor Papanek¹⁶ [KAZAZIAN 03]. L'éco-conception apparaît comme une solution pour que les entreprises puissent intégrer les priorités des individus vis-à-vis du développement durable aux interrelations commerciales¹⁷ [KARLSON ET AL. 06]. Brezet et Van Hemel ont défini l'éco-conception comme une solution durable qui implique de trouver un équilibre parfait entre les exigences écologiques et économiques dans le développement des produits [BREZET ET AL. 97]. Eco-concevoir intègre les considérations environnementales dans le raisonnement de « cycle de vie » des produits. Pour être plus précis, ce concept signifie réduire dès la conception les impacts en termes économique, social, environnemental, et maximiser la notion de développement durable sur l'ensemble des étapes du cycle de vie d'un produit. En adoptant une démarche d'éco-conception, les entreprises peuvent élaborer des produits plus respectueux de l'environnement en préservant les objectifs de compétitivité, de qualité, de délais de mise sur le marché.

L'éco-conception est une approche globale qui consiste à réduire les impacts environnementaux tout au long du cycle de vie du produit tout en conservant sa qualité d'usage (fonctionnalités et performances). C'est une approche globale qui exige une nouvelle façon de concevoir en intégrant les principes du développement durable. Le produit est considéré comme un système et le concepteur projette le devenir du produit dans le futur.

1.2.2. Typologies des démarches d'éco-conception

Dans la littérature, nous observons de nombreuses de démarches de prise en compte de l'environnement en conception : conception verte, conception environnementale, éco-efficacité, conception pour la durabilité,...

Certains auteurs ont cherché à positionner les différentes approches environnementales en fonction des niveaux d'éco-conception. Brezet propose un modèle inspiré du « S-curve-model » de Foster qui définit quatre niveaux [BREZET ET AL. 97] :

- amélioration du produit,
- reconception du produit (modifications sur la structure du produit ou les technologies employées),

¹⁶ Designer et enseignant (1929-1998), il a consacré sa vie à la promotion d'un design utile et responsable ; « Si le design tient compte de l'écologie, il devient aussitôt révolutionnaire »

¹⁷ « business interrelations »

- innovation fonctionnelle du produit,
- innovation des systèmes dans lesquels s'insèrent les produits.

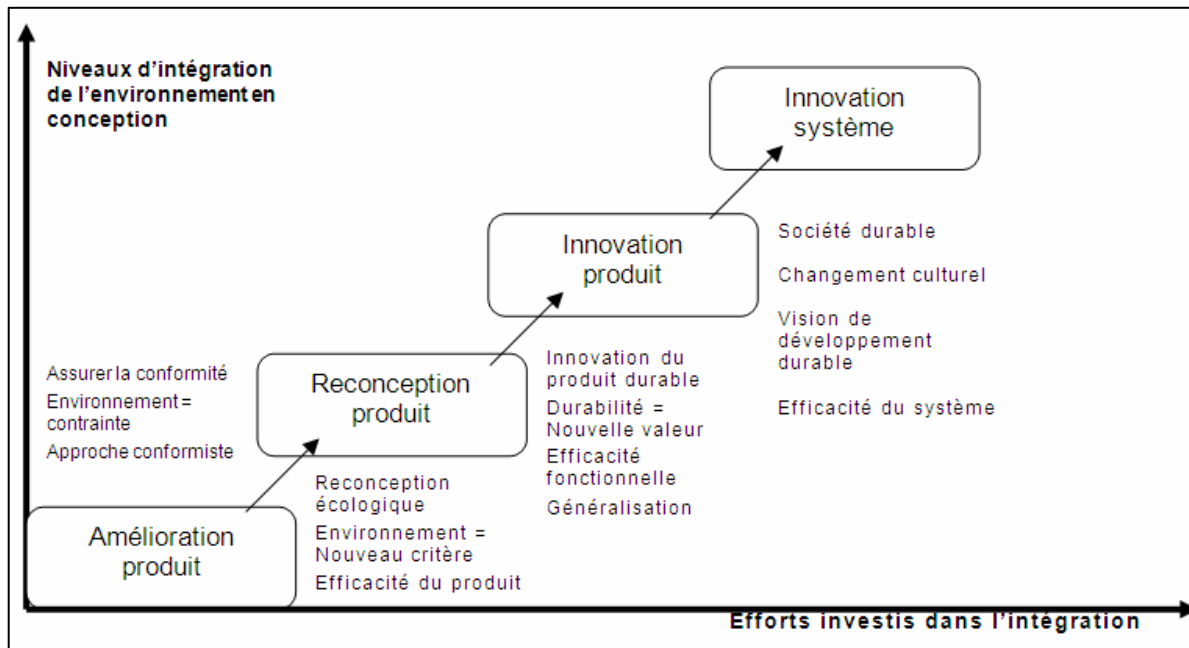
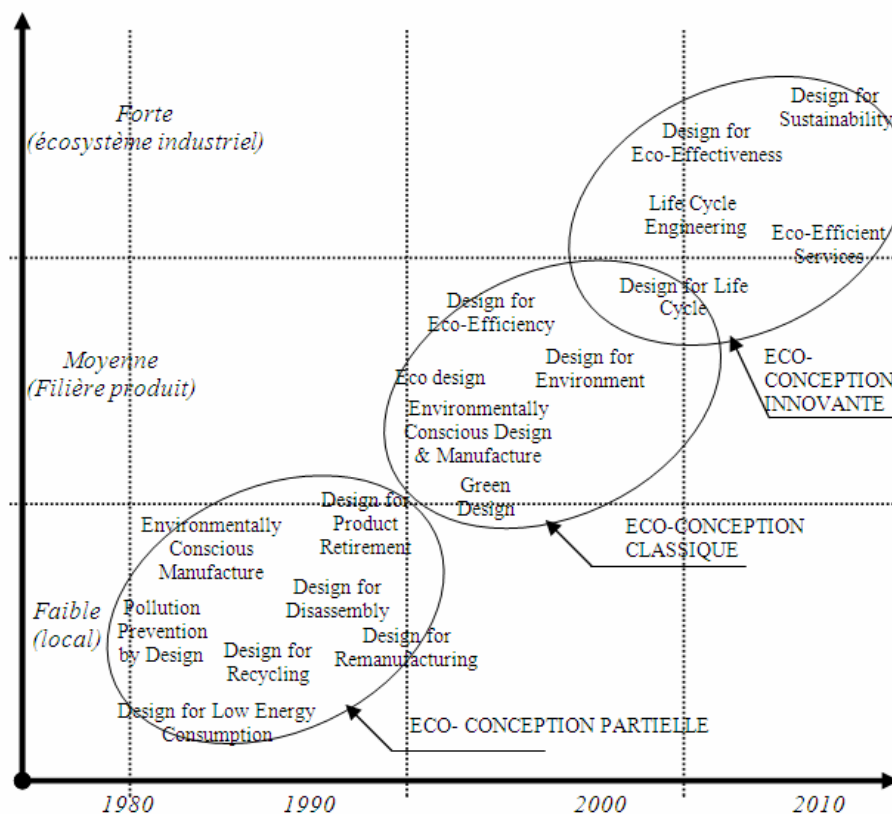


Figure 2. Niveaux d'intégration de l'éco-conception en fonction du degré d'innovation du produit [BREZET ET AL. 97]

Nos travaux s'appuient sur la catégorisation de Millet [MILLET ET AL. 03]. Ce dernier propose les trois types démarches suivantes :

- les démarches d'éco-conception partielles : L'environnement est perçu comme une nouvelle contrainte et aboutit à une faible modification des produits et des procédés associés. L'aspect environnemental est géré comme la définition de contraintes supplémentaires à intégrer au cahier des charges du produit. Dans cette catégorie, nous trouvons par exemple le « Design for Recycling », « Design for Disassembly », etc.
- les démarches d'éco-conception classiques : L'environnement est perçu comme un nouveau critère usuel. Le produit est considéré comme un système (la démarche permet une prise en compte multicritères sur l'ensemble du cycle de vie du produit). Dans cette catégorie nous trouvons par exemple le « green design », « l'éco-conception », design for « efficiency », etc.
- les démarches d'éco-conception innovantes : l'environnement est perçu comme une nouvelle valeur de développement. La démarche ne raisonne plus sur les composants du produit, ni sur le produit lui-même. Elle se focalise sur le service que doit fournir le produit à l'utilisateur. La démarche vise une amélioration environnementale radicale et les entreprises agiront dans la logique du

développement durable. Cette catégorie concerne par exemple le « Sustainable Product Design ». L'intégration de l'éco-conception sera possible lorsque les entreprises agiront dans la logique du développement durable.



Abscisse = temps et ordonnée = degré de réduction des impacts visée (champ de réduction)

Figure 3. Positionnement des différents concepts en fonction du niveau d'intégration de l'éco-conception produit [MILLET ET AL. 03]

Nous avons choisi la classification de Millet, car le niveau « innovation des systèmes » de Brezet paraît, actuellement, difficile à atteindre par les industriels. Ce dernier niveau doit émaner des politiques gouvernementales qui auront le rôle d'orienter les technologies vers l'innovation des systèmes. Toutefois, les industriels sont les acteurs principaux dans les trois autres niveaux. Leur domaine d'intervention dans chaque niveau sera fonction de la potentialité d'innovation de l'entreprise.

Les trois échelons de Millet nous permettent de mesurer la diffusion progressive de l'environnement dans l'entreprise. Cependant, il est nécessaire également de pouvoir mesurer l'importance de l'appropriation de cette dimension par l'entreprise. C'est dans ce contexte que nous distinguons trois échelons :

- le niveau concret (technique) : le produit fabriqué possède des caractéristiques respectant les aspects environnementaux,

- le niveau méthodologique : l'ensemble des activités de conception utilisent des ressources explicites et systématiques pour aboutir à des systèmes de produits plus respectueux de l'environnement,
- le niveau des valeurs : l'ensemble des dispositions économiques, administratives et techniques sont coordonnées par les connaissances environnementales de l'entreprise.

1.2.3. Outils et méthodes comme instruments de support à une conception plus respectueuse de l'environnement

Nous avons vu qu'il existe une multitude de démarches environnementales focalisées sur la conception des produits. Souvent ces démarches s'appuient sur des outils et des méthodes qui ont été développés par un certain nombre d'acteurs et d'entités dans le monde entier. Le manuel de l'UNEP [BREZET ET AL. 97], l'état de l'art sur l'éco-conception réalisé par l'AFNOR [BRUN ET AL. 05], le guide des logiciels d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) [SIEGENTHALER 05], et d'autres articles [SCHUPPE 02]¹⁸ montrent l'existence d'une large gamme d'outils et de méthodes permettant d'introduire la dimension environnementale en conception. En ne prenant en compte que les logiciels d'éco-conception, nous avons comptabilisé dans le Tableau 1, 124 outils et méthodes.

¹⁸ A Guide for EcoDesign Tools, Ecodesign Awareness Raising Campaign for Electrical & Electronics SMEs, Fraunhofer IZM, 2005, www.EcodesignARC.info

124 ECO-LOGICIELS :			
ACV, ACV spécifiques à une phase du cycle de vie, base des données, approches générales			
AIBAS OEK	Ecoinvent	GaBi	Ökobase
Advisor For Component Design	Eco-it	GBA	ÖkoPac
AMETIDE	ECOLAB	GEMIS	PEMS
AsTROID	ECOPACK	Heraklit	PIA
AUDIT/APCC	EcoPro	IDEA	PUISSOECOS
BEAT	EcoPurchaser	IdeMat	PLA
BEES	EcoManager	Imselection	Pre-LCA tool
Bilan Produit	Econtrol	IVAM LCA	ProBas
Boustead Model	ECOQUANTUM	JEMAI-LCA	PTLaser
Buwal 250	EcoScan	JEM LCA	REGIS
CALA	EcoSys	KCL ECO	ReGrEd/Display
Cambridge Engineering Selector	ECOtransiT	LASeR	REPAQ
Cassandra	EDGE	LCA1	ReStar
CEDA	EDIP-tool	LCAdvantage	P2-EDGE
CLEAN	EDIT	LCA CAN System	SAS Emission calculator
CMLCA	EIME	L-CAD	Simapro
Cumpan	ELDA	LCA-E	SimaTool
DEAM	EMIS	LCAiT	Simbox
DEMROP	EIO-LCA	LCALight/ LCCLight	SimObau
DFA-Design for Assembly	Emission Calculation	LCAPIX	SPINE@CPM data tool
DFA-Design for Environment	Environmental Impact Estimator	LCASys	TCAce
DFM-Design for Management	Envision	LCNetBase	TEAM
Dutch concrete	EPS-tool	LEADS II	TEMIS
E3-Audit	EROS	LEGEP	TRACI
EcoAssesor	ESAB	LISA	TWIN Model
Eco-conscious design	EUKLID	LIMS	UIS
Ecodesign PILOT	EuroMAT 97	LMS	Umberto
Ecodesign Tool	EUSES	Matrix approach	Umcon
ECODIS	EVA	NIRE LCA tool	VAMP
EcoFit	Franklin US LCI	NTMCalc	WISARD
Ecoindicateur (95-99)	Fraunhofer IZM/EE toolbox	OGIP	WWLCAW

Tableau 1. Liste non exhaustive d'éco-logiciels¹⁹

¹⁹ [SIEGENTHALER 05; JANIN 00; SCHUPPE 02; SIMON ET AL. 98]

¹⁹A Guide for EcoDesign Tools, Ecodesign Awareness Raising Campaign for Electrical & Electronics SMEs, Fraunhofer IZM, 2005, www.EcodesignARC.info

¹⁹ Dantes : <http://www.dantes.info/Tools&Methods>

Du fait de l'existence d'un grand nombre d'outils et de méthodes d'éco-conception, quelques auteurs ont réalisé un travail de classification de ces différents outils.

Janin [JANIN 00] organise les outils en cinq catégories : outils d'évaluation (quantitative et qualitative), outils d'amélioration, outils stratégiques, outils de sensibilisation et outils de communication. Cet auteur propose un modèle mentionnant à quel niveau du processus de conception peuvent être introduits les différents types d'outils.

Une organisation des outils a été définie par la méthode « Ecodesign Navigator »²⁰. Cette méthode caractérise les outils en fonction de deux axes : leur action principale (analyser, rapporter, hiérarchiser et améliorer) et leur intervention durant les phases du processus de conception (besoin, définition, concept et détail). Les cinq types de catégories d'outils sont : les outils d'évaluation, les outils stratégiques, les outils d'amélioration, les outils qui permettent de rendre compte²¹ et les outils de hiérarchisation. La liste des outils d'éco-conception a été organisée en cinq types : outils d'analyse de cycle de vie et inventaires du cycle de vie, outils du DfX²², outils de prévention des pollutions et des déchets, outils d'amélioration et outils hors logiciels.

Baumann et al. en analysant 650 articles concernant les outils et méthodes d'éco-conception ont comptabilisé plus de 150 outils. Ils proposent un classement des outils identifiés en six catégories : les outils « cadres »²³ contenant les idées générales permettant d'orienter le développement des produits, les Check-lists et guidelines, les outils simplifiés de notation et hiérarchisation, les outils d'évaluation permettant de mesurer la performance environnementale, les logiciels et outils experts, et les outils organisationnels [BAUMANN ET AL. 02].

L'état de l'art sur l'éco-conception réalisé par l'AFNOR en mars 2005 propose une classification des outils en sept fonctionnalités : sensibilisation, acquisition des connaissances, aide à la décision pour l'évaluation des impacts environnementaux, format des données, base de données, système d'intégration et de calcul, valorisation et communication de la démarche d'éco-conception [BRUN ET AL. 05].

Dewulf classe les outils et méthodes d'éco-conception selon leur approche du cycle de vie (des approches générales prenant en compte toutes les étapes à des approches plus partielles comme la prise en compte d'une seule étape du cycle de vie) et les types de données (monocritère à multicritère) [DEWULF 03].

²⁰ [SIMON ET AL. 98] Ecodesign Navigator, Manchester Metropolitan University and Cranfield University, UK. dont le site n'est plus accessible.

²¹ « Reporting tools »

²² Design for X (Environment, Remanufacturing, Life cycle, Recovery, Sustainability ...)

²³ « Frameworks »

Le Tableau 2 présente quatre classifications différentes des outils et méthodes d'éco-conception.

Janin	Simon et al.	Baumann et al.	Brun et al.
- Evaluation (quantitative et qualitative), - Amélioration, - Stratégique, - Sensibilisation, - Communication.	- Analysis, - Improvement, - Reporting, - Priorisation, - Strategic.	- Frameworks, - Check-list - Guidelines, - Rating – Ranking, - Analytical, -Softwares/experts systems, - Organising	- Sensibilisation, - Acquisition connaissances, - Aide à la décision pour l'évaluation, - Format des données, - Base des données, - Système d'intégration, de calcul, - Valorisation- communication.

Tableau 2. Classification des outils et méthodes d'éco-conception selon quatre auteurs

A l'aide des travaux de ces différents auteurs, nous allons présenter les principaux outils et méthodes d'éco-conception de six catégories suivantes : évaluation de l'impact environnemental, préconisation, organisationnel, stratégique, sensibilisation et communication.

1.2.3.1. Outils et méthodes d'évaluation de l'impact environnemental :

Les outils et méthodes d'évaluation, construits sur des bases rigoureuses et scientifiques, permettent d'établir la performance environnementale du produit, de déterminer les priorités d'actions, d'argumenter des choix et de faire émerger des solutions satisfaisantes pour les clients. Au sein de l'équipe conception, les instruments d'évaluation peuvent favoriser une réelle négociation entre les exigences techniques, économiques et environnementales [MILLET ET AL. 03].

Dans ce paragraphe, nous présenterons cinq outils d'évaluation environnementale : les analyses de cycle de vie, les analyses de cycle de vie simplifiées, la méthode éco-indicateur, la méthode MIPS et l'évaluation du coût du cycle de vie.

- L'Analyse de Cycle de Vie (ACV)

L'Analyse du Cycle de Vie ou écobilan est un outil d'évaluation des impacts environnementaux et d'aide à la décision. Son enjeu est de réaliser un bilan quantitatif des flux de matières et d'énergie liés à chaque étape du cycle de vie d'un produit ou d'un service. L'ACV permet d'identifier les impacts potentiels générés par les produits ou procédés, fournissant ainsi des éléments contribuant à améliorer leur qualité écologique. L'ACV apporte de la fiabilité à la démarche d'amélioration des produits, permet de quantifier le progrès, sert de support d'apprentissage, etc [GRISEL ET AL.04].

Selon la définition de la série de normes ISO 14040 à 14043²⁴, l'ACV comporte quatre phases.

- La définition des objectifs et du système

Cette première phase permet de définir le type d'application de l'ACV, les objectifs de l'étude, le système en terme d'unité fonctionnelle (à laquelle les flux de matières et d'énergie seront rapportés) et l'étendue du champ de recueil des données [JOLLIET ET AL. 05 ; GRISEL ET AL. 04].

- L'inventaire des émissions et des extractions

L'inventaire est la pièce maîtresse de tout ACV [MILLET ET AL. 03]. C'est un bilan exhaustif et quantifié de tous les flux d'énergie et de matière du système de produits défini lors de la définition du champ de l'étude et les résultats sont ainsi rapportés à l'unité fonctionnelle [BENETTO 05]. Les processus d'un système étudié sont reliés aux flux élémentaires entrants et sortants. Les données pour réaliser l'inventaire sont collectées auprès des partenaires industriels ou dans les bases existantes. En effet, il existe un grand nombre de bases de données disponibles qui ont été développées par des industriels, consultants et universitaires. Nous pouvons citer quelques bases de données : Ecoinvent, ETH-ESU, Buwal, Idemat, et Franklin US LCI database.

- L'évaluation des impacts environnementaux

L'objectif de cette étape est de traduire l'ensemble des données sur les flux de matière et d'énergie en impacts environnementaux. Les méthodes d'évaluation des impacts comportent trois sous-phases : la classification des impacts, la caractérisation des impacts et l'évaluation globale des impacts potentiels [ROUSSEAU 05]. L'agrégation des centaines de données recueillies dans la phase d'inventaire permettront d'obtenir une évaluation grâce à des indicateurs (par exemple : eutrophisation, effet de serre, raréfaction des minerais...). Selon

²⁴ La France a joué un rôle important pour la normalisation des ACV avec les normes AFNOR X30-300 (1994) et la NF X 30-300 (1996), donnant la naissance en 1997 à la norme ISO 14040 (*Management environnemental - Analyse du cycle de vie - principes et cadre*), puis les normes ISO 14041 (*Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Définition de l'objectif et du champ d'étude et analyse de l'inventaire*), ISO 14042 (*Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Évaluation de l'impact du cycle de vie*), ISO 14043 (*Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Interprétation du cycle de vie*); Rapport Technique ISO/TR 14047 (*Management environnemental - Évaluation de l'impact du cycle de vie - Exemples d'application de l'ISO 14042*), ISO/TS 14048 (*Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Format de documentation de données*), Rapport Technique ISO/TR 14049 (*Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Exemples d'application de l'ISO 14041 traitant de la définition de l'objectif et du champ d'étude et analyse de l'inventaire*)

Rousseaux cette phase est la plus délicate à réaliser et l'axe majeur de recherche en matière d'ACV constitue la mise au point d'une méthodologie adaptée [ROUSSEAUX 05]. Plusieurs méthodes ont été développées afin de réaliser l'évaluation des impacts. Ces méthodes se distinguent par le nombre d'indicateurs qu'elles considèrent et les modes de calcul. Kalifa présente les méthodes : volumes critiques de Buwal, Ecopoints, Environment Priority Strategy (EPS), Centrum voor Milieukunde (CML) et Eco-indicateur [KALIFA 05 ; MILLET ET AL. 03]

- **L'interprétation**

La dernière phase consiste à identifier les points forts et faibles du système étudié à chaque niveau du cycle de vie. L'identification des points générant le plus grand nombre d'impacts ou ceux qui présentent le plus grand potentiel de réduction de l'impact va permettre de proposer des voies d'améliorations en considérant les incertitudes [JOLLIET ET AL. 05].

Jolliet relève que l'ACV comprend des limites conceptuelles et pratiques [JOLLIET ET AL. 05]. Les principales limites présentées sont souvent : le manque de données et leur qualité, l'investissement en termes de temps, la difficulté à intégrer la dimension spatio-temporelle, les résultats influencés par celui qui réalise la phase, les lacunes dans l'évaluation des impacts, l'accumulation d'incertitudes, le manque de reconnaissance par les concepteurs, la complexité, inapplicable pour les produits innovants etc. [JOLLIET ET AL. 05 ; ROUSSEAUX 05 ; GRISEL ET AL. 04 ; JANIN 00 ; MILLET ET AL. 03 ;]. Ce qui correspond à un cadre plus local (émissions régionales ou locales, sensibilités différentes) ou qualitatif est hors de portée de l'ACV [GRISEL ET AL. 04]. L'ACV ne prend pas non plus en compte les risques pour la santé, les aspects sociaux ou économiques. Par exemple pour Leborgne et Feillard, l'ACV est un outil global permettant de montrer les tendances quant aux impacts liés aux émissions lors de l'utilisation et la fin de vie des véhicules, mais elle n'est pas considérée comme adaptée à une application en conception pour les produits automobiles [LE BORGNE ET AL. 05].

Selon Grisel et Osset, l'ACV va connaître une expansion importante et sa pérennité viendra par la fiabilité des conclusions dans le temps [GRISEL ET AL. 04].

- Analyse de cycle de vie simplifiée

Pour Ventère, le souci de pragmatisme justifie une évaluation simplifiée car elle permet d'analyser grossièrement les impacts d'un produit sur la majeure partie du cycle de vie [VENTERE 95]. Les limites de l'ACV ou le souhait des entreprises de réaliser une évaluation sans aller dans le détail sont également des raisons qui ont conduit à l'élaboration des

méthodes et outils d'évaluation simplifiée et qualitative du cycle de vie. Janin identifie notamment trois catégories de simplifications des outils et méthodes :

- ceux se limitant à une seule étape du cycle de vie comme l'Eco-profiles de l'industrie européenne des plastiques,
- ceux se limitant à un seul critère environnemental comme le contenu énergétique et le bilan carbone,
- ceux se focalisant sur certains critères environnementaux et étapes du cycle de vie de façon globale comme « l'Évaluation Simplifiée et Qualitative du Cycle de Vie » (ESQCV).

L'ESQCV est une évaluation qualitative qui a été formalisée dans le fascicule documentaire FD X30-310²⁵. L'exemple de la Figure 4 est appliqué à un produit fictif

	Extraction des matières premières	Production	Distribution	Utilisation	Traitement du produit usagé
Pollutions et déchets (quantité, toxicité)	*	2	0	0	*
Épuisement des ressources naturelles (quantité utilisée, origine renouvelable ou non, ressource abondante ou rare)	2	1	1	0	*
Bruits, odeurs, atteintes à l'esthétique	2	*	1	0	*

*Défavorable = 2, médian = 1, favorable = 0 ou absence de données = **

Figure 4. Grille d'évaluation Simplifiée et qualitative du Cycle de Vie

Ce type de tableau permet de visualiser rapidement et d'identifier les points forts et ceux qui méritent prioritairement une amélioration. L'ESQCV permet également de prendre en compte des nuisances subjectives difficiles à quantifier comme les atteintes esthétiques ou la dégradation des paysages [MILLET ET AL. 03].

Les résultats des ACV simplifiées pourront être approfondis à l'aide des outils et méthodes exhaustifs et quantitatifs.

²⁵ Fascicule « Prise en compte de l'environnement dans la conception et le développement des produits. Principes généraux et application » disponible à l'AFNOR.

- Méthode des éco-indicateurs

La méthode la plus répandue est celle des Eco-indicateurs élaborée par le National Reuse of Waste Research Programme à la demande des industriels Philips, Netherlands Car et Océ. Cette méthode est basée sur le principe de l'ACV. Eco-indicateur a recours aux évaluations du cycle de vie et à une méthode de pondération qui assigne une note unique à l'incidence globale sur l'environnement associée à un matériel ou à un procédé particulier, plus facilement manipulable [JANIN 00]. Les indicateurs spécifiques d'Eco-indicateur 99 sont la raréfaction des combustibles fossiles, la raréfaction des minerais, l'utilisation des sols, l'acidification, l'eutrophisation, l'écotoxicité, la destruction de la couche d'ozone, le changement climatique, les substances cancérigènes, les atteintes respiratoires dues aux composés organiques, les atteintes respiratoires dues aux composés non organiques et la radiation ionisante. La méthode permet de classer les impacts par les effets qu'ils causent, de caractériser les impacts par les degrés auxquels ils contribuent à un effet et de normaliser les effets (les valeurs des effets sont comparées à des valeurs de référence) [KALIFA 05 ; JOLLIET ET AL. 05].

La méthode Eco-indicateur existe sous forme d'outil « papier » ou sous forme « logiciel ».

- MIPS : Material Intensity Per unit of Service

La méthode MIPS a été développée par l'Institut Wuppertal en Allemagne en 1994, pour prendre en compte les impacts environnementaux engendrés par un produit sur l'ensemble de son cycle de vie, à travers un seul indicateur. Cette méthode traduit les consommations de ressources et les effets générés en un « poids d'environnement »²⁶ et elle allie la consommation d'énergie avec le service rendu par le produit. La principale limite de cette méthode résultant de son manque d'exhaustivité. L'approche basée seulement sur les consommations de ressources et les ponctions, néglige la toxicité des matériaux et des critères d'impacts [JANIN 00 ; MILLET ET AL. 03].

- Evaluation des coûts du cycle de vie

Il existe des méthodes pour réaliser des évaluations de coûts (directs et indirects) générés par un produit au cours de sa vie concernant l'environnement. Brezet et al, distinguent plusieurs méthodes de calcul : Environmental Life Cycle Costs, Total Cost Accounting, Life Cycling Costing, Full Cost Accounting [BREZET ET AL. 97].

²⁶ Un sac à dos écologique (« *Rucksack* »), dans le sens que les consommations dans les phases de fabrication et distribution ne sont pas visibles.

- Approches d'ACV qualitatives : (approches matricielles, check-list,...)

1.2.3.2. Outils de préconisation

Les outils et méthodes de préconisation vont aider les entreprises dans leur démarche de recherche des solutions. Janin identifie quatre types de catégories d'instruments d'amélioration de la conception environnementale du produit [JANIN 00].

- Les normes

Il existe les normes consensuelles (par exemple Norme Française et International Standards Organization), les normes sectorielles et les normes internes. Ces normes permettent de cadrer ou donner des recommandations d'action aux entreprises.

- les listes

Les check-lists, guidelines, liste des matériaux, listes noires, etc. sont des supports permettant d'orienter les choix d'éco-conception et les voies d'amélioration, d'identifier des substances à éviter et de fournir des moyens d'actions.

- les guides

Les guides favorisent la mise en place progressive d'une démarche globale car ils contiennent des lignes directrices, des principes et des recommandations qui visent aussi bien à sensibiliser le personnel qu'à guider les concepteurs à travers des voies d'amélioration.

1.2.3.3. Outils organisationnels

Les outils organisationnels (analyse de la valeur, ingénierie concurrente, ...) sont, selon Janin, des approches qui facilitent l'introduction de la dimension environnementale dans la conception grâce à la mobilisation des acteurs concernés [JANIN 00].

1.2.3.4. Outils stratégiques

L'objectif des outils stratégiques est d'aider l'entreprise à définir des objectifs clairs et à développer des stratégies de prise en compte de la dimension environnementale en conception. Par exemple, la matrice Eco-portfolio permet de sélectionner les produits les plus respectueux de l'environnement satisfaisant les attentes des clients, et les services marketing peuvent s'en servir lors des études de marché [JANIN 00].

1.2.3.5. Outils de sensibilisation

L'équipe conception et les acteurs concernés peuvent être sensibilisés à l'aide d'un certain nombre d'outils sous forme papier, vidéo ou informatique.

1.2.3.6. Outils de communication

Les parties prenantes doivent être considérées de plus en plus dans la stratégie d'éco-conception des entreprises. De ce fait, la communication (interne et externe) est indispensable dans un processus d'apprentissage [MARTINET EL AL. 04]. Les entreprises s'attachent de plus en plus à des outils de communication comme les rapports, la certification (ISO 14001 orienté produit), l'application des normes sur les labels (Ecolabel, Environmental Product Declaration), la roue des stratégies d'Eco-conception²⁷, etc [JANIN 00].

²⁷ La Roue des stratégies d'Eco-conception ou Eco-Wheel est un outil multiple d'aide à la décision, à la communication et à la définition d'une stratégie [Brezet et al. 97]

Chapitre 2 : L'éco-conception : un pas vers l'entreprise verte ?

2.1. Cadre réglementaire et politiques européennes

Dans ce paragraphe nous allons nous intéresser aux principales directives européennes s'inscrivant dans la logique de l'éco-conception.

2.1.1. Directive portant sur l'éco-conception des produits gros consommateurs d'énergie (EuP)

La directive 2005/32/CE vise à apporter des améliorations de l'efficacité énergétique des produits consommant l'énergie. Cette directive vise à responsabiliser les producteurs de ces produits en matière d'éco-conception et incite à réduire les impacts environnementaux générés sur l'ensemble du cycle de vie des produits. Ainsi la responsabilité du producteur est élargie à sa zone d'influence, depuis l'extraction des matières jusqu'à la fin de vie des produits. Le champ d'application de la directive est étendu, à l'exception des moyens de transport (avion, automobile,...). Cette directive cadre sera déclinée en mesures d'exécution visant le respect des exigences détaillées en matière d'éco-conception des groupes de produits définis. La Commission Européenne a déjà défini quatorze produits candidats dont l'application pourrait démarrer prioritairement.

2.1.2. Directive concernant l'Enregistrement, l'Evaluation et l'Autorisation des substances chimiques (REACH)

La directive 2006/121/CE en application depuis le premier juin 2007, vise à améliorer la protection de la santé humaine et de l'environnement. Les industries doivent assurer une plus grande responsabilité dans la gestion des risques liés aux produits chimiques et dans la communication d'informations sur la sécurité des substances. Ces informations doivent être transmises tout au long de la chaîne d'approvisionnement.

2.1.3. Directive ROHS concernant la restriction de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques

L'objectif de la Directive 2002/95/CE est de limiter l'utilisation de certaines substances dangereuses (plomb, cadmium, mercure, chrome hexavalent et les retardateurs de flammes bromés utilisés dans le PBB et le PBDE) dans les équipements électriques et électroniques. Cette directive impacte fondamentalement la conception, la re-conception des produits existants. Un fabricant doit constituer pour chaque produit un dossier de conformité,

comportant les engagements des fournisseurs de chaque constituant du produit, et/ou une analyse de laboratoire démontrant l'absence de substance interdite.

2.1.4. Directive sur les véhicules hors usage (VHU)

L'objectif de la directive 2000/53/CE est de réduire les déchets provenant des VHU. Cette directive spécifie les responsabilités des acteurs de la conception et de la production des véhicules, notamment concernant leur recyclabilité.

Cette directive fixe des objectifs chiffrés en poids moyen de véhicules concernant la réutilisation et la valorisation des composants :

- 80 % de recyclage et de réutilisation soit 85 % de valorisation totale déjà appliquée,
- 85% de recyclage et de réutilisation soit 95 % de valorisation totale au premier janvier 2015.

Depuis juillet 2007, tous les véhicules doivent être collectés à un coût nul pour les propriétaires et sous la responsabilité des producteurs automobiles.

Enfin, des actions d'amélioration doivent viser à réduire les consommations des matières, le poids des composantes et chercher des solutions de recyclage des plastiques.

2.1.5. Directive relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE)

La directive 2002/96/CE a pour objectif de favoriser le recyclage des déchets d'équipements électriques et électroniques. Depuis août 2005, les appareils visés par cette directive et arrivant en fin de vie doivent être collectés séparément et recyclés proprement. Les coûts de collecte et de traitement des déchets sont imposés aux fabricants et aux importateurs de ce type de produits. Les produits concernés par cette directive sont :

- les gros appareils ménagers,
- les petits appareils ménagers,
- les équipements informatiques et de télécommunication,
- le matériel grand public,
- le matériel d'éclairage,
- les outils électriques et électroniques,
- les jouets, équipements de loisir et de sport,
- les dispositifs médicaux,
- les instruments de surveillance et de contrôle,
- les distributeurs automatiques,

La DEEE spécifie également des exigences pour la conception et la fabrication des produits afin de réduire les impacts globaux et penser cycle de vie. Tous les produits commercialisés seront présumés être éco-conçus.

2.1.6. Directives sur les emballages

La première directive « emballage » 94/62/CE/ a été révisée plusieurs fois et a été dernièrement modifiée par la directive 2004/12/CE. Cette directive concerne la reprise, la collecte et la valorisation des déchets d'emballage et ses principaux objectifs fixés sont :

- entre 55 et 80% de recyclage au plus tard le 31 décembre 2008,
- 60 % de valorisation pour le 31 décembre 2008,
- 60% pour le verre, le papier et le carton ; 50% pour les métaux ; 22,5% pour les plastiques et 15% pour le bois de recyclage pour le 31 décembre 2008.

Dans le cadre des emballages, la Commission Européenne a adopté la communication « Vers une stratégie thématique pour la prévention et le recyclage des déchets ».

2.1.7. Directive concernant la maîtrise et la prévention intégrée des pollutions (IPPC)

L'objectif de cette directive 96/61/EC est de favoriser la maîtrise et la prévention intégrée des pollutions. Ceci signifie que toutes les entreprises couvertes par la directive (activités industrielles à fort potentiel de pollution) doivent obtenir une autorisation des autorités selon les standards des « meilleure technologie disponible ».

2.1.8. Politique Intégrée des Produits (PIP)²⁸

La PIP a été développée par un groupe informel des pays européens et a pour but de réduire les impacts sur l'environnement tout au long du cycle de vie d'un produit en impliquant tous les acteurs concernés et en prenant des mesures là où elles ont le plus d'incidence. Elle a été mise en place à travers un « livre vert » en 2001, et en 2003 la DG Environnement²⁹ adopte une communication sous un document explicitant la nouvelle approche de la PIP fondée sur quatre principes : réduire les impacts environnementaux sur l'ensemble du cycle de vie du produit, impliquer tous les parties prenantes, améliorer en continu la performance environnementale d'un produit et utiliser divers instruments pour mettre en œuvre cette politique. La Commission Européenne met progressivement les moyens pour stimuler l'amélioration continue de la qualité écologique des produits.

²⁸ <http://ec.europa.eu/environment/ipp/home.htm>

²⁹ Direction Générale Environnement de la Commission Européenne

2.2. Relations entre les différents acteurs de la chaîne du cycle de vie

L'entreprise est en relation avec les acteurs de son milieu. Ces différents acteurs peuvent aussi faire intervenir l'environnement dans leurs rapports avec l'entreprise, ou se trouvent en position de pouvoir répondre aux attentes environnementales de l'entreprise. Dans le cadre de la « gouvernance³⁰ » des entreprises, l'industriel doit impliquer les parties prenantes³¹. Les parties prenantes d'une entreprise sont tous les acteurs externes ou internes qui ont à voir avec celle-ci. Dans cette optique, l'entreprise doit satisfaire un certain équilibre entre les intérêts de ces diverses parties et vice versa, c'est-à-dire que les parties prenantes doivent respecter les intérêts de l'entreprise.

2.2.1. Relations avec les employés

Le personnel peut avoir des attentes relatives à l'environnement de l'entreprise, mais est surtout concerné par les conditions de travail et les risques liés aux diverses pollutions.

2.2.2. Relations avec les dirigeants

Les dirigeants se voient de plus en plus impliqués dans la protection de l'environnement puisque l'entreprise est sensible à sa renommée vis-à-vis de ses partenaires économiques. Les décideurs prennent conscience de leur responsabilité civile, ce qui oriente les entreprises vers des stratégies plus respectueuses de l'environnement.

2.2.3. Relations avec les clients

Les clients peuvent avoir des attentes relatives à la qualité environnementale du produit, ils cherchent une relation de confiance et de partenariat.

2.2.4. Relations avec les fournisseurs, sous-traitants et transporteurs

L'entreprise peut avoir des attentes environnementales vis-à-vis de ses fournisseurs, sous-traitants et transporteurs.

2.2.5. Relations avec les autres parties prenantes

Les syndicats, associations, médias, citoyens, etc. attendent des informations sur le comportement de l'entreprise vis-à-vis des impacts environnementaux.

³⁰ La Gouvernance d'une entreprise a pour but de fournir l'orientation stratégique, de s'assurer que les objectifs sont atteints, que les risques sont gérés comme il faut et que les ressources sont utilisées dans un esprit responsable (www.itgi.org).

³¹ Une partie prenante est une traduction de l'anglais « stakeholder »

- Banques, investisseurs

La prise en compte de la protection de l'environnement représente un contrat de fiabilité et de solvabilité pour la pérennité de l'entreprise.

- Institutionnels

Les institutionnels imposent le respect de la contrainte environnementale à l'entreprise et soutiennent des projets d'amélioration de la qualité environnementale. Parmi ces acteurs, en France il y a la DRIRE³² (organisme chargé de contrôler le respect de la réglementation, finance des projets,...), l'ADEME³³ (anime, coordonne et subventionne des projets de protection de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), les Agences de l'Eau³⁴ (subventionnent des projets de lutte contre les pollutions et de gestion des ressources en eaux), les pouvoirs publics (éditent les réglementations, les autorisations des ICPE³⁵), etc.

- Compagnies d'assurances

L'intégration de l'environnement réduit les risques de pollution accidentelle, ce qui fournit un peu plus de solvabilité à l'entreprise vis-à-vis de son assureur.

- Groupes de pression

Les syndicats, associations, médias, citoyens, etc. attendent des informations sur le comportement de l'entreprise vis-à-vis des impacts environnementaux.

L'entreprise doit confronter les besoins et les attentes des parties prenantes afin de développer une stratégie de protection de l'environnement transparente.

La responsabilité sociale de l'entreprise est un dispositif qui permet de prendre en compte les principes du développement durable au sein de leur structure en tenant compte des attentes des parties prenantes.

2.3. Promotion de la valeur environnementale d'un produit : le marketing vert

Selon Le Pochat, la valorisation des produits éco-conçus inciterait les industriels à s'engager dans une démarche d'éco-conception [LE POCHAT 05]. Les clients et consommateurs sont de plus en plus nombreux à demander les informations qui lui permettraient de réaliser un choix en toute conscience. De ce fait, l'information se tient d'être pertinente et fiable quant aux impacts d'un produit. Les normes encouragées par les parties prenantes visent à faciliter ce besoin et favoriser la promotion des bénéfiques

³² Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (<http://www.drire.gouv.fr>)

³³ Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (www.ademe.fr)

³⁴ Agences de l'eau (<http://www.lesagencesdeleau.fr>)

³⁵ Installation Classées pour la protection de l'environnement

environnementaux des produits. Il semble également indispensable d'introduire le critère environnement dans les cahiers des charges des services ou dans les appels d'offre des entreprises.

2.3.1. Enjeux de la communication et les trois types d'écolabels

Pour Martinet et Reynaud, la communication participe à valoriser la responsabilité environnementale de l'entreprise et montre sa capacité d'écoute, ce qui la légitime et lui permet de se positionner dans le marché [MARTINET ET EL. 04]. Une des meilleures façons de communiquer sur l'engagement environnemental de l'entreprise est de communiquer avec ces parties prenantes grâce à son meilleur outil : leurs produits. Dans un contexte industriel de recherche des bénéfices de la promotion des démarches environnementales, la norme ISO 14063 « Management Environnemental – Communication Environnementale – Lignes directrices et exemples » a été élaborée et les écolabels ont été développés. D'un côté, la norme ISO 14063 fournit des lignes directrices à une entreprise sur les principes généraux, la politique, la stratégie et les activités liées à la communication interne et externe. Cette norme décrit des méthodes de communication adaptées et s'applique à tout type d'entreprise. De l'autre côté, les objectifs principaux des écolabels sont la crédibilité et le développement des marchés de l'entreprise [GRISEL ET AL. 04].

La norme ISO 14020 «Étiquettes et déclarations environnementales – Principes généraux» fixe les principes en matière d'étiquetage. La norme ISO distingue trois catégories d'écolabels : de type I, II et III [BOEGLIN 04 ; BRUN ET AL. 05]. Nous allons présenter les trois types de labels écologiques dans les paragraphes suivants.

2.3.2. Ecolabels officiels - déclaration de type I

Les lignes directrices des écolabels sont spécifiées dans la norme ISO 14024 «Étiquettes et déclarations environnementales : les labels de type I : principes, guides et procédures». Les écolabels sont objet de reconnaissance officielle de la qualité écologique d'un produit puisqu'ils font l'objet d'une certification. Les écolabels se sont multipliés depuis les années 90 et parmi ceux-ci nous retrouvons NF-Environnement³⁶ (AFNOR), Ecolabel européen³⁷ (CEE), Cygne blanc (Conseil Nordique), etc. La labellisation impose la prise en compte du cycle de vie et de l'aptitude à l'usage, et elle préconise une sélection fondée sur des différences significatives en termes d'impacts environnementaux. Le processus d'écolabellisation est transparent et fait appel à la consultation des différentes parties intéressées. Aujourd'hui,

³⁶ http://www.marque-nf.com/pages.asp?ref=gp_reconnaitre_nf_nfenvironnement&Lang=French

³⁷ <http://www.eco-label.com/french/>

AFNOR certification a développé 42 éco-labels pour une vingtaine³⁸ de catégories de produits sur la base de cette norme.

2.3.3. Auto-déclarations - déclarations environnementales de type II

L'auto-déclaration est définie dans la norme ISO 14021 «Étiquettes et déclarations environnementales : les auto-déclarations environnementales ». Toutefois elle n'est pas soumise à vérification par une tierce partie. Cependant, la norme vise à assurer la pertinence et la sincérité des déclarations. Les auto-déclarations usuelles concernent les matières recyclées, la consommation énergétique réduite, les produits économes en eau, etc. [BOEGLIN 04 ; BRUN ET AL. 05].

2.3.4. Eco-profils - déclaration de type III

Les éco-profils spécifiés dans la norme ISO 14025 « Marquages et déclarations environnementaux – Déclarations environnementales de type III – Principes et modes opératoires », l'éco-profil permet d'améliorer la communication entre les entreprises en permettant aux acheteurs de faire des comparaisons entre produits ayant la même fonction. Il présente des informations environnementales quantifiées sur les produits, fondées sur la série de normes ISO 1404X relatives à l'analyse de cycle de vie. Il est donc élaboré selon une approche multicritère et multi-étape. D'autres informations peuvent être données, telles que l'évaluation des risques pour la santé humaine et pour l'environnement. Les éco-profils sont souvent présentés sous forme de diagrammes parfois accompagnés de quelques données qualitatives. Ils ne sont pas soumis à une vérification interne. Cependant, nous rappelons que lorsque l'entreprise réalise la comparaison d'un produit avec un produit concurrent, la norme ISO 14040 impose la vérification des données de l'ACV par un organisme indépendant. Le conseil de management environnemental suédois gère un programme indépendant appelé EPD (Environmental Product Declaration) System³⁹. Les entreprises souhaitant acquérir le label EPD se doivent de conduire une démarche de certification par un organisme d'accréditation [BOEGLIN 04 ; BRUN ET AL 05].

2.4. L'état de l'art de l'éco-conception en France

L'introduction de la dimension environnementale en conception est un phénomène récent [JACQUESON 02 ; TUKKER ET AL. 00]. Le Pochat affirme que l'éco-conception est au stade

³⁸ <http://www.ecologie.gouv.fr/ecolabels/>

³⁹ Pour plus d'informations sur les produits labellisés ou les démarches à suivre, voir le site www.environdec.com.

d'émergence [LE POCHAT 05]. L'éco-conception est le résultat d'un comportement proactif de protection de l'environnement de la part des industriels qui cherchent à construire des avantages concurrentiels [MARTINET ET AL. 04]. Il existe une volonté forte au niveau européen pour orienter les pays vers des produits plus respectueux de l'environnement. La réglementation évolue très rapidement dans le sens de l'éco-conception comme nous avons pu le voir avec les différentes directives européennes. La France a été motrice dans le cadre normatif. En 1998, L'AFNOR publie le fascicule de documentation FD X 30-310 « Prise en compte de l'environnement dans la conception des produits ». Ce fascicule a contribué à la rédaction d'un document et en 2002 est remplacé par le rapport technique ISO/TR 14062 publié par l'Organisation internationale de normalisation (ISO). La norme NF X 30-300 sur les analyses de cycle de vie a contribué également à développer la série des normes ISO 14040. D'autres normes ont été développées, par exemple la série 14020 concernant les labels, les normes sectorielles (les normes ECMA concernant les produits électroniques), les guides sectoriels (guides d'application sectoriel de la norme ISO 14001), les documents normatifs par secteur (construction, emballage, plasturgie, équipementiers de véhicules, ...), etc.

Au niveau français, les entreprises déployant une démarche d'éco-conception concernent plusieurs secteurs d'activités. L'état de l'art sur l'éco-conception, réalisé en 2005 par l'AFNOR, montre la réactivité des entreprises françaises de huit secteurs industriels. Nous allons nous appuyer sur quatre secteurs étudiés par Brun et al., pour montrer la réactivité des entreprises françaises face à l'éco-conception [BRUN ET AL. 05].

Les entreprises du secteur **équipements électriques et électroniques** sont soumises aux exigences des directives DEEE, RoHS et EuP. Nous trouvons les résultats des entreprises ayant engagé une démarche d'éco-conception comme Danfoss, Legrand, Thomson, Océ, Philips, Kambrook, Bang&Olufsen, Yellow Circle, Apple, Landys&Staefa, Bosch, Siemens [ADEME 99, 04, 06]. Depuis 1998, les entreprises du secteur EEE disposent du logiciel EIME (Environmental Information & Management Explorer)⁴⁰ et maintenant d'ECODIS (Eco-design Interactive System)⁴¹.

Dans le **secteur des équipementiers pour véhicules**, notamment les entreprises ayant développé des partenariats avec les constructeurs automobiles se sont lancées dans une démarche d'éco-conception. Les principales priorités pour ces entreprises sont le respect des directives (VHU, REACH et recyclage voitures) et la réalisation d'un « reporting des substances » composant un produit. Les outils et méthodes disponibles dans le secteur sont

⁴⁰ Fondé sur la méthodologie d'Evaluation des IMPacts Environnementaux - www.codde.fr/eng/EIMEUtilEcoconception.html

⁴¹ www.ecodis.org

EDIT (Eco-Design Interactive Tool), ECODIS et ceux spécifiques aux constructeurs des véhicules. Parmi les entreprises du secteur automobile et les équipementiers commercialisant des produits éco-conçus, nous pouvons citer DK TeKnic, Alel, Renault, Faurecia, PSA, Volvo [JACQUESON, ADEME 99, 04,06].

Le **secteur de la plasturgie** développe des actions afin de promouvoir l'éco-conception : optimisation des produits pour faciliter leur traitement en fin de vie, les échanges d'information notamment sur la conformité des produits et la gestion des substances. Les outils et méthodes d'EDIT sont utilisés comme support de la démarche d'éco-conception dans les entreprises du secteur de la plasturgie. Nous pouvons citer Plastic Omnium [ADEME 04].

Les démarches d'éco-conception n'ont pas été encore généralisées dans le **secteur de la mécanique**, mais des actions sont menées par exemple pour répondre aux exigences des directives (VHU, REACH, DEEE, emballages). Les outils et méthodes d'aide à l'éco-conception utilisés sont ECODIS, EIME, ATEP⁴². Les entreprises Danfoss Socla et Grundfos sont citées par Le Pochat comme des entreprises lancées dans la démarche d'éco-conception [LE POCHAT 05].

⁴² Outil d'analyse typologique environnementale des produits ou Typological Environmental Analysis [LE POCHAT 05]

PARTIE II : PROBLEMATIQUE

Cette partie présentera la problématique de cette thèse, qui consiste à confronter les systèmes industriels et l'éco-conception. La problématique de l'intégration de l'environnement en conception se focalise notamment sur trois difficultés majeures :

- l'usage et l'appropriation d'outils et des méthodes d'éco-conception ;
- le déclenchement de la création des connaissances environnementales ;
- la transformation de l'entreprise en organisation apprenante.

Cette partie révèle la pénurie d'usage effectif par les industriels des nombreux instruments existants. Les risques d'intégration d'une nouvelle dimension sont ensuite démontrés, notamment les difficultés à impulser un processus d'apprentissage. En conclusion, sont approfondis les facteurs qui conduisent le processus d'apprentissage à l'échec.

Chapitre 3 : Complexité de la dimension environnementale dans l'activité de conception

Le chapitre 3 permet d'analyser tout d'abord le milieu dans lequel nous pensons incontournable d'intégrer l'environnement : le processus de conception. Nous constaterons ensuite que l'introduction des aspects environnementaux en conception est un processus délicat et complexe. Ceci nous amènera à nous intéresser aux concepteurs et à leur perception de cette nouvelle dimension à intégrer dans leurs tâches.

3.1. La conception, une activité fondée sur le principe d'amélioration itérative

Le développement des produits est un processus complexe et interactif dans lequel différents aspects (coûts, fonctionnalités, qualité, ergonomie, etc.) doivent être pris en compte et un certain nombre de compromis doivent être opérés. L'activité de conception est un processus délicat qui ne peut pas être modélisé facilement. La conception consiste à définir simultanément le problème et la solution. Au cours de l'avancement dans les différentes phases du processus de conception, le degré d'abstraction diminue. Toutefois, ce processus étant itératif, il faut réaliser un certain nombre d'allers-retours entre les phases de spécification et les phases de conception détaillées car le cahier des charges évolue continuellement. « Le processus de conception n'est pas linéaire mais parallèle » [MILLET ET AL. 03]. Des nombreux chercheurs en génie industriel ont proposé des modèles de processus de conception. La Figure 5 présente la modélisation proposée dans le manuel de l'UNEP [BREZET ET AL. 97]. L'un des modèles suggérés dans la littérature scientifique nous paraissant résumer les grandes étapes, est celui du manuel de l'UNEP⁴³.

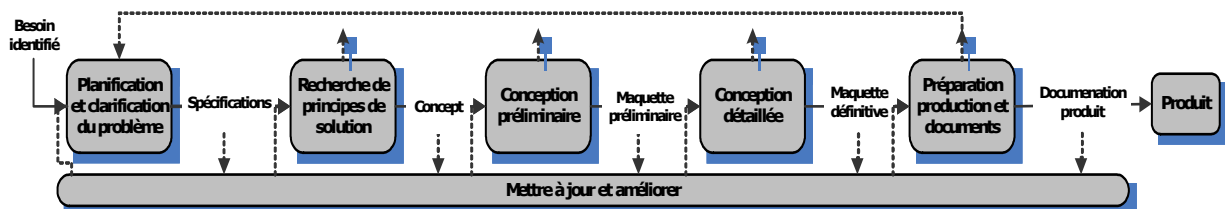


Figure 5. Modélisation du processus de conception du produit [BREZET ET AL. 97]

L'augmentation de la consommation et de la concurrence conduit les entreprises à proposer des produits multifonctions, innovants et de plus en plus miniaturisés. Ceci engendre une complexification supplémentaire de l'activité de conception. Ce phénomène

⁴³ United Nations Environment Programme

demande au cœur même du processus de conception un renforcement des connaissances, l'intégration de nouvelles disciplines, l'évolution des principes de management de projet et l'utilisation d'outils et de méthodes adaptés. Par ailleurs, la conception fait appel à des outils « métiers » qui sont utilisés par un métier spécifique (ergonomie, marketing, communication, ...) et à des outils « multidisciplinaires » qui nécessitent l'intervention de plusieurs acteurs (analyse fonctionnelle, analyse de la valeur...) [MILLET ET AL. 03].

Le degré de complexité dans le processus de conception est accentué dès lors que nous considérons les nouveaux produits. Dans ce cas de figure, le processus de conception fait appel à la créativité. De ce fait, il devient encore moins programmable et son résultat peut être considéré comme imprévu aux yeux des acteurs concernés.

3.2. Les approches multi-étapes, multicritères et multiacteurs : un raisonnement complexe pour l'activité de conception

La dimension environnementale fait appel à de nombreuses disciplines tels que la biologie, la chimie, l'économie, le droit, la climatologie, l'hydraulique, la microbiologie, etc. La complexité intrinsèque de l'environnement appliquée à l'activité de conception rend cet aspect névralgique. Ce phénomène s'aggrave si l'ensemble du cycle de vie est pris en compte.

Un produit traverse en effet de nombreuses étapes depuis l'extraction des matières premières jusqu'à sa fin de vie. Le cycle de vie d'un produit prend en compte toutes les étapes et est généralement représenté sous forme de boucle montrant l'enchaînement de toutes les étapes (Figure 6).

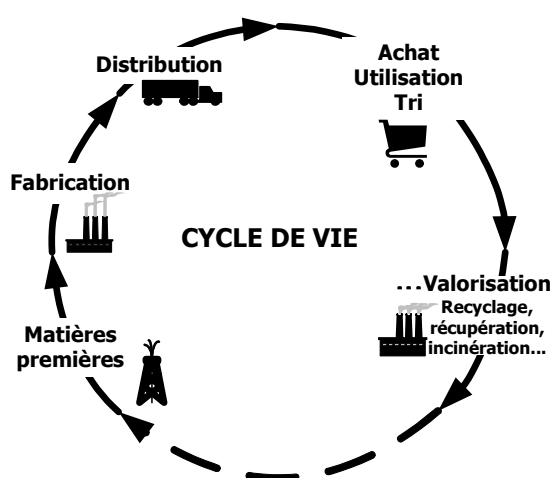


Figure 6. Le cycle de vie du produit

L'approche environnementale « produit », complémentaire de l'approche « site »⁴⁴ dépasse les frontières de l'entreprise. Cette approche vise la réduction des impacts en amont et en aval du site de production (site des fournisseurs de matériaux, transport, fabrication composants, conditionnement, promotion, installation, utilisation, production des consommables ou de l'énergie pour satisfaire l'utilisation, réparation, fin de vie...). L'éco-conception vise donc à intégrer l'environnement dans toutes les phases (et le plus en amont possible) du développement d'un produit, au même titre que les autres critères classiques de conception : qualité, performance, coût, délai, etc⁴⁵. La performance environnementale durant le cycle de vie se joue fondamentalement lors de la conception du produit. Le concepteur se doit de gérer les compromis entre les aspects environnementaux, sociaux, économiques, techniques,... Il doit agir également sur les caractéristiques initiales du produit jusqu'aux possibilités de valorisation en fin de vie en choisissant comme finalité l'usage et non pas le produit. Toutefois, toute modification du produit peut avoir des effets sur le cycle de vie. En prenant en compte toutes les étapes du cycle de vie, le concepteur peut vérifier que les dégradations issues des modifications seront compensées par les bénéfiques, donc il est en mesure d'éviter ou d'arbitrer les transferts de pollution.

L'émission zéro n'existe pas, tout produit est source d'impacts sur l'environnement tels que des réductions de ressources fossiles, des rejets de substances, les pollutions des milieux, les consommations d'énergie (cf. paragraphe 1.2.1). C'est pour cette raison et celle de l'arbitrage du transfert des pollutions que la prise en compte de l'environnement en conception nécessite une approche multicritère. Cette approche est d'une grande complexité car il n'existe pas de méthode généralisée afin de :

- traduire les pollutions, les rejets et les consommations des ressources en intensité d'impacts,
- hiérarchiser les impacts de catégories différentes (comment choisir entre une pollution de l'eau et une pollution de l'air ?) [MILLET ET AL. 03].

Un produit plus respectueux devra pouvoir justifier la réduction des impacts selon un produit référent. De nos jours, il existe des méthodes qui permettent d'évaluer la qualité environnementale d'un produit. Mais dans le cas de la conception des produits innovants, le recueil des données pose un problème du point de vue des connaissances écologiques de certaines technologies, matières,... encore inexistantes. Par conséquent l'évaluation de la

⁴⁴ Système de Management Environnemental Norme ISO 14001

⁴⁵ D'après le fascicule de documentation FD 30 310 sur la « prise en compte de l'environnement dans la conception des produits », confirmé par le rapport technique l'ISO/TR 14062 sur « l'intégration des aspects environnementaux dans la conception des produits et le développement des produits ».

performance environnementale n'est pas une science exacte, ce qui rend difficile son application dans le système industriel.

L'éco-conception considère non seulement les flux entre les milieux naturels et le système industriel, mais également les échanges entre les différents acteurs. Le processus de conception relève d'une coordination et participation d'une diversité d'acteurs.

Du point de vue interne à l'entreprise, le processus de conception fait intervenir un groupe d'acteurs multifonctions (commerciaux, concepteurs, designers, ergonomes,...).

Au niveau externe, d'autres acteurs ou entités (fournisseurs, transporteurs, utilisateurs, entités de valorisation,...) assurent et participent à l'existence du produit durant toute sa vie. Donc penser cycle de vie du produit veut dire également engager une coopération et une coordination avec une chaîne d'acteurs. La prise en compte des différents acteurs est ainsi extrêmement compliquée étant donné la variabilité des niveaux d'intervenants dans le cycle de vie du produit (les fournisseurs des fournisseurs,...).

Il convient donc de noter que la dimension environnementale reste une notion complexe et floue dans le contexte du processus de développement de produits.

3.3. Les rôles des concepteurs dans l'intégration de l'environnement en conception et leurs limites

L'objectif du processus de conception est de transformer un problème de conception en solution. Durant l'activité de conception, les spécifications du produit évoluent grâce à l'enchaînement d'actions tout au long des phases du processus. La conception est l'étape la plus déterminante de la vie du produit, essentiellement en termes de coûts, de fonctionnalité et d'environnement. Le produit est déterminé par les décisions prises au plus tôt dans le processus de conception. Dans cette phase de spécifications du produit, les possibilités pour changer ou améliorer des caractéristiques du produit sont larges⁴⁶. La flexibilité et la marge d'influence sur le résultat final se réduisent au fur et à mesure que le processus avance (Figure 7). A titre d'exemple, Boothroyd et Dewhurst⁴⁷ trouvent que 70% du coût final du produit est déterminé au stade de la conception. Les coûts sur l'ensemble du cycle de vie sont fortement liés aux ressources utilisées par le produit, comme les matières ou les consommations d'énergie. En ce qui concerne l'environnement, les décisions prises dans la

⁴⁶ Hauschild M.Z., Jeswit J. Alting L., Design for Environment – Do we get the focus right ?, CIRP 2004; 53 (1): 1-4.

⁴⁷ Cités dans [JESWIET J. ET AL. 04] ; Boothroyd, Dewhurst, Knight. Product design for manufacture and assembly. NY, Marcel Dekker, 1994.

phase de développement du produit déterminent 80%⁴⁸ des impacts environnementaux sur les autres étapes du cycle de vie du produit. L'activité de conception est donc un point capital, car elle peut, par sa capacité d'innovation et sa marge d'influence, accroître la qualité environnementale des produits.

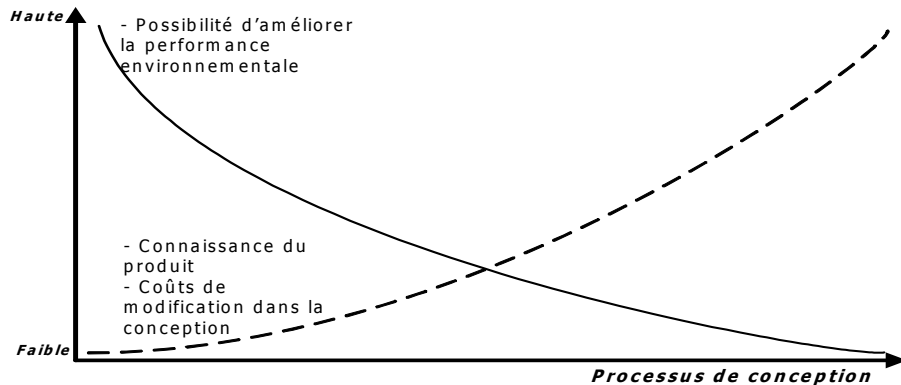


Figure 7. Marge d'action selon la phase du processus de conception [DEWULF 03]

Sachant que la conception est une phase clef du cycle de vie d'un produit, nous pouvons déterminer le rôle des concepteurs comme indispensable dans l'intégration de la dimension environnementale dans le processus de conception. Selon Bakker⁴⁹, les concepteurs ont deux rôles dans une démarche d'éco-conception : l'un opérationnel et l'autre stratégique. Lofthouse identifie trois principaux groupes d'acteurs dans le cœur du processus de conception⁵⁰. Les « concepteurs industriels » interviennent au cours de la phase opérationnelle du processus d'éco-conception, ils sont chargés du développement des nouveaux concepts, ils alimentent la stratégie commerciale de l'entreprise et de ce fait, ils sont capables d'améliorer fortement la qualité écologique des produits par rapport aux produits du marché. Les « concepteurs intervenant dans le cœur même de la conception⁵¹ » et en aval du processus opérationnel de l'éco-conception sont chargés de traduire le concept en idées concrètes et de développer le prototype du produit. Les « ingénieurs concepteurs » ont un rôle plus technique et plus centré sur les détails (chargés de développer des techniques innovantes en aval du processus) [LOFTHOUSE 04].

⁴⁸ De Winter et Kals (1994), cités dans [Butel-Bellini et al. 04]

⁴⁹ Cité par [LOFTHOUSE 04], Bakker C., Environmental Information for Industrial Designers, PhD Thesis, Delft University of Technology, 1995.

⁵⁰ « Core design »

⁵¹ « Core designers »

En amont de la conception, les connaissances des concepteurs sont très limitées étant donné le peu d'informations existantes sur le produit. A ce stade, les concepteurs jouent un rôle fondamental dans les démarches d'éco-conception. Les décisions cruciales sont déterminées en amont du processus de conception grâce à la rationalité, l'intuition et à l'expérience du concepteur. Ces connaissances tacites des « concepteurs industriels⁵² » ont été acquises grâce aux projets précédents ou à leur formation en conception. Ainsi une démarche d'éco-conception nécessite une intuition importante et une expérience dans le domaine de l'environnement, dans les phases en amont du processus de conception. Les différents types de concepteurs ont besoin d'informations et d'inspirations différentes concernant les critères environnementaux selon l'étape du processus de conception. De même, ils ont besoin de comprendre que leurs décisions techniques sont en relation directe avec les impacts environnementaux.

Comme nous l'avons vu, les rôles des concepteurs sont fondamentaux dans le processus d'éco-conception et, paradoxalement pour eux, l'environnement est une science trop complexe car elle demande une compréhension de plusieurs disciplines, des concepts et du système qu'il englobe. Selon Le Pochat, il existe un « gap culturel » qui agit comme une barrière à l'intégration de l'environnement dans la conception. Pour lui, le système industriel ne possède pas les bases en termes de langage, concepts ou compréhension des enjeux environnementaux [LE POCHAT 05]. Stoyel et al., à travers deux études menées dans deux entreprises, ont noté une absence d'information, un retour d'expérience incomplet, un manque de vérification et l'absence d'une revue pour « boucler » les projets d'éco-conception [STOYEL ET AL. 01]. Ces constats nous amènent à penser qu'il est nécessaire de mettre à disposition des concepteurs une information adaptée à chaque étape du processus de conception et de créer une dynamique d'apprentissage des connaissances concernant l'environnement.

3.4. L'environnement : une dimension floue pour le processus de développement de produits

Les paragraphes précédents ont révélé la problématique du processus de conception, la difficulté de définition de la dimension environnementale et le manque de compréhension et de connaissance des concepteurs de cette notion. Le Pochat et Millet et al. s'accordent pour qualifier la dimension « Environnementale » de dimension complexe [LE POCHAT 04 ; MILLET ET AL. 03]. Les facteurs de complexité ont été identifiés par Le Pochat.

⁵² Si nous prenons en compte les trois niveaux de concepteurs identifiés par Lofthouse [LOFTHOUSE 04]

- La problématique environnementale requiert une somme importante de connaissances ;
- L'écologie fait appel à un nombre important de sciences fondamentales (écotoxicologie, climatologie, sciences humaines,...) ;
- La nécessité de connaître de nombreux systèmes (techniques, procédés, données statistiques des phénomènes sociétaux, industriels,...) ;
- Le problème d'une information floue des phénomènes environnementaux et d'une accessibilité à l'information difficile ;
- La qualité environnementale d'un produit comme une notion floue ;
- Les lacunes culturelles (langage, concepts,..) de la dimension environnementale dans le monde industriel.

D'un côté l'environnement est identifié comme une dimension complexe, et de l'autre côté la conception est perçue comme un processus névralgique. Cette double dimension ne permet pas à l'introduction des contraintes « environnementales » en conception d'être traitée comme d'autres paramètres habituels. Et enfin, au niveau individuel, le concepteur considère l'environnement comme une notion floue car il manque de connaissances techniques pour l'appliquer quotidiennement dans ses tâches.

Chapitre 4 : Une multitude d'outils d'éco-conception et leur difficile appropriation en entreprise

Le chapitre 4 permet de constater que les défauts des outils et des méthodes d'éco-conception, malgré leur diversité et leur nombre, incitent faiblement les entreprises à les utiliser. Nous identifierons également les raisons qui expliquent le manque d'utilisation de ces outils et méthodes en industrie.

4.1. Les difficultés d'usage des outils existants et les problèmes d'appropriation des outils par les concepteurs

Actuellement, il existe une large gamme d'outils d'éco-conception [BAUMANN ET AL. 02]. Une grande quantité d'articles pertinents ont été publiés concernant les méthodes et outils utilisés dans une démarche d'éco-conception. Le Pochat identifie deux principaux axes dans la littérature actuelle. Le premier axe s'attache à décrire de manière pragmatique la réalisation de projets et le déploiement de l'éco-conception à travers des guides, manuels, etc. Le deuxième concerne des approches plus « fondamentales » en cherchant à cerner les implications de l'intégration de l'environnement dans le processus de développement de projet (collaborations, compétences,...) [LE POCHAT 05]. Baumann et al. ont étudié 650 articles concernant les méthodes et outils d'éco-conception. D'après cette étude, ils ont constaté que la littérature empirique reste peu significative (elle représente seulement 10% de ces 650 articles) et que la plupart des articles restent conceptuels et normatifs. Ils présentent par ailleurs des défauts tels que : un faible intérêt pratique, un excès de développement d'outils, le faible lien entre les intentions stratégiques des entreprises et le contenu de ces outils, une inadéquation à un grand nombre de contextes industriels et la faible prise en compte du point de vue du système [BAUMANN EL AL. 02]. Les outils et méthodes d'éco-conception manquent d'une vision globale « cycle de vie » et des données nécessaires aux différentes étapes du processus de conception (les données nécessaires ne sont pas les mêmes en amont qu'en aval du processus de conception) [LINDAHL ET AL. 03]. Le constat réalisé sur les défauts des outils d'éco-conception existants explique la difficulté, pour les concepteurs, à se les approprier. Actuellement, il est difficile de savoir si les outils d'éco-conception sont réellement utilisés mais également s'ils ont un véritable rôle dans le processus de développement de produits [LUTTROPP ET AL. 06]. Lindahl confirme que l'application concrète des méthodes et des outils d'éco-conception dans les industries reste en effet limitée [LINDAHL 01,03,04,06]. Il remarque que seulement une poignée d'outils de

conception (*tels que ProEngineer, Office, Matlab*) semblent être utilisée fréquemment en conception. Les outils d'éco-conception dont les résultats sont exprimés généralement en termes environnementaux, incitent moins les concepteurs à les utiliser [LINDAHL ET AL. 06]. En réalité, l'intégration des méthodes et des outils d'éco-conception dans le processus de développement de produits n'a pas encore été suffisamment considérée [SUNDIN 04]. Par exemple, Dewulf constate que la majorité des outils d'éco-conception commercialisés nécessitent un grand nombre de données (notamment les ACV, DfE,..). Ces outils ont prouvé leur performance dans certaines entreprises, pour la plupart de grandes entreprises, qui disposent de ressources humaines et financières nécessaires. Toutefois, l'utilisation de ces « outils experts » n'est pas envisageable pour une PME [DEWULF 03]. Souvent les outils et méthodes préconçus « universels » nécessitent beaucoup de temps et de ressources pour être adaptés aux besoins de l'entreprise et des utilisateurs.

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe 3.3, les principaux acteurs concernés par la prise en compte de l'environnement dans le processus de développement des produits sont les concepteurs, qui bien souvent, ont une faible connaissance de la dimension environnementale. Les concepteurs sont confrontés à des contraintes telles que le choix des outils adaptés au contexte de l'entreprise, l'interconnexion de ces outils avec ceux utilisés habituellement dans le processus de conception et l'acquisition des compétences afin de pouvoir utiliser l'outil adapté au bon moment. De ce fait, l'intégration de l'environnement fondée sur l'utilisation « spontanée » par les concepteurs, des outils et méthodes, semble peu réaliste [JACQUESON 02]. Lofthouse soulève que beaucoup de concepteurs ne considèrent pas avoir les outils adaptés et par conséquent ils ne savent pas comment conduire un projet d'éco-conception [LOFTHOUSE 06]. Une enquête réalisée auprès de 67 concepteurs du secteur ferroviaire confirme le besoin d'avoir à leur disposition des outils adaptés aux phases en amont du processus de conception et des procédures d'éco-conception claires [DEWULF 03]. Jeswiet et al. considèrent que de nouveaux outils d'éco-conception sont nécessaires en amont de la conception afin d'identifier les problèmes fonctionnels, économiques ou environnementaux et tous les risques associés [JESWIET ET AL. 04]. Comme il existe trois types de concepteurs⁵³ avec des rôles différents, leurs besoins en outils sont également différents. Les outils proposés aux concepteurs industriels ont été développés pour les « ingénieurs concepteurs », donc ils sont inadaptés à leur besoin. Selon Lofthouse, il y a un besoin de développer de nouveaux outils dédiés aux « concepteurs industriels », adaptés à leur culture de la conception [LOFTHOUSE 04].

⁵³ [LOFTHOUSE 04] cité dans le paragraphe 3.3

Selon Dewulf, les outils et méthodes d'éco-conception experts doivent être utilisés dès l'amont du processus de conception par un concepteur manquant de connaissances et d'expériences en environnement [DEWULF 03]. Pour Jeswiet et Hauschild, les impacts environnementaux peuvent être réduits si une ACV est réalisée dans la phase de conception⁵⁴ [JESWIET ET AL.04]. Dans une enquête faite par Stolley auprès de 16 entreprises, les résultats montrent que l'évaluation environnementale est un mécanisme pour la conception individuelle (pour celui qui la réalise), mais qu'il n'y a pas de preuve de son fonctionnement comme un mécanisme de prise de décision au niveau de la conception [STOLLEY ET AL. 01]. Pour Côté une combinaison des outils d'évaluation d'impacts avec un outil de conception classique (CAO,..) permettra d'améliorer l'accessibilité des outils d'évaluation environnementale tels que l'ACV. Mais le perfectionnement de ces outils ne réglera pas le problème de l'intégration de l'environnement en conception car il faudrait favoriser plutôt une vision transversale basée sur des critères de conception en prenant en compte d'autres domaines tels que l'économie, l'éthique, l'environnement, etc. [COTE 05]. Bauman et al. remarquent également que les chercheurs concernés par l'éco-conception doivent adopter plus des perspectives systémiques qui stimuleraient des synergies avec les autres processus de l'entreprise, avec le processus de la concurrence et une coopération avec les acteurs économiques de la chaîne du produit [BAUMMAN ET AL. 00]. Boks met l'accent sur le fait qu'il existe une grande variété de facteurs psychologiques, sociologiques, émotionnels et peut être d'autres intangibles dans une entreprise et dans les services que les chercheurs devraient aborder afin d'intégrer efficacement l'environnement dans les pratiques industrielles [BOKS 06].

4.2. L'inadéquation des outils par rapport au besoin industriel : une défaillance dans la coopération entre les développeurs et les usagers des outils ?

Tukker et al. notent quatre raisons du manque d'utilisation des outils :

- Les outils et méthodes sont très peu ou pas du tout expérimentés dans les contextes industriels. En effet, les chercheurs sont les acteurs les plus actifs dans le développement et la mise en œuvre de l'éco-conception, alors que la participation des industriels reste très faible ;
- Les limites des outils d'éco-conception et leurs difficultés à être intégrés dans le système industriel peuvent être dues à un manque de coopération et d'échange d'information entre les concepteurs et les usagers de ces méthodes et outils ;

⁵⁴ Ce qui signifie pour les auteurs « getting the focus right in product product LCA »

- Le manque de définition des divers groupes cibles,
- Le manque d'outils faciles à utiliser [TUKKER 00].

Les entreprises n'ont pas besoin de plus d'outils ou de méthodes d'éco-conception.

4.3. Première difficulté majeure : l'usage et l'appropriation de l'outil

Il existe un grand nombre d'outils d'éco-conception et d'autres sont en cours de développement par différents groupes de recherche, industriels, institutionnels... Toutefois, malgré un large éventail de méthodes et d'outils d'éco-conception disponibles, peu sont utilisés dans les entreprises [AMMENBERG ET AL. 05]. Nous avons identifié également les limites des outils existants et la nécessité de mettre à disposition des entreprises des outils adaptés en prenant en compte le point de vue des utilisateurs. Nous rappelons que le concepteur est l'utilisateur clef des outils et méthodes d'éco-conception. Les entreprises, et notamment les concepteurs, se voient confrontés au problème du choix de l'outil et à la difficulté de l'adapter au contexte de l'entreprise. Une difficulté supplémentaire se pose pour que l'outil soit systématiquement utilisé comme tous les autres instruments de conception classiques. Boks, à travers un exemple, montre que même avec le meilleur des outils, l'exploitation de celui-ci est compromise par le manque de compétences en communication et par les statuts sociaux perçus par les employés et les départements [BOKS 06].

Quand l'introduction d'une méthode dans l'entreprise va au delà de son choix, il est fondamental de mettre en place une stratégie d'intégration de cette méthode comme le souligne Perrin dans le domaine du choix d'un outil d'analyse fonctionnelle [PERRIN 05].

L'éco-conception fait appel à des outils nécessitant un grand nombre de données et généralement utilise le « jargon » environnemental. Souvent, le recueil des données environnementales est délicat, long et complexe. Afin d'éviter des efforts inutiles pour obtenir des données déjà existantes, les outils d'éco-conception ont besoin de mettre en commun leurs bases de données. Cette mise à disposition des données environnementales est essentielle dans le processus de conception. Les résultats des évaluations environnementales doivent donc être intégrés au même titre que les autres critères de conception (économiques, techniques, demandes des clients...). Finalement, l'éco-conception doit être intégrée dans le fonctionnement total de l'entreprise, par exemple à travers des systèmes de management.

Chapitre 5 : Les risques du changement et les dysfonctionnements d'apprentissage d'un processus d'éco-conception en milieu industriel

Le chapitre 5 permet d'apporter des définitions et de développer les concepts clés tels que la gestion du changement et l'apprentissage organisationnel qui vont contribuer à notre recherche. En effet, nous nous appuyerons sur ces différents concepts pour développer notre processus d'organisation apprenante des valeurs environnementales. Comme les individus sont au cœur des processus de changement et d'apprentissage, nous identifierons également les principaux acteurs impliqués dans l'éco-conception et leurs principales barrières.

5.1. Gestion du changement : piloter l'intégration d'une nouvelle dimension dans l'entreprise

L'intégration de l'éco-conception dans les entreprises est amenée à apporter d'importants changements⁵⁵ organisationnels dans celles-ci [LE POCHAT 03]. L'intégration de la dimension environnementale en conception nécessite d'acquérir de nouveaux outils, de modifier le processus de conception et de créer de nouvelles connaissances [MILLET ET AL. 03]. En d'autres termes, la prise en compte de l'éco-conception dans la stratégie de l'entreprise contribue à la modification des valeurs directrices, l'implication d'un certain nombre de services de l'entreprise et des parties intéressées participant au cycle de vie des produits, la modification des stratégies opérationnelles,... Pour illustrer ces transformations, Tukker et al. notent que les innovations fonctionnelles sur le produit, dues à l'éco-conception, impliquent souvent un changement radical des structures de production [TUKKER ET AL. 00]. Intégrer l'environnement signifie transformer le processus de conception, et comme la réussite de cette intégration revient aux concepteurs, leurs connaissances, leurs pratiques quotidiennes et leur visions doivent inévitablement évoluer.

Ces constats nous amènent à chercher, à comprendre ce qu'est la conduite du changement, la gestion des connaissances et l'apprentissage organisationnel ; comment l'entreprise les met en pratique ? Et comment éviter les risques d'échec afin d'intégrer la dimension environnementale en conception ?

⁵⁵ « Le changement est un processus de transformation des structures, des modes de gestion, des composantes physiques et humaines et dont sa perception génère un stress au niveau des individus » [BASSETTI 02]

5.1.1. Management du changement dans les entreprises

La conduite du changement en entreprise concerne les projets techniques, organisationnels et culturels [AUTISSIER ET AL. 03]. Elle est une discipline complexe qui n'est pas facile à représenter sous la forme d'un processus linéaire [PERRIN 05]. Selon Autissier et Moutot, il existe trois approches : la première de type gestion de projets, la seconde de type structurée des grands cabinets de conseil et la dernière basée sur des travaux en psychologie et sociologie [AUTISSIER ET AL. 03]. Enfin, pour Kahla il existe deux types de changement : adaptation/évolution et révolution/ajustement [KAHLA 99]. Les différents types de changement répondent à un besoin de réagir face à un nouveau projet, l'intégration d'une méthode, une nouvelle connaissance en répondant aux demandes des personnes concernées par le changement.

5.1.2. Facteurs d'échec de la conduite de changement

Selon Le Pochat, le changement d'une organisation comporte un risque inhérent d'échec [LE POCHAT 05].

Autissier et Moutot ont relevé trois principaux risques d'échec : une mauvaise intégration de l'équipe de conduite du changement, la réduction du processus à des formations et la difficulté de passer d'une communication individuelle à une collective. Nous présentons ci-dessous ces trois facteurs d'échec constatés par Autissier et Moutot [AUTISSIER ET AL. 03].

Tout d'abord, l'intégration de l'équipe de conduite du changement au sein de l'ensemble des acteurs concernés par le projet est délicate. Généralement, c'est l'équipe de conduite du changement qui définit les besoins de modifications d'organisation, des rôles et responsabilités, des compétences et modes de management. Un certain nombre de difficultés peuvent surgir : les exécutants ressentent une remise en cause de la qualité de leur travail et constatent un écart trop important par rapport aux pratiques existantes.

Suite à une détérioration des relations entre l'équipe de conduite du changement et les opérationnels, la conduite du changement peut se réduire à de simples formations centrées sur l'outil et non sur le mode de fonctionnement, les métiers et les procédures. L'objectif des formations étant de combler les écarts de compétences, notamment si cela concerne une transformation d'un métier que les équipes de conduite n'ont encore jamais pratiqué. Les formations doivent se dérouler dans un contexte favorable où les participants ont été informés sur les changements, les rôles et responsabilités. Celles-ci doivent être construites selon une logique, par exemple faire comprendre les procédures pour mieux appréhender l'outil. Enfin, les équipes doivent anticiper les développements des formations (durée,

supports, charge de travail,..), leur mode de déroulement (individuel - collectif, informel - formel, ...), ainsi que le choix des formateurs.

Le dernier risque concerne la communication et plus particulièrement la difficulté de passer d'une communication face à face à une communication collective. L'observation des comportements est essentielle afin de définir un plan d'actions adapté favorisant une meilleure acceptation des opérationnels et facilitant donc un résultat. De la même façon que pour les formations, un certain nombre de points doivent être définis avant le déploiement sur le terrain, tels que le mode d'échange, le type d'information,...

Bassetti constate également que le changement est soumis à un contexte incertain ; la conduite du changement doit donc prendre en compte l'incertitude, les évolutions et le facteur humain [BASSETTI 02].

5.1.3. Résistance au changement

Un changement organisationnel provoque des résistances. Selon Perrin, les résistances au changement sont un phénomène inéluctable. Après une phase de déséquilibre⁵⁶, les individus adoptent des « modes de régulation »⁵⁷. Une des principales raisons de la résistance serait l'incompréhension des opérationnels face au changement [PERRIN ET AL. 04, 05]. Dans l'intégration d'une nouvelle méthode, leur apport et l'objectif de leur intégration sont mal connus par les futurs usagers. Pour ces derniers, la méthode répond plus à un besoin collectif qu'à leur besoin individuel, ce qui entraîne un manque de motivation de leur part face à un changement organisationnel [PERRIN 05].

Dans ce sens, Autissier et Moutot constatent que la résistance au changement naît de la peur du vide et de la nécessité d'adaptation induite. Face à l'obligation de changer, les individus développent des comportements d'opposition, de passivité ou de pro activité et formalisent leur résistance dans les discours, les routines, les actions et les symboles [AUTISSIER ET AL. 03]. Afin de confirmer la formalisation des résistances, nous nous appuyons sur les constats d'Argyris et Schön concernant l'existence des « routines défensives⁵⁸ ». Ces routines consistent en la mise en œuvre d'une stratégie d'action dans laquelle l'individu cherche à défendre ses positions sans confronter son raisonnement à ceux des autres afin d'éviter toute remise en cause de ses croyances [ARGYRIS ET AL. 96].

⁵⁶ Etape durant laquelle les équipes prennent conscience des problèmes et du changement [PERRIN 05]

⁵⁷ Guillevic citée par [PERRIN 05] propose trois modes de régulation : la restructuration, l'articulation et le rejet (Guillevic C, 1991, Distinction between two types of competences : Expertise centred on the means or the Global, in Y. Queinnec et al. Designing for Everyone, Taylor and Francis, London)

⁵⁸ Argyris et Schön appellent les routines défensives quand un dysfonctionnement organisationnel incite les acteurs à mettre des stratégies pour éviter la responsabilité de ce dysfonctionnement et que les vraies raisons ne sont pas mises à jour.

5.1.4. Les leviers de la conduite du changement

Autissier et Moutot préconisent le processus de changement par la mobilisation de trois leviers d'action : la communication, la formation et l'accompagnement de la conduite du changement [AUTISSIER ET AL. 03]. Perrin identifie, grâce à une analyse bibliographique, les facteurs permettant de faire évoluer les pratiques collectives en conception : la modification de la structure de l'organisation, l'intervention d'une équipe de consultants, la formation et l'accompagnement des équipes, la communication, l'introduction d'un outil de travail collaboratif et l'intégration de nouvelles méthodes de conception. Parmi ces facteurs, cet auteur identifie quatre principes fondamentaux pour effectuer un changement organisationnel : la construction d'une vision, la mobilisation, la gestion des résistances et la communication [PERRIN 05]. L'intégration d'un outil dans une entreprise est favorisée par les facteurs suivants : un projet en cohérence avec les axes stratégiques, un management participatif, une valorisation des bénéfices du projet, l'intégration du projet dans le processus et une communication et perspective de l'évolution [MERCIER-LAURENT ET AL. 03]. Dans le cadre de la mise en œuvre d'une nouvelle méthode, Bassetti propose quelques principes de base : la mise en œuvre adaptée de la méthode sur la base des principes expliqués et compris, l'animation par un chef de projet, la préparation de la méthode par le biais de la formation et de l'information, la pluridisciplinarité de l'équipe projet et le lien entre le niveau stratégique et humain [BASSETTI 02]. Pour Mercier-Laurent, une démarche d'innovation nécessite des changements culturels et des habitudes. Cet auteur montre, à travers l'exemple de l'intégration du Pax système sur la Twingo, qu'une innovation globale n'aurait pas été possible sans : une vision partagée des acteurs, un engagement de la direction, une rupture de l'approche du pneu, une intégration des clients et une implication des concurrents [MERCIER-LAURENT 03]. L'importance du facteur humain dans la conduite du changement amène Autissier et Moutot à proposer une approche structurée du changement impliquant deux groupes : un groupe conduisant le changement et un groupe d'opérationnels [AUTISSIER ET AL. 03].

5.1.5. Approches managériales du changement dans les entreprises

Dans le paragraphe précédent, nous avons vu que le vecteur humain est essentiel à la gestion optimale du changement. L'instauration du changement implique également de déployer un mode de management agissant sur l'ensemble de l'organisation en termes techniques, financiers et humains. Il existe trois types d'approches instaurés dans le déploiement d'un processus du changement : les approches Top-Down, Bottom-Up et Middle-Up-Down Management [JACQUESON 02 ; PERRIN 05].

Les approches imposées, ou *Top-Down Management*, se caractérisent par une stratégie définie par les dirigeants de l'entreprise. Elles se traduisent particulièrement par la mobilisation des moyens adaptés (techniques, humains et financiers) ainsi que par la mise en œuvre d'un suivi des actions déclinées. Le changement initié s'inscrit ici dans la stratégie globale de l'entreprise. Cependant, les opérationnels ne sont pas impliqués dans la recherche de solutions. De ce fait, l'équipe projet est privée de leurs connaissances et de leurs avis, ce qui accroît les possibilités de résistances au changement et la non appropriation de ces changements.

Les approches participatives, ou *Bottom-Up Management*, se caractérisent par une stratégie concrète construite à partir des différents savoir-faire de l'entreprise. Cette approche présente l'avantage de l'adhésion du personnel, générant une véritable dynamique de changement collective. Toutefois, elle peut limiter la capacité de l'entreprise à construire une stratégie viable à long terme, et cohérente au niveau de l'entreprise dans sa globalité.

Les approches négociées, ou *Middle-Up-Down Management*, se caractérisent par une stratégie émanant de la hiérarchie intermédiaire des entreprises (acteurs situés à l'interface entre les dirigeants et les opérationnels) favorisant par leur position la communication bidirectionnelle (montante - descendante). Les avantages de ces approches intermédiaires sont la création d'une relation fondée sur la négociation entre la hiérarchie et les opérationnels et le maintien de la cohérence globale de l'organisation. Cependant, dans ce type d'approche, l'appropriation individuelle est moins présente que l'approche Bottom-up.

Dans la même optique que les stratégies intermédiaires, certains auteurs comme Böhringer et Rutherford⁵⁹ proposent des approches combinant les modèles Top-Down et Bottom-Up pour les politiques énergétiques dans les pays industrialisés. Dans ce cas, les auteurs prennent les avantages technologiques du modèle Bottom-Up et la richesse économique de celui du Top-Down. Kemp et al. proposent l'engagement d'une coordination multi-niveau dans la mise en place des mécanismes de développement durable : une coordination Top-Down avec des initiatives Bottom-Up [KEMP ET. AL 05].

5.2. La problématique de l'apprentissage organisationnel

L'entreprise se doit d'engager des processus d'apprentissage et de gestion des compétences afin de contribuer à ses performances. Certains auteurs s'accordent à dire que le changement ne peut se concevoir qu'accompagné d'un apprentissage [BASSETTI 02 ; LE

⁵⁹ Böhringer C., Rutherford T., Combining Bottom-Up et Top-down, Energy Economics, 2007.

POCHAT 05]. Dans ce sens, Perrin note que l'évolution de la performance collective dépend du processus d'apprentissage et des aspects émotionnels des individus [PERRIN 05].

L'intégration de l'environnement en conception relève d'un processus collectif et itératif, engageant un certain nombre de connaissances. L'apprentissage organisationnel peut représenter un vecteur favorisant l'entreprise à construire son propre processus d'intégration de l'environnement en conception dans la perspective de créer de nouvelles valeurs. Dans cette partie, nous cherchons à identifier les principes fondamentaux des processus d'apprentissage et de la gestion des connaissances, afin de faire face à la complexité de la dimension environnementale, et dans le but d'apporter des réponses à la problématique dans le domaine de l'intégration de l'environnement en conception. De nombreux auteurs se sont intéressés à l'apprentissage et aux connaissances. Nous citerons ceux qui nous aideront à mieux maîtriser cette problématique dans le domaine de l'éco-conception.

5.2.1. Création et gestion des connaissances

Parmi les différents travaux menés sur l'intégration de l'environnement, certains chercheurs abordent cette question en s'appuyant sur le domaine du management des connaissances. La création des nouveaux savoirs, la capitalisation, la transmission, l'utilisation et l'amélioration des connaissances sont les points critiques qui nous permettront de construire un processus d'apprentissage afin d'introduire la dimension environnementale en conception. Pour Jacqueson, les connaissances sont des facteurs essentiels de performance globale de l'entreprise et elles sont un vecteur d'intégration de l'éco-conception [JACQUESON 02].

Selon Nonaka et al., les connaissances sont créées grâce à l'interaction des différents types (tacites et explicites) et des contenus des idées individuelles. Ils proposent une représentation, permettant de transformer les connaissances individuelles en connaissances collectives, selon quatre modes de conversion [NONAKA ET AL. 96]: « Socialization, Externalization, Combination et Internalization ».

La « Socialization » est un processus de création de connaissances tacites (techniques et cognitives) collectives à travers un partage d'expériences et échanges d'informations au sein de l'équipe de travail.

L'« Externalization » est un processus d'articulation des connaissances tacites collectives vers des connaissances explicites (formalisation via des concepts et/ ou diagrammes) permettant leur accessibilité au plus grand nombre d'acteurs.

La «Combinaison» est un processus mêlant les nouvelles connaissances explicites et celles déjà acquises. Les connaissances explicites de plusieurs individus sont combinées pour produire, par déduction et induction, de nouvelles connaissances.

L'« Internalization » est un processus de passage par l'individu des connaissances explicites à des connaissances tacites et opérationnelles jusqu'à l'acquisition du savoir-faire.

L'intégration de l'éco-conception en entreprise ne peut pas se passer d'un processus de formalisation et diffusion de connaissances environnementales. En effet, cette intégration vise l'autonomie de plus en plus grande des concepteurs pour concevoir des produits plus respectueux de l'environnement. Autrement dit, l'intégration de l'éco-conception vise l'amélioration des connaissances environnementales des concepteurs. La question qui se pose est la suivante : comment créer et enrichir un corpus de connaissances environnementales ? La réponse nécessite de définir la gestion des connaissances. Selon Jacqueson, cette dernière « est présentée comme la formalisation d'une partie des savoir-faire propres à une entreprise, un produit ou un procédé pour les rendre accessibles et exploitables à un plus grand nombre d'acteurs que ceux qui en sont les détenteurs initiaux » [JACQUESON 02]. Grundstein la définit comme « une approche systématique et organisée pour améliorer la capacité de l'organisation à mobiliser les connaissances afin de renforcer la performance » [GRUNDSTEIN 06]. Jacqueson identifie deux principales difficultés liées à la gestion des connaissances : la diffusion et l'appropriation des connaissances [JACQUESON 02].

Pour Lopez, la création de nouvelles connaissances repose notamment sur l'acquisition et l'accumulation des connaissances antérieures [LOPEZ R. 02]. Puyou propose que l'acquisition des connaissances soit effectuée au lancement de la démarche d'éco-conception par l'intermédiaire de formations externes. Ces connaissances sont diffusées au sein de l'entreprise par des formations internes afin de les rendre accessibles, par la suite, par un processus d'autoformation [PUYOU 99]. Ainsi, l'intégrateur d'une méthode, d'un projet et/ou d'une nouvelle dimension dans l'entreprise ne doit pas seulement gérer l'assimilation des nouvelles connaissances par les individus concernés, mais également mettre à disposition les moyens de transformation et de capitalisation des connaissances. Le Pochat défend le fait que les connaissances ne peuvent être capitalisées que s'il existe une représentation commune et un langage commun pour les acteurs concernés [LE POCHAT 05]. Pour Grundstein, la capitalisation des connaissances est considérée comme « les connaissances utilisées et produites par l'entreprise comme un ensemble de richesses constituant un capital, et en tirer des intérêts contribuant à augmenter la valeur de ce capital ». Cet auteur identifie cinq problèmes auxquelles les entreprises sont confrontées. Le premier problème

consiste à *repérer* des connaissances (explicites et tacites) essentielles au déroulement des processus de l'entreprise. Puis les connaissances doivent être *préservées* (acquises, modélisées, formalisées et conservées), *valorisées* (en les diffusant, partageant, exploitant et créant des nouvelles connaissances), *actualisées* et enfin *managées* dans une logique d'apprentissage organisationnel [GRUNDSTEIN 06].

5.2.2. Modèle Global de Knowledge Management pour l'Entreprise (MGKME) de Grundstein

Grundstein présente la problématique de la gestion et la capitalisation de connaissances à travers son modèle appelée MGKME. Il définit le MGKME comme un « management des activités et des processus destinés à amplifier l'utilisation et la création des connaissances au sein d'une organisation ». Il est composé de sept éléments essentiels pour la gestion des connaissances (Figure 8):

- L'environnement sociotechnique (constitue le tissu social où les individus à l'aide des TIC⁶⁰ et des ressources tangibles, interagissent et convergent) ;
- Les processus à valeur ajoutée (représentent les connaissances comme facteur essentiel de performance dans le contexte organisationnel) ;
- Les principes de management spécifiques à la gestion des connaissances (reposent sur le principe du *PDCA*⁶¹ et la théorie d'« *apprentissage organisationnel* » d'Argyris et Schön) ;
- Les infrastructures ad hoc (constituées sur un principe fondé sur le concept de « *Ba*⁶² » et un « *mode de fonctionnement semi-ouvert*⁶³ ») ;
- Les processus génériques de la gestion des connaissances (répondent à la capitalisation des connaissances par leur évolution cyclique en cinq phases : repérer, préserver, valoriser, actualiser et manager) ;
- Les méthodes et outils de la gestion de connaissances (avec la nécessité de techniques de travail coopératif, outils mettant en œuvre les technologies de la communication et de l'information, etc.).

⁶⁰ TIC : Technologies de l'Information et de la Communication

⁶¹ Roue de Deming ou principe de l'amélioration continue PDCA (Plan Do Check Act) qui a inspiré les normes concernant les systèmes de management (qualité, environnement, sécurité). Pour Grundstein la phase de « Act » correspond au besoin de réagir face à un problème afin d'améliorer l'action future.

⁶² Le concept Ba a pour objectif de mettre en place les conditions permettant de partager et créer des connaissances à tous les niveaux (individu, groupe et organisation) selon 4 types : Originating Ba (Echanges d'expériences), Interacting Ba (Connaissances tacites sont explicitées), Cyber Ba (Espace d'interaction dans un monde virtuel) et Exercising Ba (Acquisition des connaissances tacites).

⁶³ L'objectif est d'atteindre l'apprentissage individuel et collectif facilité par la présence d'un noyau de compétences pluridisciplinaires, l'existence d'un espace d'évolution, d'un lieu de contact et d'un champ de culture multiple.

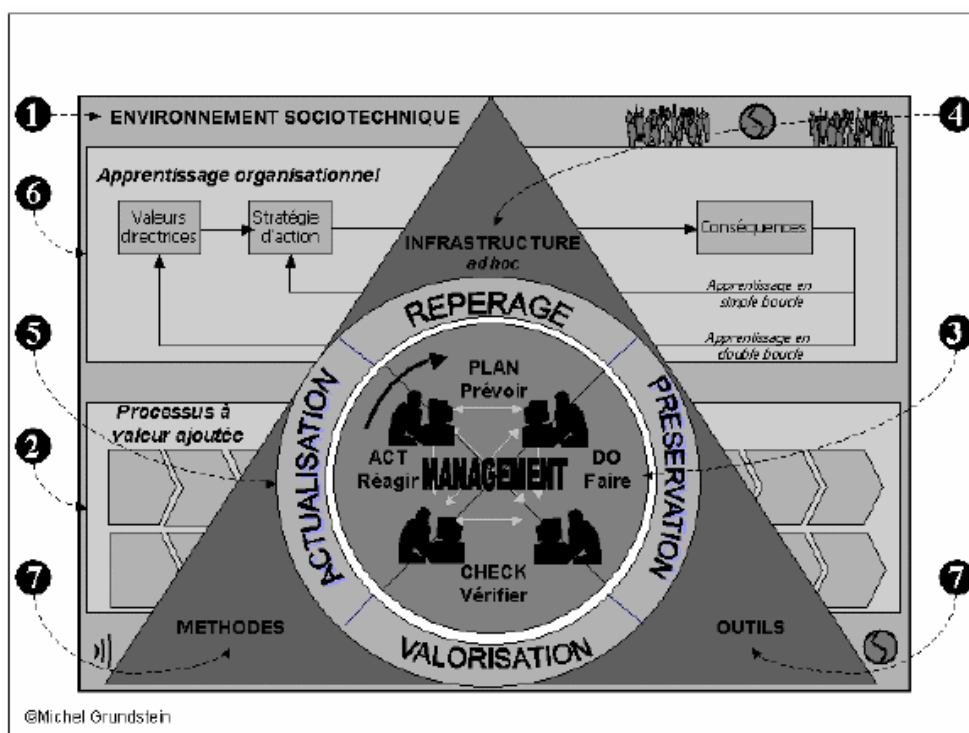


Figure 8. La gestion des connaissances dans l'Entreprise d'après [GRUNDSTEIN 06]

Grundstein, dans l'annexe 3 de son rapport de recherche, propose sept règles d'or pour réussir un projet de gestion de connaissances :

- Faire une distinction entre les connaissances explicites formalisées de l'entreprise (les savoirs) et celles tacites acquises par l'expérience (les savoir-faire) ;
- Accorder plus d'importance aux connaissances individuelles ;
- Ne pas confondre savoir-faire et compétence ;
- Eviter de considérer les connaissances comme des objets ;
- Distinguer les natures d'information (obtenir un flux d'information, partager ces connaissances et accéder aux informations sources de connaissances) ;
- Positionner le concept de gestion de connaissances par rapport à la question de capitalisation des connaissances de l'entreprise ;
- Intégrer les dimensions suivantes : économique et stratégique, organisationnelle, socioculturelle et technologique.

5.2.3. Flux d'information

Dans la littérature, le terme de connaissance est souvent défini comme des informations qui peuvent être utilisées [DEWULF 03]. Souvent le milieu industriel développe deux types d'échange d'informations, celui qui reste formel où les données formelles circulent, et celui qui reste informel et privilégie le partage des connaissances tacites [GRUNDSTEIN 06]. Dans le processus de conception, il est certain qu'il existe un besoin d'acquérir des informations adéquates lorsqu'une nouvelle contrainte, tel que l'environnement, est pris en compte

[DEWULF 03]. L'intégration de l'éco-conception nécessite l'accès aux informations et aux connaissances de la dimension environnementale. Toutefois, l'information se trouve souvent en dehors des frontières de l'entreprise où les données sont peu disponibles [LE POCHAT 05]. Particulièrement dans le domaine de l'éco-conception, les principales problématiques auxquelles l'entreprise est fondamentalement confrontée sont l'échange d'informations et le partage des connaissances au sein de l'entreprise et avec d'autres entreprises. Pour Tukker et al., dans certains pays, il existe un problème de coordination et de communication concernant les données environnementales en conception [TUKKER ET AL. 00]. Les enquêtes réalisées par Tukker et al. également, montrent que seulement un nombre réduit d'entreprises ont une expérience pratique concernant l'éco-conception. De ce fait, il existe un besoin d'éduquer les entreprises à ce sujet [TUKKER ET AL. 00].

5.2.4. Typologies d'apprentissage

Un certain nombre d'auteurs s'accordent à dire que l'apprentissage dans l'entreprise est indispensable [BASSETTI 02, GRUNSTEIN 06 ; JACQUESON 02] à son évolution et sa pérennité car c'est un processus qui s'inscrit dans la durée. Selon Kemp et al., l'apprentissage a une importance essentielle dans les processus provoquant des transformations conduisant les organismes à la prise en compte des principes de développement durable [KEMP ET AL 05].

Selon Nonaka et al., l'apprentissage est constitué par le développement des connaissances [NONAKA ET AL. 96], et pour Argyris elle se fait dans l'action [ARGYRIS 00]. De son côté, Grundstein note que « l'objectif de l'apprentissage organisationnel est d'accroître les connaissances et de renforcer les compétences individuelles tout en les transformant en compétences collectives à travers des interactions, du dialogue, des discussions, des échanges d'expérience, de l'observation » [GRUNDSTEIN 06]

Les travaux d'Argyris et Schön distinguent deux niveaux d'apprentissage (simple boucle et double boucle) caractérisés par les valeurs directrices, les stratégies d'action et les conséquences qu'elles induisent. L'apprentissage en simple boucle conduit des actions sans modifier les choix politiques et les valeurs directrices. Les routines défensives s'installent et entraînent l'organisation à commettre des erreurs en cascade. Elles sont les principales causes de l'inefficacité de l'apprentissage et représentent une forme de résistance au changement. L'apprentissage en double boucle fondé sur un raisonnement constructif permet à l'organisation d'accepter une remise en cause de ces valeurs directrices qui sont à la base de sa stratégie d'action [ARGYRIS ET AL. 78].

Dans le domaine de l'éco-conception, l'apprentissage en double boucle signifie que le processus de conception dans l'organisation met en œuvre, de façon durable, des stratégies de changement fondées sur les nouvelles valeurs environnementales. Millet, en se basant sur les travaux d'Argyris et Schön, propose trois schémas d'apprentissages concernant l'éco-conception [MILLET ET AL. 03 ; MILLET ET AL. 01] : la démarche d'explorateur, la démarche essais-erreurs et la démarche de précaution.

Dans le schéma de type *explorateur*, l'environnement est perçu comme un réservoir à exploiter et un réceptacle pour les rejets et les déchets de l'activité industrielle (Figure 9). Le monde est considéré comme un espace infini et les solutions appartiennent au domaine technique.

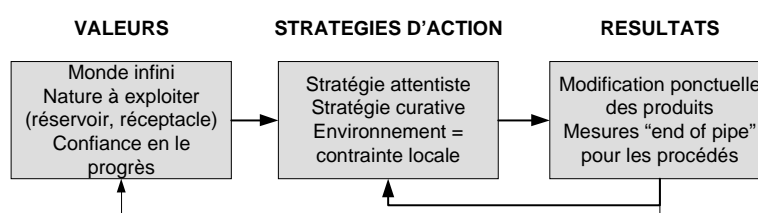


Figure 9. La démarche de l'explorateur comme schéma d'apprentissage [MILLET ET AL. 03]

La démarche *essais/erreurs* comme schéma d'apprentissage s'appuie sur une prise de conscience de la nécessité à gérer l'environnement dans un monde fini (Figure 10). L'environnement est un critère d'investissement dans la logique de croissance constante de l'entreprise. La prise en compte du produit comme un système permet de réduire les impacts environnementaux sur l'ensemble du cycle de vie du produit et de favoriser l'évolution des valeurs directrices à un niveau supérieur.

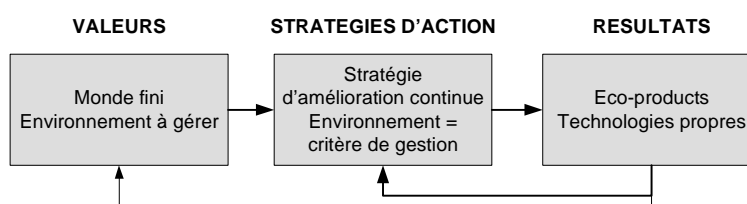


Figure 10. La démarche essais/erreurs comme schéma d'apprentissage [MILLET ET AL. 03]

La démarche de *précaution* repose sur une perception de l'environnement comme une nouvelle valeur de développement (Figure 11). L'entreprise reconnaît ses responsabilités et agit dans la logique de développement durable, de l'écologie industrielle ou de l'écosystème industriel. L'entreprise conduit une stratégie proactive. Elle ne raisonne plus sur les composants du produit, ni sur le produit lui-même mais vise une amélioration

environnementale radicale ou une éco-innovation, centrée sur la notion de service plus que de produit.

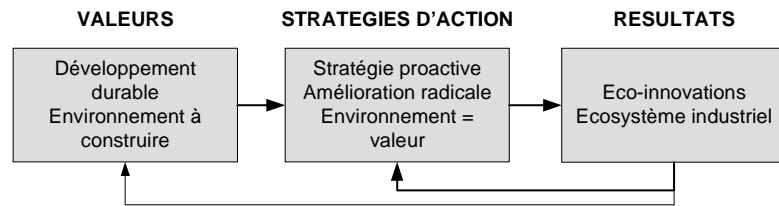


Figure 11. La démarche de précaution comme schéma d'apprentissage [MILLET ET AL. 03]

Jacqueson préconise une typologie d'actions permettant de créer un apprentissage concernant l'éco-conception. L'auteur propose trois finalités afin de conduire une transformation consciente et cohérente de l'entreprise : la formalisation, la diffusion et la valorisation. La *formalisation* des connaissances environnementales permet de réduire progressivement les champs d'ignorance en matière d'environnement. Puis cette nouvelle connaissance est *diffusée* au sein de l'ensemble de l'organisation par le biais de plusieurs moyens (formations, bases de données,...). La dernière finalité consiste dans la *valorisation* de la connaissance environnementale grâce à la modification des pratiques de conception, au-delà de la nature des produits conçus [JACQUESON 02].

5.3. Diversité d'acteurs concernés par l'éco-conception et leur manque de coordination

Bassetti note que le changement intervient dans la composante physique, la composante humaine, la structure et les systèmes de gestion de l'organisation. Cet auteur constate également que les individus ont un rôle essentiel dans la réussite du changement [BASSETTI 02]. Selon Kahla, il existe trois types d'acteurs du changement : les ingénieurs ou les techniciens facilitateurs du changement, les leaders du changement constructeurs et innovateurs, et les victimes du changement [KAHLA 99]

Dans le contexte des politiques de développement durable, Kemp et. al montrent que la diversité des pratiques de gouvernance en matière de conception est une source d'apprentissage et un moteur d'évolution afin de respecter les principes de durabilité. La prise de décision, le co-management et autres mécanismes impliquant une gouvernance des organismes par une multitude des parties prenantes, contribuent à une intégration effective de l'environnement et du développement durable [KEMP ET AL 05].

Lors de la définition du produit dans le processus de conception, par génération interactive des idées, des compromis doivent être opérés afin de répondre aux

problématiques des différents départements (industrialisation, achat, marketing, distribution, services et après vente). Le développement de produit nécessite la collaboration des acteurs de différentes fonctions (marketing, conception, production et achats). Tous les critères doivent être considérés de la même façon par le « design core » [Luttrupp 06]. Selon Lakemond et Berggren, la co-location⁶⁴ contribue à accélérer la prise de décision et minimiser les délais de lancement et d'industrialisation du produit. De leur point de vue, une intégration multi-fonctionnelle forte influence favorablement la qualité finale du produit. De ce fait, la co-location doit être gérée dans les premières étapes du processus de conception. Aux étapes intermédiaires, l'équipe doit être plutôt dispersée⁶⁵ afin d'éviter l'isolation et/ou une forte cohésion de l'équipe difficilement gérable. De même, Lakemond et Berggren constatent que les interactions informelles et formelles (synchronisation des informations, planning, participation régulière aux réunions,..) jouent un rôle essentiel dans la réussite du projet au sein de l'organisation. Ces auteurs montrent la nécessité d'agir sur les interactions au sein du projet et intra-organisationnelles dans un processus de développement des nouveaux produits [LAKEMOND ET. AL 05].

L'environnement n'est qu'un nouveau critère parmi d'autres (coûts, bénéfices, faisabilité technique, marché, qualité,...) à prendre en compte dans le développement de produits classique. Quelques auteurs ont travaillé sur les questions de l'intégration des différentes fonctions de l'entreprise dans la construction des politiques environnementales. Pujari et al. notent que le degré d'interface et de coordination entre les spécialistes détermine comment l'équipe de conception fonctionne lors de l'intégration des aspects environnementaux dans le processus de développement des nouveaux produits [PUJARI ET. AL 04]. La recherche réalisée par Fryxell et Vryza grâce à un questionnaire envoyé à 217 entreprises américaines, montre que le mécanisme permettant d'intégrer l'environnement dans une entreprise dépend d'une coordination multifonctionnelle. Selon les résultats de ce sondage, le management environnemental peut fonctionner si sept fonctions internes (production, marketing, comptabilité, conception, relations publiques, juridique et achats) sont intégrées dans les réflexions et la prise de décision. Ces deux auteurs proposent de mobiliser des mécanismes de coordination non-conventionnels (socialisation informelle des employés) et conventionnels (procédures, audits, flux d'information par les systèmes de management, guides) afin de contribuer à la performance environnementale de l'organisation [FRYXELL ET AL. 98].

⁶⁴ Proximité physique

⁶⁵ Selon Lakemond et Berggren, la co-location pendant une longue durée peut entraîner la séparation jusqu'à l'isolation et une trop grande cohésion à l'intérieur de l'équipe. Ces auteurs proposent selon le type de projet d'alterner la co-location avec l'éloignement physique de l'équipe de conduite de projet [LAKEMOND ET. AL 05].

Pour Song et al., la coordination multifonctionnelle dépend de la communication et de l'information échangées entre les départements. L'enquête qu'ils ont réalisée auprès de 376 entreprises américaines montre que les cinq barrières à une coordination multi-fonctionnelle et à l'échange d'information dans un projet de conception d'un nouveau produit sont [SONG ET AL. 96]:

- Le manque de confiance vis-à-vis de l'information reçue entre les départements entraîne le manque de crédibilité des membres de l'équipe vis-à-vis d'autres départements,
- Les différentes idéologies, langages et orientations conduisent à un manque de communication et d'intégration.
- Le manque de formalisation et de communication inhibe la coordination multifonctionnelle effective,
- L'éloignement géographique joue un rôle de barrière à l'intégration,
- Le manque de support managérial est un obstacle pour l'échange d'information et l'intégration. Souvent les responsables n'ont pas accès aux objectifs, aux ressources nécessaires pour mener à bien une étape du processus de conception.

Au niveau du management, il existe quelques problèmes dans la répartition des responsabilités environnementales au sein de l'entreprise. D'un côté, les responsabilités du service environnement peuvent souffrir d'un certain nombre de carences. De l'autre, la responsabilité « environnementale » peut être également assumée par le service QSE⁶⁶. Dans ce deuxième cas, les responsabilités environnementales ne sont plus réparties avec les autres services. L'intégration de l'environnement est alors vouée à l'échec si l'équipe de conception, les dirigeants, et les autres services ne sont pas impliqués dans la prise de décisions et la mise en œuvre des politiques environnementales. La notion d'éco-conception renferme dans sa définition le principe de « penser cycle de vie », de ce fait, l'éco-conception ne peut pas être une démarche d'un acteur isolé et doit relever d'une action collective impliquant différents acteurs internes à l'entreprise et également les acteurs intervenant dans la chaîne du cycle de vie.

⁶⁶ Qualité, Sécurité et Environnement

5.4. Deuxième difficulté majeure : le déclenchement d'un processus d'apprentissage

Pour Bassetti le changement doit s'accompagner d'un apprentissage qui s'édifie dans l'action [BASSETTI 02]. La synthèse bibliographique, réalisée dans ce chapitre, nous a permis de mettre en évidence l'importance d'un processus d'apprentissage dans la conduite de transformation consciente de l'organisation. Nous avons constaté que l'apprentissage s'inscrivant nécessairement dans la durée nécessite un investissement à long terme et une participation des différents acteurs de l'entreprise. Nous avons noté que l'apprentissage organisationnel est un vecteur d'intégration de l'environnement en conception. La littérature nous a permis de relever et analyser les différentes démarches et domaines liés au changement, et également les schémas d'apprentissage. Nous avons précisé les facteurs de risque et les bénéfices d'une intégration basée sur l'apprentissage organisationnel. Néanmoins, il apparaît judicieux de s'intéresser tout d'abord à la phase initiale du processus d'apprentissage que la littérature que nous avons présentée n'évoque pas. Penser l'intégration de l'environnement en conception comme un processus d'apprentissage nécessite tout d'abord de connaître l'élément stimulant le déclenchement de ce processus. Les auteurs cités nous ont également révélé les clés de l'intégration des aspects environnementaux en conception : la coordination et la coopération entre les experts environnement, les acteurs concernés par le développement des produits comme les responsables produits, les responsables de la conception et responsables marketing et le support proactif des dirigeants. Les travaux des auteurs étudiés identifient certains facteurs (manque de motivation, absence de concertation avec les parties intéressées, manque d'information, manque de management, résistances au changement, ...) pouvant provoquer des dysfonctionnements d'apprentissage. Toutefois, en amont de la mise en place de nouvelles structures facilitant les échanges à tous les niveaux et de l'adoption d'un schéma d'apprentissage en matière d'environnement, l'organisation doit savoir comment impulser l'approche d'intégration.

Ces constats identifiés dans la littérature nous permettent de soulever un certain nombre de questions : comment contourner les risques d'échec dans la conduite de changement ? Comment déclencher un processus d'apprentissage favorisant l'intégration de l'environnement en conception ? Comment inciter une coordination multi-fonctionnelle et une coopération nécessaires à l'intégration ? Quel type d'approches managériales conduire afin de faciliter les échanges, la coordination et la coopération entre les acteurs concernés par l'éco-conception ?

Chapitre 6 : Nécessité de passer d'une approche d'éco-conception fragmentaire à un processus d'intégration basée sur une dynamique à long terme

Dans ce chapitre nous exposerons les difficultés pour les entreprises à conduire une démarche d'éco-conception évolutive et durable dans le temps. Nous présenterons ensuite les principaux facteurs d'échec identifiés dans la bibliographie. Dans cette partie, nous dévoilerons les obstacles identifiés dans les démarches d'éco-conception et les facteurs déterminant la volonté des entreprises d'améliorer la performance environnementale. Nous identifierons également les principaux leviers pouvant être mobilisés afin de renforcer la puissance de diffusion de l'éco-conception.

6.1. Difficultés des stratégies partielles et intuitives d'introduction de l'éco-conception

Comme nous l'avons vu au Chapitre 3 ;, la mesure de la performance environnementale d'une organisation relève d'un ensemble complexe et interdépendant d'indicateurs allant du court au long terme et du local au planétaire. De ce fait, la définition des enjeux environnementaux reste délicate voire paralysante pour les entreprises. Face à la complexité de la dimension environnementale, les entreprises, confrontées aux pressions réglementaires, ont tendance à adapter leurs politiques au coup par coup sans adopter une stratégie explicite d'intégration de l'environnement. Certaines entreprises n'assimilent pas encore que l'intégration de l'éco-conception est un processus à long terme [LE POCHAT ET AL. 07]. L'environnement reste une contrainte « floue » pour les services concernés par la conception [JANIN 00] et les approches d'intégration sont de ce fait « parcellaires » [BOEGLIN 02].

De même, le retour d'expérience des entreprises ayant intégré l'éco-conception reste « anecdotique » [LE POCHAT 05]. Le succès des pratiques, dans les grandes entreprises de certains secteurs (Electrique- Electronique, Ameublement, Automobile, Emballage, etc.) a fait l'objet de plusieurs publications [MEINDERS ET AL. 01 ; JOHANSSON ET AL. 01 ; LEWIS ET AL.01]. Dans le contexte français, l'ADEME a publié des ouvrages sur les témoignages des entreprises ayant mené des démarches d'éco-conception [ADEME 99, 03, 06]. L'AFNOR, mandaté par le Ministère de l'Industrie, a réalisé un état de l'art des pratiques d'éco-conception en France dans huit secteurs industriels (équipementiers pour véhicules, plasturgie, équipements électriques et électroniques, béton, emballages plastiques,

mécanique, chantiers navals de plaisance et hôtellerie). Avec cette étude AFNOR, les témoignages de 16 entreprises ont permis d'établir un état de l'art des outils par secteur et d'identifier les difficultés rencontrées par les concepteurs.

Les « succes stories » publiées dans le domaine de l'éco-conception s'attardent plus sur le contenu même des ressources et de leur potentialité que sur les réels changements dans les pratiques de conception [JACQUESON 02]. Par ailleurs, le retour d'informations des grandes entreprises vers les autres secteurs et surtout vers les PME reste rare.

Pourtant, le retour d'expériences de la mise en œuvre des démarches d'éco-conception dans 14 PME d'Amérique Centrale⁶⁷ montre l'importance de s'inspirer des démarches réussies. Le processus d'éco-conception dans ces entreprises, en grande partie, peut être perçu comme un processus de type imitation ou de type « benchmarking ». Les orientations pour le déploiement de la démarche et des améliorations surgissent des exemples des concurrents ou des produits européens comparables [CRUL 03].

En réalité, l'éco-conception joue un rôle secondaire dans la majeure partie des entreprises et notamment les PME. La plupart de ces PME n'intègre pas l'éco-conception comme un critère de management. Tukker et al. montrent que les parts des PME déployant une démarche d'éco-conception reste faible et seules les entreprises ayant trouvé une opportunité en termes de marché l'ont intégrée [TUKKER ET AL. 00]. Certaines PME conduisent une démarche d'éco-conception dans un projet pilote, mais il est rare qu'elles mènent une démarche d'éco-conception systématique dans le développement des produits suivants [TUKKER ET AL. 00 ; DEWULF 03 ; CURL 03]. Les investissements en termes de coûts, temps, bénéfiques à long terme pour concevoir des produits plus respectueux de l'environnement expliquent en partie la faible implication des PME [BUTEL-BELLINI ET AL. 04]. Selon Puyou [PUYOU 99], l'appropriation de toute démarche d'éco-conception se fait par étapes successives, sur une durée de plusieurs mois voire plusieurs années.

6.2. Facteurs d'échec d'un processus d'éco-conception

Les propositions actuelles des chercheurs, des industriels et des institutionnels portent sur des méthodologies d'éco-conception qui ne peuvent être efficaces que si les industriels ont connaissance :

⁶⁷ Projet soutenu par l'université de Delft et le Centre de Gestion Technologique et Informatique Industriel du Costa Rica afin de déployer 9 projets entre 1998-1999 et 5 projets entre 2000-2002 d'éco-conception dans 3 pays (Costa Rica, Salvador et Guatemala). Les résultats montrent que la majorité des projets ont réalisé des re-conception de produits existants. Seulement 9 entreprises ont décidé de mettre ces produits sur le marché et 6 entreprises continuent à intégrer l'environnement dans d'autres produits.

- des opportunités possibles en s'engageant dans un processus d'intégration de l'environnement en conception,
- des barrières pouvant conduire la démarche d'éco-conception à l'échec,
- des leviers mobilisables afin de faciliter son intégration et sa pérennité à long terme.

Dans cette partie, nous allons présenter les motivations, les leviers et les obstacles influençant l'intégration de l'environnement en conception. Ces paramètres ont été déterminés à partir d'une analyse bibliographique.

6.2.1. Les motivations initiales comme facteurs stimulant l'engagement dans une démarche d'éco-conception

Tout d'abord, nous allons présenter les principales motivations qui conduisent les entreprises à prendre en compte la dimension environnementale dans leurs activités. Nous définissons les motivations comme un ensemble de facteurs déterminant la volonté d'améliorer la performance environnementale de l'entreprise.

Traditionnellement, l'objectif d'une entreprise est tout d'abord de maximiser son profit. Aujourd'hui, la volonté des entreprises d'intégrer l'environnement est fortement soutenue par les enjeux et intérêts apportés par le déploiement de cette problématique.

Personne révèle que « les enjeux environnementaux » sont assimilés aux facteurs impliquant des gains et des risques [PERSONNE 98]. Elle classifie les enjeux environnementaux en trois catégories sur la base des échanges de l'entreprise avec les parties intéressées (partenaires économiques et financiers, groupes de pression et institutionnels). En premier lieu se trouvent les enjeux réglementaires qui concernent la régulation des flux de matières échangés avec le milieu naturel et, dans une certaine mesure, les partenaires économiques et les groupes de pression. Le deuxième enjeu implique le domaine économique avec la régulation entre les flux de matières ou de produits et les flux monétaires. Il s'agit d'optimiser les coûts associés à l'intégration des préoccupations environnementales. Le troisième et dernier enjeu concerne le domaine stratégique avec la régulation entre flux de matières ou de produits, flux monétaire et d'information.

J&O. Gonzales-Benito et al., [GONZALES-BENITO ET AL. 05] parlent des différentes motivations des industriels pour engager des processus de transformations prenant en compte les préoccupations environnementales. Ils distinguent quatre types de motivations : éthique, productive, commerciale et relationnelle. La motivation éthique concerne les obligations et valeurs sociales de l'entreprise. Les opportunités d'augmentation de la productivité et la réduction des coûts, ainsi que l'augmentation de la part du marché

illustrent la motivation de compétitivité. La motivation relationnelle concerne la maîtrise réglementaire environnementale permettant ainsi de développer le potentiel d'intégration des stakeholders⁶⁸. Les expérimentations réalisées par ces deux chercheurs montrent que les motivations relationnelles ne conditionnent pas l'implémentation des pratiques environnementales. Par contre, les motivations éthiques tendent à favoriser les transformations environnementales des systèmes commerciaux et de management, mais elles ne sont pas généralement accompagnées par des transformations opérationnelles.

Les raisons d'intégration d'un système de management environnemental exposées par Zutshi et Sohal [ZUTSHI ET AL. 04] sont les suivantes : réduction des coûts, amélioration des processus opérationnels, amélioration de la communication bi-directionnelle de l'entreprise, amélioration de l'image de marque, augmentation de la crédibilité envers les institutions financières, amélioration à long terme de la relation avec les parties intéressées et la réduction des écarts avec la réglementation.

Le projet BEST⁶⁹ de la commission européenne classe les avantages « post Système de Gestion Environnementale » en trois catégories : l'information et la reconnaissance du public, les avantages tangibles (accès aux financements, aux prêts bancaires, meilleure image de marque, avantages concurrentiels) et la réduction de la sensibilité à la réglementation.

Van Hemel et Cramer ont étudié 77 PME allemandes en 1997 afin d'identifier les principales barrières et motivations dans l'intégration de l'environnement en conception. Ils ont déterminé que les motivations internes sont plus importantes que les externes. Le Tableau 3 confronte les principales motivations les plus fréquemment mentionnées par les entreprises et celles ayant le plus d'influence [VAN HEMEL ET AL. 02].

	Motivations externes	Motivations internes
Motivations « perçues » le plus souvent mentionnées	Demandes des clients/consommateurs	Bénéfices environnementaux
	Réglementations	Réduction des coûts
	Offres des fournisseurs des produits plus respectueux de l'environnement	Amélioration de l'image
Motivations ayant le plus d'influence	Demandes des clients/consommateurs	Opportunités d'innovation
	Réglementations	Amélioration de la qualité du produit
	Initiatives du secteur industriel	Nouvelles opportunités d'acquérir du marché

Tableau 3. Liste des motivations internes et externes identifiées par Van Hemel et Cramer

⁶⁸ Parties prenantes

⁶⁹ [BEST 04] Projet BEST, Initiatives des pouvoirs publics visant à promouvoir l'adoption de systèmes de gestion environnementale par les PME, Commission Européenne, 2004.

<http://europa.eu.int/comm/entreprise/environnement/index.htm>

Le département australien de l'environnement et du patrimoine⁷⁰ classe les bénéfices issus de l'éco-conception en trois catégories : économie (maintenir la compétitivité, réduire les coûts de production, améliorer la prise de décision stratégique, améliorer la performance de l'entreprise, identifier des nouvelles opportunités de marché et obtenir un avantage concurrentiel), opérationnel (développer les compétences, améliorer la relation avec les institutionnels, améliorer les responsabilités de management) et marketing (satisfaire les besoins des clients, améliorer la différenciation des produits, améliorer les relations avec l'extérieur).

L'enquête⁷¹, réalisée en 2004 par l'école de Mines de Paris auprès de 270 établissements français, permet d'observer de même l'importance du climat réglementaire puisque nous trouvons dans les cinq premières motivations « faciliter le respect de la réglementation » et « améliorer les relations avec les autorités réglementaires ». De même, la réduction des coûts apparaît comme une motivation cruciale.

Les avantages à s'engager dans l'éco-conception identifiés par Karlsson ont été classés en trois catégories : identification des nouveaux aspects environnementaux inconnus auparavant, identification des nouvelles solutions afin d'améliorer le produit, augmentation de la solidité dans le travail grâce à l'éco-conception [KARLSSON ET AL. 01].

En s'appuyant sur ces différents travaux, nous pouvons affirmer que la volonté d'intégrer l'environnement, dans le secteur industriel, se fait principalement sous la pression de la réglementation. Cette volonté peut marginalement être alimentée par des bénéfices économiques issus de l'amélioration de la gestion des relations avec le législateur, l'amélioration de l'image de marque, la confiance accrue des actionnaires et des banques, une meilleure gestion des risques, une forte adhésion du personnel et finalement par une meilleure satisfaction du client. Ainsi, l'enjeu environnemental peut être considéré comme une stratégie d'amélioration plutôt qu'une contrainte à intégrer au sein de l'entreprise (Figure 12).

⁷⁰ <http://www.environment.gov.au>

⁷¹[GLACHANT ET AL. 04] Glachant M., Vicarelli M., Vincent F., Politique d'Environnement et Management Environnemental : Une enquête auprès de 270 établissements Industriels Français, Ecoles de mines, pages 30-38, 2004. <http://www.cerna.ensmp.fr/Documents/MG-Synthese-OCDE-ADEME.pdf>



Figure 12. L'éco-conception : pourquoi l'entreprise peut se lancer maintenant ?

La mise en œuvre de l'éco-conception dans des PME d'Amérique Centrale montre que les motivations externes considérées comme des moteurs clefs en Europe telles que les pressions réglementaires ou demande du marché sont absentes dans ce contexte. Toutefois, il existe un certain nombre de motivations internes comme les coûts, l'image, les valeurs d'entreprise et dans une moindre mesure les bénéfices environnementaux. Les entreprises doivent se concentrer sur les motivations internes en l'absence de contraintes externes [CURL 03]. Cette étude permet d'illustrer la spécificité des motivations de chaque entreprise, liée notamment à son contexte.

De ce fait, avant de s'engager dans une démarche d'éco-conception, il est fondamental pour l'entreprise d'identifier les principales opportunités offertes. L'entreprise choisira les moteurs plus pertinents à son contexte et les utilisera comme piliers dans le processus d'intégration de l'environnement en conception.

6.2.2. Les barrières à l'intégration de l'environnement en conception

Dans tout projet, il est indispensable d'analyser aussi bien les enjeux que les risques. Dans le paragraphe précédent, nous avons présenté les bénéfices qui pouvaient être tirés par l'intégration de l'environnement en entreprise. Dans ce paragraphe, nous identifions les possibles obstacles qui peuvent se présenter lors du déploiement de l'éco-conception.

Van Hemel et Cramer, dans l'enquête qu'ils ont menée auprès de 77 PME allemandes, identifient les trois principales barrières « perçues » et celles qui sont « réelles » (Tableau 4) [VAN HEMEL ET AL. 05].

	Barrières
Barrières « perçues » le plus souvent mentionnées	Demandes des clients/consommateurs
	Réglementations
	Offres des fournisseurs des produits plus respectueux de l'environnement
Barrières ayant le plus d'influence	Demandes des clients/consommateurs
	Réglementations
	Initiatives du secteur industriel

Tableau 4. Liste des barrières identifiées par Van Hemel et Cramer

Les problèmes d'intégration d'un système de management environnemental exposés par Zutshi et Sohal [ZUTSHI ET AL. 04] sont les suivants : documentation, coûts consultants/auditeurs externes, formation du personnel, coûts internes d'audit, résistance au changement dans les procédures d'exploitation, communication environnementale aux fournisseurs, temps perdu par les employés, résistance de la part des fournisseurs, problèmes de divulgation d'information confidentielle aux tierces parties.

Fresner identifie deux principales barrières pour les actions environnementales dans les PME qui sont le manque de ressources financières et de temps [FRESNER 04].

La recherche dans le cadre d'un doctorat permet à Lorient d'identifier quatre barrières au Canada :

- Les faiblesses de valeurs sociétales (les valeurs sociales du pays n'incitent pas le marché, les entreprises ou les consommateurs à penser à l'environnement),
- La faible conscience de l'épuisement des ressources (l'utilisation et l'exploitation non limitée des ressources selon l'idéologie qu'il existe un capital naturel riche et non fini),
- Le manque de réglementation et des politiques en faveur de l'éco-conception et du marketing cadré par des valeurs environnementales,
- Ajustement du marché en fonction du contexte social et national [LORIENT 03].

D'après une analyse bibliographique, Janin dresse une liste des principaux obstacles que nous présentons ci-dessous [JANIN 00] :

- Manque de savoir-faire et des connaissances sur l'environnement de la part du personnel impliqué dans le projet,
- Nombreuses incertitudes concernant les facteurs temporel, technique et/ou réglementaire,

- Incompréhension des enjeux,
- Absence de méthode consensuelle d'évaluation environnementale des produits,
- Peu de normes existantes sur le sujet et interprétabilité de celles-ci,
- Le critère environnement considéré comme contraire aux objectifs économiques.

Les interviews réalisées au sein de 44 entreprises suédoises ont permis à Karlsson de classer les problèmes rencontrés dans le programme d'éco-conception en cinq catégories (Tableau 5).

Problèmes rencontrés dans le processus d'éco-conception
Au niveau organisationnel : - Sensibilisation du personnel, - Implication du personnel, - Faible engagement de la direction, - Manque de temps, - Cycles de développement de produits longs.
Au niveau technique : - Difficulté de connaître la composition des composants importés, - Difficulté de substitution de matières ou de substances.
Au niveau des demandes des clients : - Demande de plus de matière que nécessaire, - Livraison à temps, - Demandes sur des matières spécifiques.
Au niveau réglementaire : Manque ou faiblesse des réglementations.
Au niveau économique : Difficultés à faire un lien entre les investissements et les bénéfices.

Tableau 5. Liste des barrières identifiées par Karlsson

Boks a identifié trois principaux obstacles dans la diffusion de l'information sur l'éco-conception : (1) grand écart entre les propositions en éco-conception et leur exécution, (2) complexité organisationnelle et manque d'infrastructures adaptées, (3) manque de coopération entre les services. Les deux principaux obstacles conduisant à l'échec sont : l'absence de demande de la part du marché et le manque de vision et d'objectifs environnementaux dans les projets de développement individuel. Boks constate que ce sont les facteurs socio-psychologiques les plus mentionnés et il propose de mettre l'accent sur le rôle du « soft side issues⁷² » dans l'intégration [BOKS 06].

Les principaux obstacles qui tendent à freiner, voire à conduire à l'échec, une conception respectueuse de l'environnement ont été classés dans nos travaux de recherche en deux

⁷² Prendre en compte les facteurs socio-psychologiques dans les activités de la conception.

catégories : les obstacles résultant de l'organisation interne à l'entreprise et les obstacles provenant du milieu externe (Tableau 6).

Obstacles internes	Obstacles externes
Manque d'organisation interne - manque de transfert de connaissances, - manque de capitalisation des données, - manque d'infrastructures adaptées, - manque de communication.	Manque de retour d'expériences d'autres organismes - faibles incitations du secteur,
Contraintes économiques - coûts de mise en place, - soutien économique faible, - critère contraire aux objectifs économiques.	Faiblesse des pressions sociétales - manque de pressions réglementaires, - manque de demandes des clients, - demandes des clients qui vont à l'encontre de l'éco-conception, - manque d'incitations du gouvernement.
Manque de connaissances et compétence au niveau méthodologique	Manque d'informations sur les enjeux et incertitude sur les bénéfices
Problèmes liés aux outils - complexité d'utilisation - décalage avec l'application pratique, - coût d'acquisition, - manque de bases de données, - manque de méthode consensuelle.	Manque d'implication de la part des fournisseurs et des transporteurs
Problèmes dans le PDP concernant les exigences et contraintes du produit - écart entre les propositions et leur application, - solutions techniques complexes, - délais, - Cycle de vie long	Manque de documents normatifs
Manque d'engagement de l'entreprise	

Tableau 6. Principaux obstacles rencontrés dans un processus d'intégration de l'environnement en conception

6.2.3. Leviers favorisant l'intégration de l'éco-conception

Le levier est une action à mobiliser afin de favoriser l'intégration de l'environnement en conception. Les leviers sont des catalyseurs qui permettent d'agir, d'orienter et de renforcer la puissance de diffusion de l'éco-conception. Ils sont susceptibles d'influencer la stratégie générale de l'entreprise. De ce fait, il est indispensable, en amont du lancement du processus, de sélectionner les facteurs de succès cruciaux dans le contexte de l'entreprise des facteurs potentiels.

Dans ces interviews réalisées auprès d'entreprises canadiennes, Lorient identifie les cinq leviers suivants : des bénéfices au niveau des coûts, l'acquisition des connaissances, la

maîtrise au sein de l'entreprise et les pressions exercées par les clients, les consommateurs et les fournisseurs [LOROT 03].

Janin s'appuie sur différents travaux concernant les démarches d'éco-conception pour identifier les facteurs de succès ci-dessous [JANIN 00]:

- Motivation du groupe et de la Direction de l'entreprise,
- Déclinaison des engagements de la direction en objectifs concrets,
- Travail d'équipe,
- Appropriation des mécanismes classiques de conception,
- Incitations et communication,
- Formation, Utilisation des outils pragmatiques et pédagogiques,
- Présence d'un expert éco-conception.

Tukker et al. constatent d'après une enquête que les principaux facteurs agissant dans la diffusion des pratiques d'éco-conception au sein des entreprises européennes sont : la réglementation, les coûts de traitement des déchets, les demandes des clients, les opportunités sur les produits ou sur le marché et la présence d'un expert développement durable actif [TUKKER ET AL. 00].

Ammenberg et Sundin ont également distingué cinq leviers dans la mise en place d'un SME orienté produit (POEMS) : la prise en compte des demandes des clients, le développement de la réglementation et des politiques incitatives du gouvernement, l'encouragement des auditeurs du SME et l'application du principe PDCA⁷³ dans les activités concernées par le SME/SMQ/SMS [AMMENBERG ET AL. 05].

L'analyse de l'enquête réalisée par Pujari et al. auprès de 82 entreprises anglaises révèle plusieurs leviers: existence d'une politique explicite, soutien des dirigeants, existence d'un expert environnement favorisant une coordination, implication des fournisseurs et une coordination multifonctionnelle, introduction du SME dans le PDP et dans l'évaluation des fournisseurs [PUJARI ET AL. 03 ; PUJARI ET AL. 04 ; PUJARI ET AL. B 04].

Dans le cadre du développement de produits propres, Kjaerheim montre l'importance du soutien institutionnel afin de créer une dynamique de changement et d'amélioration, de développer une organisation apprenante, de communiquer avec les parties prenantes, d'obtenir une réflexion à long terme pour l'adoption des actions, d'améliorer la compétitivité de l'entreprise, de former les individus aux produits propres, de développer les initiatives et des valeurs de respect de la nature [KJAERHEIM 03].

⁷³ Principe du PDCA (Plan-Do-Check-Act) ou roue de Deming ; structure logique des normes sur les systèmes de management reposant sur ce principe qui est le symbole de l'amélioration continue.

Le processus d'appropriation d'une démarche d'éco-conception que Puyou propose fait appel à quatre leviers : l'implication de la direction, l'acquisition des connaissances, l'expertise au sein de l'équipe projet et la pratique de la démarche allant de l'application de la démarche sur un projet pilote vers une démarche utilisée de façon systématique [PUYOU 99].

Sundin identifie trois leviers pour inciter l'entreprise à se lancer dans le design for remanufacturing : la demande des clients (exemple des cartouches d'encre remanufacturées), la réglementation (exemple DEEE) et les bénéfices économiques liées à l'image de l'entreprise (exemple appareils photos jetables) [SUNDIN 04].

D'après une analyse bibliographique, Johansson a classé les facteurs de succès d'une intégration de l'environnement dans le développement des produits selon six catégories (Tableau 7) : management, relation avec les clients, relation avec les fournisseurs, processus développement, compétence et motivation [JOHANSSON 00].

Facteurs de succès à l'intégration de l'environnement dans le développement des produits
<p>Management :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Engagement, - Objectifs environnementaux clairs, - Eco-conception traitée au niveau opérationnel mais aussi au niveau stratégique, - Environnement intégré dans la stratégie technologique de l'entreprise.
<p>Relations avec les clients :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prise en compte des clients, - Formation des clients aux problématiques environnementales.
<p>Relations étroites avec les fournisseurs</p>
<p>Processus de Développement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exigences environnementales prises en compte le plus amont du PDP, - Exigences environnementales intégrées aux produits existants, - Introduction des contrôles des aspects environnementaux dans le PDP, - Utilisation des principes, normes spécifiques à l'éco-conception, - Déploiement en équipes multi-fonctionnelles, - Application des outils.
<p>Compétence</p> <ul style="list-style-type: none"> - Formation des acteurs du PDP, - Accompagnement du PDP par un expert environnement, - Utilisation des solutions d'éco-conception ayant prouvé leur performance.
<p>Motivation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Etablissement des valeurs environnementales - Existence d'un expert environnement - Encouragement de l'implication individuelle du personnel

Tableau 7. Principaux facteurs de succès identifiés par Johansson

Les travaux d'enquêtes réalisés par l'Université de Technologie de Delft, dans des entreprises du secteur électrique-électronique au Japon et en Corée, permettent de distinguer deux catégories de facteurs de succès : (1) les facteurs jouant un rôle important dans la diffusion de l'information sur l'éco-conception au sein de l'entreprise agissant en amont du PDP et (2) les facteurs agissant plutôt à l'aval du PDP. Le Tableau 8 montre les trois principaux facteurs de chaque catégorie identifiés dans l'étude réalisée par Boks [BOKS 06].

Facteurs de succès dans l'intégration de l'environnement dans les PDP
<p>Les trois principaux facteurs permettant la diffusion de l'information concernant l'éco-conception</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adapter les outils d'éco-conception aux besoins de l'entreprise, - Utilisation des contrôles, revues, plans environnementaux, - Engagement et soutien des dirigeants.
<p>Les trois principaux facteurs permettant d'orienter les produits éco-conçus vers le marché</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disponibilités des données environnementales jouant un rôle dans toutes les activités commerciales, - Guide d'éco-conception, règlements et normes spécifiques à l'entreprise, - Introduire les données environnementales dans la stratégie technologique de l'entreprise.

Tableau 8. Facteurs de succès identifié par Boks

En nous appuyant sur les travaux des différents auteurs et notamment ceux de Johansson [JOHANSSON 00], nous avons identifié les principaux leviers dont la liste non exhaustive est présentée dans la Figure 13.

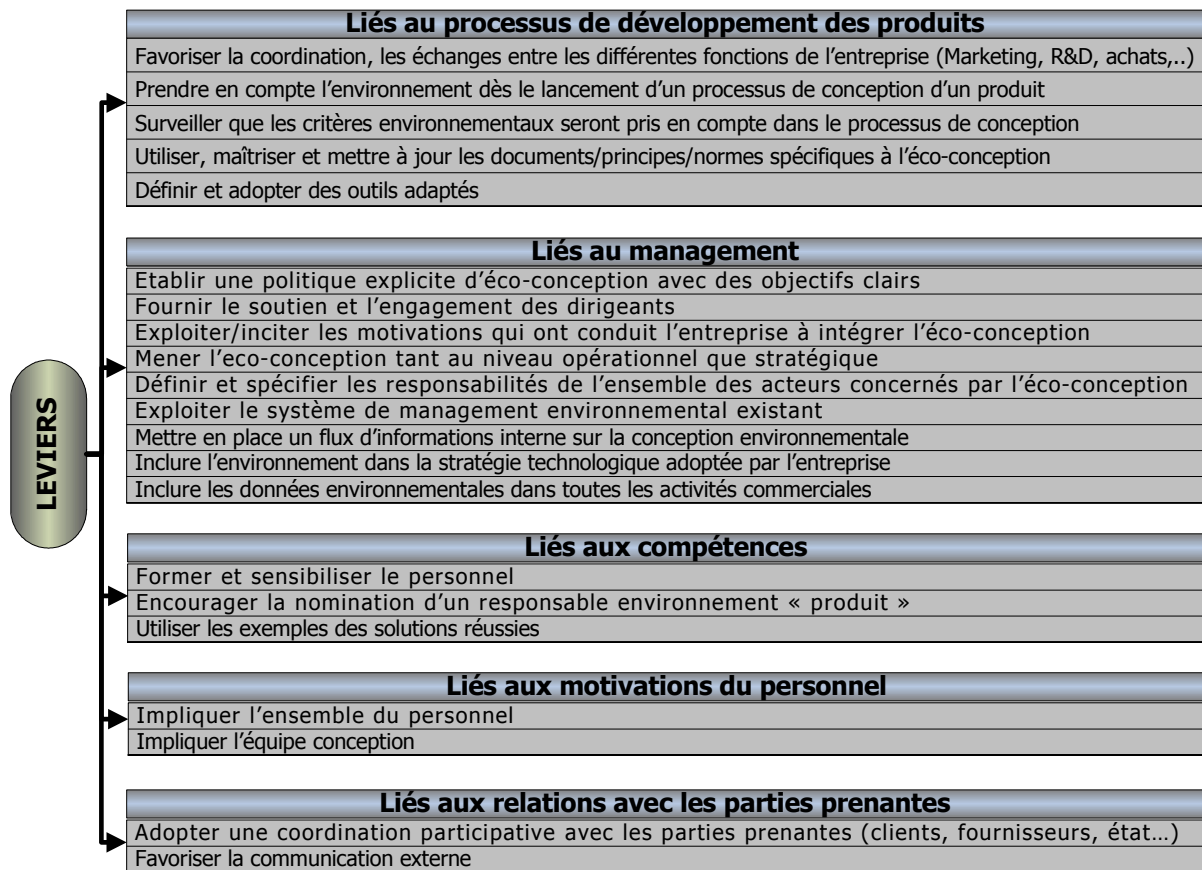


Figure 13. Principaux leviers d'action

Certains éléments déjà présentés parmi les motivations se retrouvent dans cette liste. En effet, il existe un lien entre les facteurs de motivation et les leviers. Les motivations peuvent être utilisées comme des leviers. Les facteurs déterminant la volonté d'une entreprise à se lancer dans l'éco-conception sont dictés par un certain nombre d'éléments (contexte industriel, stratégie, besoins..). Les entreprises sont conscientes des opportunités qu'elles peuvent saisir d'une telle démarche. Les principales motivations de l'entreprise servent de base pour construire et orienter le processus d'éco-conception. L'entreprise mobilise progressivement les leviers qui lui permettront d'adopter une stratégie satisfaisant les objectifs déterminés par les motivations.

6.3. Troisième difficulté majeure : la transformation de l'entreprise en organisation apprenante

Nous avons vu dans cette partie que les PME confrontées à des pressions externes, aux manques de retour d'expérience sur les « succes stories » et à de faibles ressources ont tendance à développer des stratégies d'éco-conception que nous pouvons qualifier de fragmentaires. L'intégration de l'environnement en conception semble ne pas représenter un axe stratégique pour les PME et celles qui la déploient restent souvent au niveau du projet

pilote. Nous constatons donc un besoin de développer des stratégies d'intégration de l'environnement comme un processus d'apprentissage global.

Nous avons également analysé les moteurs et les facteurs d'échec et de succès de l'éco-conception identifiés dans la littérature. Explicitement, de nombreux enjeux motivent les industriels à considérer les préoccupations environnementales dans leur organisation. Cependant, les entreprises désireuses de s'engager dans une démarche environnementale, se voient confrontées à des obstacles tendant à freiner ou conduire les initiatives d'intégration à l'échec. De nombreux auteurs ont réalisé des travaux autour de ces paramètres, toutefois il n'y a pas eu encore d'étude permettant d'identifier quels leviers doivent être mobilisés à chaque étape du processus de conception, ni quels facteurs sont les plus pertinents dans un contexte donné. Bock, notamment, remarque que la littérature ne permet pas de savoir lequel de ces facteurs est plus pertinent, ni le rôle de chaque paramètre dans les différentes étapes du PDP. Il montre que le succès de l'intégration de l'éco-conception dans les activités dépend largement du contexte local (manque d'expert,..) et que certains leviers doivent être mobilisés en amont de la conception et d'autres plutôt en aval [BOKS 06].

Ainsi, le problème est de trouver un dispositif permettant aux entreprises d'identifier les leviers adaptés à leur contexte et de les mobiliser au bon moment afin d'intégrer durablement ce domaine. Nous trouvons souvent dans la littérature des énumérations de conseils concernant le processus d'intégration de l'éco-conception. Toutefois, les propositions concernant la répartition des efforts dans le temps sont rarement abordées, notamment du fait que la dynamique de processus d'intégration doit être choisie selon les caractéristiques de l'entreprise, comme son évolution dans le milieu, son historique,...

L'intégration de l'environnement en conception nécessite un support permettant de transformer l'entreprise en organisation apprenante et créer des valeurs/principes/croyances fondées sur le développement durable. Même si le processus d'apprentissage organisationnel global ne peut pas être planifié en raison de son caractère imprévisible dans un contexte donné, il nous paraît particulièrement important que les entreprises puissent s'appuyer sur des modèles d'apprentissage afin de faciliter la création d'un corpus de connaissance environnementale dans l'entreprise considérée.

Chapitre 7 : Synthèse de la problématique

L'état de l'art présenté dans cette partie nous permet tout d'abord de révéler un certain nombre de problèmes liés à l'intégration de l'environnement dans le processus de développement des produits.

Tout d'abord, nous avons vu la complexité de l'intégration de la dimension environnementale dans l'activité de conception. L'activité de conception est un champ hyper contraint [MILLET ET AL. 03], faisant appel à un grand nombre d'instruments, à des acteurs issus de différentes disciplines et à une multitude de connaissances. L'éco-conception recouvre dans sa propre définition des notions environnementales (indicateurs environnementaux, évaluation multicritères, analyse multi étapes,...), elles mêmes complexes. Nous avons affaire à une double complexité : l'activité de conception avec ses contraintes et son organisation aggravée par l'intégration d'une dimension environnementale floue. De même, nous avons constaté que le déploiement de l'éco-conception s'appuie sur des outils et méthodes. Toutefois, la majeure partie de ces outils d'éco-conception compte un certain nombre de défauts qui rendent leur application en entreprise difficile et peu efficace. Nous avons noté dans le chapitre 4 deux principales difficultés : l'usage et l'appropriation des outils d'éco-conception. Ainsi la complexité de l'intégration de l'environnement en conception s'accroît aux yeux des acteurs de l'activité de conception.

Le Chapitre 5 : nous a permis de mettre en évidence que l'introduction des nouveaux outils, méthodes et/ou d'une nouvelle dimension implique un changement dans les habitudes des individus. L'intégration fondée sur des nouveaux éléments méthodologiques n'est pas totalement efficace si elle n'est pas accompagnée de la dimension organisationnelle. L'intégration de l'environnement doit plus particulièrement être conçue selon un processus d'apprentissage. Toutefois une organisation apprenante est difficile à maîtriser [JACQUESON 02] car elle nécessite un apprentissage progressif de tous les acteurs concernés par l'éco-conception. La création de connaissances requérant une coordination collective (intra-entreprise et inter-entreprise) est un autre point clé difficile à gérer. Une difficulté majeure de l'intégration réside également dans le déclenchement du processus d'apprentissage.

Nous avons également noté que malgré les efforts réalisés par différentes organisations, le retour d'expérience des entreprises ayant intégré l'éco-conception reste souvent méconnu, notamment pour les PME. Ceci se traduit par une difficulté des entreprises, notamment les PME, à adopter des stratégies conscientes d'intégration de l'environnement en conception fondées sur des modèles d'apprentissage organisationnels globaux. Ainsi, les entreprises ont tendance à mener des stratégies intuitives au lieu de conduire des processus maîtrisés et

pérennes. Ces stratégies doivent s'inscrire dans la durée, s'édifier dans l'action et favoriser la modification des valeurs références des pratiques de chaque acteur dans ses pratiques. De ce fait, la mobilisation inappropriée des leviers d'action et la mauvaise gestion des barrières peuvent conduire à un échec de l'intégration de l'environnement en conception. Ainsi, nous notons la nécessité de dresser des modèles d'apprentissage favorisant la transformation des pratiques et valeurs de l'entreprise.

La problématique à laquelle nous sommes confrontés peut être formulée de la façon suivante : « comment passer d'une stratégie intuitive à une stratégie consciente, complète et pérenne de l'intégration de l'environnement en conception ? »

Nous considérons en effet que l'introduction des aspects environnementaux en conception est un processus délicat et complexe qui nécessite un outil de pilotage de l'intégration de l'environnement permettant de (cf. Figure 14):

- choisir et élaborer des outils et méthodes adaptés à l'entreprise,
- harmoniser les pratiques collectives de l'environnement en conception,
- construire une organisation apprenante visant la création de valeurs.

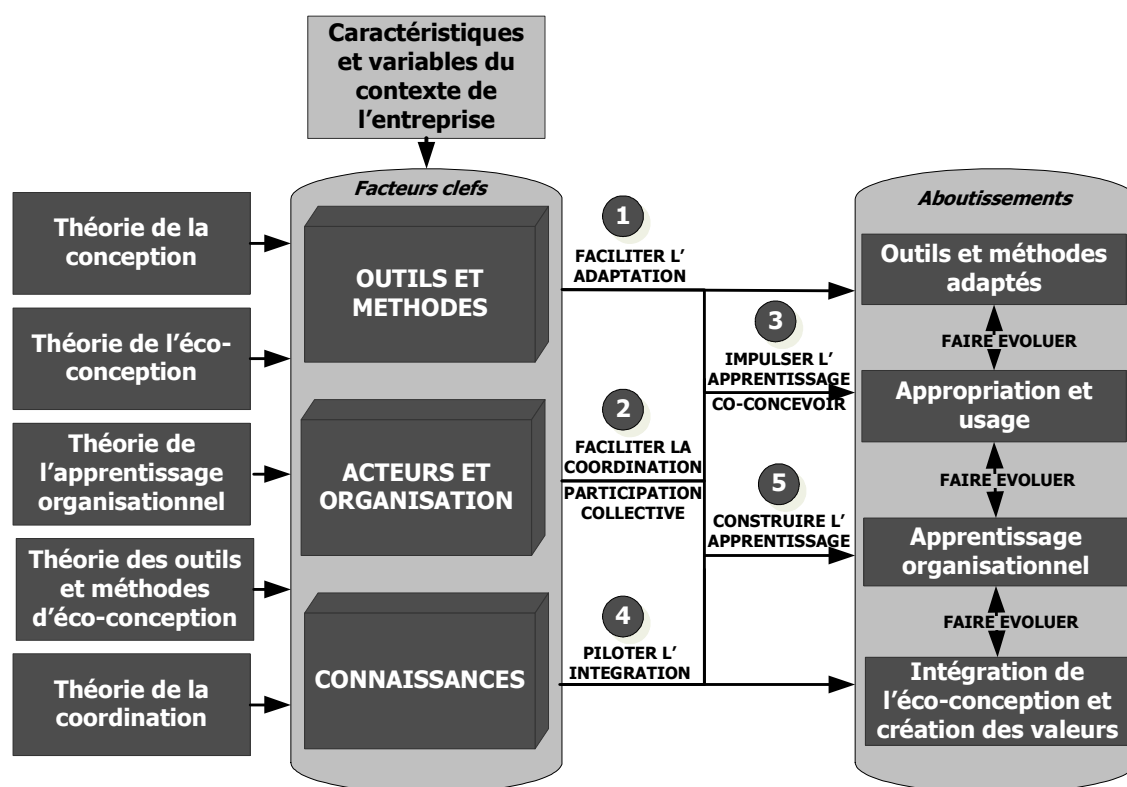
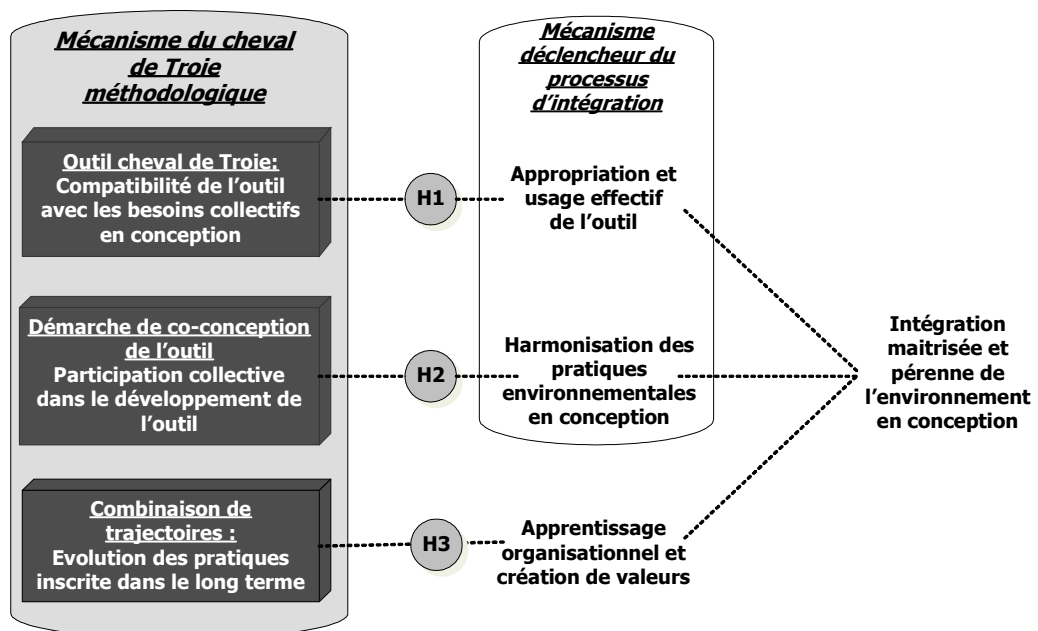


Figure 14. Synthèse de la problématique

PARTIE III : HYPOTHESES ET EXPERIMENTATIONS

Les hypothèses présentées dans cette partie répondent à la nécessité d'intégrer l'environnement en conception de façon pérenne. Cette intégration est basée sur des modèles de trajectoires dont nous développerons particulièrement celle fondée sur le déploiement des méthodes et outils d'éco-conception. La première hypothèse porte sur la nécessité pour l'entreprise de disposer d'outils adaptés aux besoins collectifs dans le processus de conception. La deuxième hypothèse porte sur le besoin de favoriser la participation de l'ensemble de l'organisation. La troisième hypothèse porte sur le besoin d'inciter au déploiement d'un processus d'apprentissage créateur des valeurs par la mobilisation des leviers d'action.



Chapitre 8 : Formulation des hypothèses

La macro-hypothèse de cette recherche peut être formulée de la façon suivante :

Le mécanisme⁷⁴ du « Cheval de Troie Méthodologique⁷⁵ » favorise (1) le développement des outils et méthodes d'éco-conception adaptés au contexte de l'entreprise ; (2) l'impulsion de l'apprentissage organisationnel grâce à la participation collective dans la démarche de co-conception de cet outil ; et (3) la transformation de l'entreprise en organisation apprenante en s'appuyant sur une trajectoire d'intégration spécifique (mobilisation d'une combinaison de leviers d'action sur une période étendue).

Nous définirons, dans un premier temps, la notion de trajectoire, afin de permettre une meilleure compréhension de celle fondée sur le déploiement d'outils et des méthodes d'éco-conception. Ceci nous amènera à poser notre macro-hypothèse sur le mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique comme vecteur facilitant la mise en place d'une dynamique d'organisation apprenante et permettant d'intégrer l'environnement dans la conception des produits de façon pérenne. Ensuite nous présenterons les trois hypothèses déclinées de la macro-hypothèse. Et pour finir, nous détaillerons les étapes à suivre pour la mise en œuvre du mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique en entreprise.

8.1. Les modèles de trajectoires, mécanismes d'aide au pilotage de l'intégration de l'environnement en conception, favorisent la diffusion de l'éco-conception sur le long terme.

Ce paragraphe permet de justifier notre postulat sur l'existence des modèles de trajectoires favorisant l'intégration de l'environnement.

Baumann déclare qu'un processus d'éco-conception ne peut pas s'appuyer uniquement sur l'utilisation des outils et des méthodes. La prise en compte du management et de l'organisation lui semble également essentielle [BAUMANN ET AL. 02]. L'état de l'art met en évidence les difficultés des entreprises, notamment les PME, à développer des stratégies d'éco-conception construites et maîtrisées. Les entreprises, et notamment les PME, ont tendance à mettre en œuvre des approches d'éco-conception parcellaires, et elles ont des

⁷⁴ « Un mécanisme évoque la combinaison ou l'agencement de différents éléments (chacun avec une fonction précise) en vue d'un fonctionnement d'ensemble » [RESTREPO 06]

⁷⁴ « Mécanisme : Combinaison de pièces, d'organes agencés en vue d'un mouvement, d'un fonctionnement d'ensemble » www.cnrtl.fr

⁷⁵ Le mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique sera défini dans le paragraphe 8.2

difficultés à fonder leur démarche d'éco-conception sur des stratégies conscientes. L'intégration de l'éco-conception doit reposer sur une approche favorisant une intégration progressive selon une vision sur le long terme. Nous avons également vu dans le Chapitre 5 : que les entreprises désireuses de construire un processus d'éco-conception ont des difficultés à identifier les actions à mobiliser et à savoir à quel moment les déclencher. Nous avons constaté qu'il existe un besoin d'un dispositif permettant d'identifier les paramètres d'intégration adapté aux caractéristiques de l'entreprise et facilitant la gestion des efforts dans un processus inscrit dans la durée.

D'après les travaux de recherche déjà développés, nous postulons qu'il existe une gamme de modèles de trajectoires favorisant le pilotage de l'intégration de l'environnement en conception dans les PME. Nous appelons « trajectoires d'intégration de l'environnement en conception » le résultat d'une sélection judicieuse, d'une combinaison adéquate et d'une diffusion progressive d'éléments (méthodes, responsabilité, système d'information, outil d'évaluation, compétences, connaissances, valeurs...) [REYES ET AL. 06] concourant à améliorer la prise en compte de l'environnement en entreprise. L'analyse bibliographique nous a permis de révéler le rôle des leviers dans un processus d'éco-conception. Un modèle de trajectoire est caractérisé par une logique de répartition des efforts à partir des leviers. Plus concrètement, la mobilisation progressive des leviers permet de modifier et d'enrichir les pratiques d'une entreprise dans une logique plus compatible avec le développement durable. Ainsi, chaque modèle de trajectoire est une stratégie particulière d'intégration de l'environnement en conception, qui consiste à déclencher spécifiquement certains leviers d'action afin de transformer l'entreprise en organisation apprenante. Certains auteurs confortent nos convictions autour des trajectoires. Dans la littérature, les propositions d'intégration de l'environnement en conception fondées sur les outils [LEBORGNE 98], sur la création des connaissances [JACQUESON 02 ; LE POCHAT 05], sur les systèmes de management [AMMENBERG ET AL. 05] ou encore sur la répartition des tâches environnementales [COOPENS 99 ; MILLET ET AL. 03] ont été abordées.

Fixés par la contrainte temporelle, nos travaux avaient pour objectif d'identifier et confirmer l'existence de la gamme des modèles de trajectoires élémentaires et de vérifier la validité d'une d'entre elles. Dans ce contexte, nous avons décidé de nous concentrer sur l'intégration de l'environnement en conception par le déploiement des outils et des méthodes. Le mécanisme d'intégration fondé sur l'instrumentation des acteurs de la conception afin de modifier et créer des connaissances, des pratiques et des valeurs environnementales a été appelé « Cheval de Troie Méthodologique ». Ce mécanisme sera défini et expliqué dans le paragraphe suivant.

8.2. Macro hypothèse : le mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique (mTh) comme support de l'organisation apprenante

Nous postulons, comme certains auteurs, que la connaissance et l'expérience d'une entreprise s'alimentent grâce à l'utilisation des outils et des méthodes [LINDHAL 06 ; JACQUESON 02]. Ces instruments contribuent à structurer le PDP, facilitent la communication, promeuvent la création des connaissances de l'utilisateur, facilitent l'amélioration des produits et favorisent la coordination dans l'équipe de conception. L'efficacité de leur utilisation dépend de la complexité des produits développés, de l'organisation, de la culture et de la taille de l'entreprise. Toutefois, l'état de l'art nous montre le manque de coopération et d'échange d'informations entre les développeurs de ces méthodes (souvent des chercheurs) et les usagers industriels ; cet écart rend l'appropriation des méthodes et outils d'éco-conception plus difficile. L'analyse des outils et des méthodes existantes a permis de confirmer leurs lacunes et leurs défauts dans le cadre d'une application en milieu industriel. Nous avons vu également que les outils et méthodes doivent être conçus de façon à conserver la cohérence globale de l'organisation tout en étant compatibles avec les besoins des usagers. Afin de favoriser la mise au point d'un outil d'éco-conception adapté au contexte de l'entreprise, nous préconisons de le co-construire avec les usagers, facilitant ainsi l'apprentissage de l'éco-conception. Par la suite, les mises à jour et les améliorations apportées selon un mode participatif et autonome, aident à renforcer la dynamique d'auto-apprentissage des usagers. Autrement dit, la co-conception d'un outil adapté aux pratiques de l'entreprise donnée, ainsi que son appropriation et usage par les acteurs de la conception, sont des éléments permettant de déclencher un processus d'apprentissage.

8.2.1. Le principe du Cheval de Troie Méthodologique

Nous postulons que le « Cheval de Troie Méthodologique » (mTh)⁷⁶ est un vecteur de transformation organisationnelle favorisant la diffusion de l'éco-conception en entreprise. Le Cheval de Troie Méthodologique est un mécanisme qui est introduit dans le PDP et déclenche un changement progressif à l'intérieur de l'entreprise, permettant une maîtrise de l'intégration de l'éco-conception par ceux qui la mettent en œuvre. Ce mécanisme, qui utilise un outil ou une méthode comme vecteur de transformation de l'organisation, facilite la propagation des connaissances en éco-conception à tous les niveaux de l'entreprise. L'état de l'art nous a permis d'identifier trois axes fondamentaux du « Cheval de Troie Méthodologique » : un outil d'éco-conception adapté au contexte de l'entreprise ; une

⁷⁶ Sigles de methodological Trojan horse (mTh)

démarche de co-conception de cet outil afin de traduire au mieux les différentes contraintes et besoins des usagers ; et un processus d'apprentissage organisationnel fondé sur la mobilisation progressive des leviers d'actions dans le but de faciliter l'intégration de l'environnement en conception. Le nom vient du mythe classique de la Guerre de Troie dans laquelle les Grecs offrent aux Troyens un cheval en bois géant comme symbole de paix. Cependant, une fois le cheval à l'intérieur de la fortification, les soldats grecs cachés dans le cheval s'empressent d'ouvrir les portes de la cité et de donner accès au reste de leur armée, permettant ainsi à leurs compatriotes de gagner la ville de Troie « de l'intérieur ». Le terme de cheval de Troie est également utilisé en informatique comme un programme caché utilisé pour exécuter des actions nuisibles (le programme n'est pas un virus lui-même). Il sert à introduire une porte dérobée sur l'ordinateur de la victime. La propagation des virus dépend de l'exécution des actions de l'utilisateur. Dans le cas du Cheval de Troie Méthodologique, l'outil cheval de Troie (outil troyen) est un moyen d'introduire la dimension environnementale en conception et de la répandre dans l'organisation par une démarche basée sur la co-conception de l'outil troyen (la démarche troyenne). Dans notre cas, le mTh n'est pas un mécanisme répandant des éléments malveillants dans l'organisation. Au contraire, le mTh repose sur une « invasion du cœur de la conception » et sur une coopération multi-fonctionnelle facilitant l'émergence de nouvelles valeurs au sein de l'entreprise.

La pertinence des outils et méthodes en usage repose sur l'observation fine des pratiques collectives de conception et sur l'explicitation des besoins des futurs usagers. De ce fait, nous soutenons que l'enchaînement des actions de co-construction d'un outil d'éco-conception assure l'adaptation de l'outil troyen aux pratiques de l'activité de conception et son appropriation par les usagers. Il permet également d'atteindre l'ensemble de la population concernée par l'apprentissage organisationnel et suscite inéluctablement l'évolution de l'outil ainsi que la création des valeurs pro environnementales de l'entreprise. Précédemment, nous avons constaté l'existence de nombreux outils d'experts. De ce fait, nous précisons que l'objectif de l'outil troyen n'est pas de développer un outil d'éco-conception expert particulièrement précis. L'outil cherche à répondre au mieux aux besoins des futurs usagers sachant que, par la suite, il sera amélioré autonomement par les utilisateurs. En effet, l'outil troyen est amené à évoluer progressivement et linéairement en fonction des connaissances de ses utilisateurs.

Dans les paragraphes suivants nous détaillerons le mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique proposé à l'intégrateur.

8.2.2. Hypothèse 1 : La mise à disposition des outils adaptés aux activités de l'entreprise favorise son utilisation et son appropriation

L'outil cheval de Troie doit être construit « à l'image » des outils utilisés systématiquement en conception par l'entreprise. De ce fait, il devra être conçu pour être non seulement compatible mais aussi pour être totalement intégré à l'activité de conception. Cet outil d'éco-conception à développer devra donc prendre en compte les besoins des utilisateurs et les contraintes quotidiennes du processus de conception. L'objectif de l'outil troyen est de permettre l'assimilation de l'éco-conception à travers des applications concrètes et d'atteindre ainsi une crédibilité. Nous suggérons à l'intégrateur d'introduire l'outil troyen au bon moment dans le processus de conception, c'est-à-dire, ni trop en amont, ni trop en aval. En effet, d'un côté, certains auteurs s'accordent à dire que les outils d'éco-conception ne doivent pas être intégrés trop en aval du processus de conception car les modifications induites sur le produit sont alors trop restreintes. D'après une série d'enquêtes, Lindahl considère par exemple que l'utilisation des outils dès les premières phases de la conception [LINDAHL 06] favorise leur application. Contrairement à ces auteurs, Millet et al. notent que l'intervention de l'outil au milieu du processus de conception s'avère plus pertinente. Ce qui se traduit par une utilisation ni trop en amont (la phase est exploratoire et il y a un manque de données), ni trop en aval (la phase est optimisante mais le champ d'intervention trop limité, alors l'apport reste superficiel) [MILLET ET AL. 06]. Autrement dit, l'outil troyen introduit au cœur du processus de conception déclenche la prise en compte des aspects environnementaux en conception.

8.2.3. Hypothèse 2 : La mise en œuvre d'une démarche de co-conception des outils provoque la participation de l'ensemble de l'organisation

Bock avance que la communication et la coopération sont les clefs pour diffuser le raisonnement de l'éco-conception [BOCK 05]. De ce fait, nous pensons que l'outil troyen doit être développé de façon interactive et coopérative afin de contribuer à son appropriation par les différents acteurs. Les futurs usagers, ainsi que les responsables des usagers, doivent être impliqués dans le développement de l'outil d'éco-conception.

Le mécanisme du mTh propose la définition d'un groupe constitué d'un panel d'acteurs représentatifs du processus de conception. Nous avons vu que l'environnement n'est qu'un nouveau critère parmi d'autres (coûts, bénéfices, faisabilité technique, marché, qualité,...) à prendre en compte dans le développement de produits classiques. Le développement de ce « produit » nécessite donc la collaboration des acteurs de différentes fonctions et de différents niveaux hiérarchiques. Tous les critères doivent être considérés de la même façon

par le « design core » [LUTTROP 06]. Comme nous avons vu dans la partie précédente, Fryxell et Vryza notent que l'intégration de l'environnement dépend d'une coordination entre au moins sept fonctions internes (production, marketing, comptabilité, conception, relations publiques, juridique et achats) [FRYXELL ET AL. 98]. Le groupe de coordination chargé de la construction de l'outil troyen devra être constitué par des usagers des différents métiers et leur hiérarchie. Une approche participative permet de faire évoluer simultanément les points de vue des groupes d'acteurs [MINEL 01]. Elle permet également de conserver une cohérence globale de l'organisation. De ce fait, la co-construction de l'outil permet aux usagers de l'adapter aux pratiques et fonctionnement de l'activité de conception de l'entreprise, et de favoriser le déclenchement de l'apprentissage et d'harmoniser le changement sur l'ensemble de l'organisation [PERRIN 05]. La naissance d'une équipe multifonctionnelle favorise une fertilisation croisée des idées⁷⁷ [LINDAHL 06], donc une stratégie d'éco-conception proactive.

La participation des différents acteurs dans la démarche de co-conception de l'outil troyen stimule l'apprentissage par l'action. L'intégrateur transmet la démarche de co-conception de l'outil en impliquant le groupe de coordination à chaque étape de la démarche. Les acteurs du groupe de coordination sont intégrés non seulement pour concevoir l'outil, mais également pour garantir les échanges de points de vue et prendre des décisions. De ce fait, le groupe de coordination acquiert des connaissances et des compétences dans le développement d'outils (d'éco-conception). La démarche de co-construction devient un support méthodologique qui favorise l'autonomie des acteurs quant aux futures versions de l'outil ou le développement d'autres outils. De même, la démarche de co-construction de l'outil et son expérimentation dans des projets facilite l'amorçage de la création des connaissances concernant la dimension environnementale. L'utilisation de la première version de l'outil troyen permet de convaincre et consolider les réflexes de réduction d'impacts et de la prise en compte de l'ensemble du cycle de vie des usagers dans les pratiques classiques.

⁷⁷ « cross-fertilization of ideas », création des idées par les échanges réalisés entre les différents fonctions [LINDAHL 06].

8.2.4. Hypothèse 3 : Un processus dynamique facilite une intégration maîtrisée de l'environnement en conception inscrite dans la durée

La conception évolue continuellement, donc l'intégration va au-delà de la simple adaptation de l'outil et de l'appropriation individuelle. Le mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique impose une dynamique d'appropriation et met les usagers dans une situation favorable d'apprentissage. Il s'en suit que l'outil devra être vérifié, mis à jour, amélioré et adapté à d'autres contraintes (bases de données, innovation,...). L'intégration de l'éco-conception nécessite une approche généralisée d'amélioration progressive permettant à l'entreprise de travailler sur des projets de plus en plus innovants. De ce fait, l'évolution de l'outil d'éco-conception devra être construite par les usagers habituels de l'outil et les futurs usagers grâce à la démarche de co-conception acquise auparavant. Ceci permettra l'identification de nouvelles fonctions à intégrer/nouveaux outils à développer sur des projets plus complexes et à potentiel stratégique plus importants.

Toutefois le processus basé fondamentalement sur la construction et l'appropriation des outils d'éco-conception autorise progressivement d'autres actions. Le processus d'apprentissage déclenché conduit mécaniquement l'entreprise à mobiliser en chaîne d'autres leviers d'action selon la logique d'une combinaison des trajectoires. A titre illustratif, nous présentons quelques exemples. L'introduction d'indicateurs de développement durable facilite l'intégration de ces aspects tant au niveau technique que stratégique. Cela conduit l'entreprise à augmenter les déclarations d'intention de la politique de l'entreprise et intégrer les valeurs de durabilité dans le système de management existant (ISO 9001 et ISO 14001). Une évaluation de plus en plus détaillée dans chaque étape du cycle de vie favorise l'implication des parties prenantes dans la démarche de co-construction. La diffusion de l'outil et leur appropriation augmentent les possibilités de recommandations d'améliorations par d'autres individus qui seront impliqués naturellement dans la démarche de co-conception. Le développement d'autres outils et/ou des fonctions de l'outil permettent d'impliquer d'autres parties prenantes. Les personnels sont sensibilisés et formés aux principes de l'éco-conception et du développement durable grâce à leur implication dans le développement des outils et/ou des fonctions qui leur seront utiles. Le développement des outils et/ou des fonctions concernant les achats, la logistique, la valorisation commerciale et/ou la fin de vie inciteront l'implication des différentes parties prenantes (fournisseurs, transporteurs, filières de fin de vie, les clients,...) dans les réflexions et prise de décisions de l'entreprise.

8.2.5. Les étapes fondamentales pour la mise en œuvre du Cheval de Troie Méthodologique

La mise en œuvre du Cheval de Troie Méthodologique en milieu industriel comprend les étapes suivantes : l'évaluation environnementale des produits à l'aide d'un outil existant ; la co-conception de l'outil troyen adapté aux pratiques classiques de conception ; l'expérimentation de l'outil troyen et sa validation par les futurs utilisateurs ; l'appropriation de l'outil par l'ensemble des acteurs concernés par le processus de conception facilitant une harmonisation des pratiques collectives ; la prise en compte des recommandations d'améliorations proposées par les utilisateurs ; et la progression de l'organisation vers des pratiques plus compatibles avec les valeurs de développement durable. La Figure 15 illustre ces principales étapes du mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique.

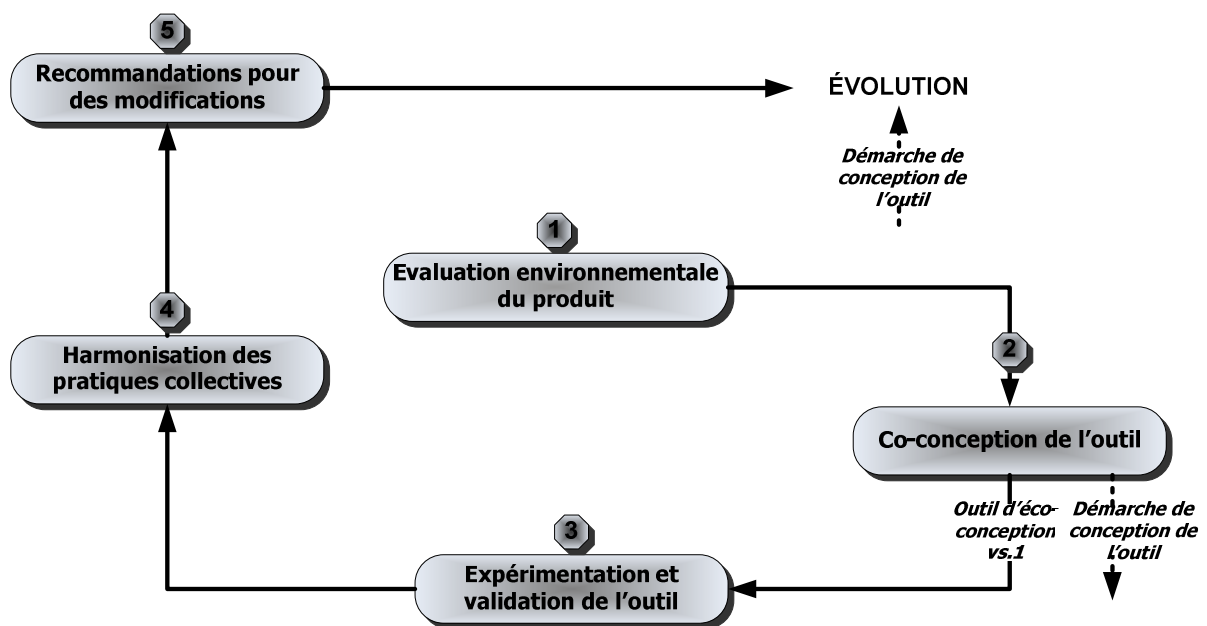


Figure 15. Structure du mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique

8.2.5.1. L'utilisation d'un outil expert d'éco-conception pour faire émerger les connaissances initiales nécessaires à la conception d'un outil

Dans un premier temps, nous recommandons à l'intégrateur d'utiliser un outil expert en éco-conception afin de favoriser l'apprentissage et l'émergence de nouvelles connaissances dans le processus de conception. Nous proposons d'utiliser l'analyse de cycle de vie parmi la multitude d'outils experts existants. En effet, dans l'identification des facteurs d'échec, nous avons constaté que les PME n'ont souvent ni les compétences ni les moyens internes pour réaliser des ACV. Toutefois nous pensons que la réalisation des ACV sur les produits existants engendre une dynamique permettant de sensibiliser l'équipe de conception sur les

enjeux d'éco-conception, de connaître les avantages et les faiblesses de leurs produits, de dégager les premiers axes d'amélioration, etc.

De ce fait, nous proposons que l'entreprise fasse appel à un expert externe afin qu'il puisse modéliser un produit ou une gamme de produits.

Nous avons la conviction que l'utilisation d'un outil expert, dans la phase de lancement, permet de fournir des bases solides sur lesquelles la démarche de co-construction peut s'appuyer. Nous pensons que l'ACV est essentielle dans la phase du lancement du processus d'intégration de l'éco-conception, car la méthode reste complexe pour les concepteurs et nécessite des expertises rarement disponibles dans une PME. Comme nous l'avons vu dans l'état de l'art, cette complexité représente une barrière pour l'appropriation de ces outils d'éco-conception dans les PME. Dans cette logique, nous pensons que l'outil d'ACV doit être traduit en un outil adapté et accessible aux différentes fonctions de l'entreprise. Le développement d'un outil défini par les futurs usagers permettra de répondre à la cohérence avec les pratiques collectives et à contourner les défauts des outils trop universels (et donc trop abstraits) disponibles dans le commerce.

8.2.5.2. Une stratégie participative dans la démarche de co-conception de l'outil

- Analyse des pratiques de conception

Par la suite, nous proposons à l'intégrateur d'analyser en détail les pratiques actuelles tout au long du processus de conception. Le premier objectif est de faire l'inventaire de tous les outils et méthodes utilisés afin d'identifier ceux qui sont cruciaux dans la conception des produits et ceux qui sont utilisés systématiquement. Le deuxième objectif est d'identifier tous les acteurs concernés par cette activité ainsi que leurs rôles et responsabilités à chaque étape du processus de conception. La modélisation de l'activité de conception permet d'identifier les acteurs qui joueront un rôle fondamental dans le processus d'éco-conception, notamment les acteurs susceptibles de pouvoir intégrer la dimension environnementale dans leurs pratiques.

- Spécification du cahier des charges de l'outil

Après avoir analysé les pratiques de conception existantes, l'intégrateur et les futurs usagers devront spécifier le cahier des charges de l'outil à développer. Un groupe de coordination constitué de l'intégrateur et des acteurs représentant la diversité des futurs utilisateurs, devra être formalisé.

Certains auteurs ont écrit sur les conditions qui devraient être prises en compte dans le développement des outils d'éco-conception. Le Tableau 9 présente les conditions que devraient remplir les outils et méthodes d'éco-conception selon trois auteurs différents.

Auteur	Lindhal	Lofthouse	Le Pochat
Conditions suggérées pour les outils d'éco-conception	<ul style="list-style-type: none"> - Facilite la compréhension et la perception de ces bénéfices, - Facilite la prise en main, - Adapté à la culture de l'entreprise, - Respecte l'efficacité temporelle, - Ne nécessite pas un niveau de coordination élevé, - Ne demande pas trop de données, - Permet une visualisation des résultats, « IT based », - Oriente mais ne donne pas les résultats. 	<ul style="list-style-type: none"> - Propose un service facile (orientation, information et sensibilisation), - Contient de l'information et stimuli, - Permet une visualisation des résultats, - Adapté au langage de l'entreprise, accessibilité au niveau des contraintes de temps et Information/Inspiration. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adapté au langage vocabulaire de l'entreprise, - Prend en compte les contraintes de temps, - Ne nécessite pas d'expert.

Tableau 9. Conditions requises d'un outil d'éco-conception selon trois auteurs

Nous nous appuyerons sur la liste des conditions identifiées par ces trois auteurs afin de spécifier le cahier des charges de l'outil à co-concevoir. Les fonctionnalités de l'outil sont définies par le groupe de coordination en croisant les objectifs de la politique d'éco-conception de l'entreprise avec les pratiques collectives de conception. Les fonctionnalités doivent prendre en compte les critères suivants :

- Type d'outil (évaluation, amélioration, prise de décision, communication, sensibilisation,...)
- Indicateurs environnementaux pertinents (en fonction des produits, de la politique de l'entreprise, du type d'outil, des utilisateurs,..),
- Etapes du cycle de vie considérées,
- Nombre et fonctions des acteurs amenés à l'utiliser usuellement,
- Etc.
- Développement des prototypes et validations

A la suite de la spécification du cahier des charges, l'intégrateur doit développer le prototype de l'outil. Afin de valider l'efficacité de l'outil, nous proposons que les futurs usagers testent l'outil sur un produit existant. Cette prise en main permet d'analyser la comptabilité avec les pratiques classiques de conception, la pertinence, l'ergonomie, etc. Les données recueillies grâce aux consultations des usagers permettront d'identifier les axes d'amélioration et d'évolution de l'outil.

8.2.5.3. L'expérimentation de l'outil dans des projets de conception permet de valider sa cohérence dans le processus de conception

L'outil troyen version « i » est testé par des usagers représentatifs des différentes fonctions amenées à utiliser usuellement l'outil. L'expérimentation de l'outil doit être réalisée au moins dans un projet représentatif de la conception des produits de l'entreprise. Les résultats de l'outil troyen peuvent être confrontés aux résultats de l'outil expert d'éco-conception utilisé préliminairement et aux besoins des futurs utilisateurs, et ainsi conduire à définir les exigences supplémentaires pour l'outil troyen version « i + 1 ».

8.2.5.4. La diffusion et l'utilisation progressive de l'outil par les acteurs concernés dans le processus de conception facilite l'harmonisation de pratiques collectives

L'outil testé par certains futurs usagers peut être diffusé à tous les acteurs du processus de conception. Les acteurs du groupe de coordination facilitent la prise en main de l'outil troyen par les autres usagers. L'utilisation et l'appropriation de l'outil par les acteurs intervenant dans l'activité de conception favorisent l'harmonisation des pratiques dans le processus de conception, et la diffusion au sein de l'ensemble de l'organisation.

8.2.5.5. Les recommandations d'améliorations facilite la progression des valeurs de l'entreprise

L'utilisation et l'appropriation de l'outil par différents acteurs permettent de constater les défauts, les déficiences et les points forts de cet outil. Les utilisateurs amenés à utiliser usuellement l'outil peuvent alors proposer des recommandations d'améliorations afin de réduire les problèmes et besoins perçus.

8.2.5.6. L'évolution de l'outil moteur de la création de valeurs pour l'entreprise

Dans un deuxième cycle, l'outil troyen devra être enrichi avec une ou plusieurs fonctionnalités s'orientant vers l'innovation et le développement durable. L'outil sera amélioré dans la finalité de rendre la méthodologie systématique, de faire adhérer tous les acteurs de l'entreprise concernée par l'éco-conception et de créer des nouvelles valeurs d'entreprise.

8.2.6. Mesure de l'efficacité du Cheval de Troie Méthodologique

Afin de vérifier nos trois hypothèses nous proposons trois indicateurs permettant de mesurer l'efficacité du mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique.

8.2.6.1. « Opérationnalité » de l'outil

Cet indicateur mesure la pertinence des résultats fournis par l'outil ainsi que sa cohérence avec les besoins des utilisateurs. Pour analyser la pertinence de l'outil, nous proposons à l'intégrateur d'évaluer la compatibilité cognitive de l'outil avec les besoins collectifs.

Les critères qui seront observés afin de mesurer l'opérationnalité de l'outil sont :

- La conformité des fonctions principales effectives de l'outil avec le cahier des charges défini par les usagers,
- La liaison de l'outil avec les outils et méthodes de conception préexistantes dans l'entreprise,
- La pertinence des résultats fournis par l'outil en comparaison à d'autres méthodes et outils d'éco-conception existants.

8.2.6.2. Degré de propagation de l'outil

Selon Lindahl, le succès des outils se mesure par deux critères : degré d'usage et degré d'appropriation [LINDHAL 06].

Nous proposons de mesurer l'indicateur du degré de propagation de l'outil grâce à deux critères :

- Le degré d'usage sera mesuré par le nombre et la fréquence d'utilisation de l'outil dans les projets de conception.
- Nous proposons également d'analyser le degré d'appropriation en mesurant le nombre d'individus utilisant systématiquement l'outil dans leurs activités de conception.

8.2.6.3. Evolution de la perception de l'environnement au sein de l'entreprise

Nous proposons de mesurer l'évolution de la perception de la dimension environnementale en entreprise par deux indicateurs :

- L'évolution de l'outil troyen

Cet indicateur mesure la capacité de l'organisation à enrichir l'outil (nombre de versions). Afin de mesurer la capacité à évoluer de l'outil, nous proposons à l'intégrateur de réaliser un suivi des mises à jour, du développement de nouvelles fonctionnalités et de nouveaux outils ou méthodes complémentaires (tels que des check-lists, guides,...).

- Le niveau d'apprentissage

Nous évaluerons cet indicateur selon les trois schémas d'apprentissage⁷⁸ définis par Millet et al. [MILLET ET AL. 03]. Les processus d'apprentissage identifiés par ces auteurs permettent

⁷⁸ Voir paragraphe 5.2.4

de caractériser la façon de considérer la dimension environnementale en entreprise selon trois niveaux : la démarche de l'explorateur dans laquelle la dimension environnementale est une contrainte locale, la démarche essai/ erreurs dans laquelle l'environnement est perçu comme un critère de gestion et la démarche de précaution qui s'appuie sur la perception de l'environnement comme une valeur. A l'aide de la définition des schémas d'apprentissage définis par ces auteurs, nous définirons le niveau de perception de l'environnement d'une entreprise selon la grille d'évaluation suivante (Tableau 10).

Niveaux	Critère	Contrainte	Valeur
<u>Technique</u>	1	2	3
Modifications des produits	Modifications superficielles dans le cycle de vie du produit (monocritère, mono-étape,..)	Raisonnement cycle de vie et optimisation des impacts environnementaux	Modifications radicales, innovation, raisonnement en termes de services rendus
Indicateurs d'évaluation	Environnementaux	Multicritère, multi-étape, essentiellement environnementaux mais certains de développement durable	Environnementaux, sociaux et économiques
<u>Organisationnel</u>	1	2	3
Management	Gestion curative	Gestion intégrée dans un système de management environnemental (ISO 14001)	Gestion intégrée par un système de management intégrant la composante durable (SD 2100. ISO 26000,..)
Responsabilités	Absence	Expert ou un service environnement	A tous les niveaux
<u>Stratégique</u>	1	2	3
Vision/volonté	Attentiste	Amélioration continue	Proactive engagée dans les responsabilités éthiques, sociétales, environnementales,...

Tableau 10. Perception de l'environnement en entreprise

Chapitre 9 : Protocole Expérimental

Le protocole expérimental a pour objectif de trouver et de définir l'enchaînement des expérimentations qui permettra d'enrichir les connaissances dans les pratiques d'éco-conception et d'obtenir la meilleure démonstration de la validité du mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique comme vecteur d'intégration de l'environnement dans le processus de conception en PME.

Un programme d'expérimentations a été mis en œuvre afin d'élaborer six modèles de trajectoires et de mettre à l'épreuve le mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique. Le programme est composé de trois actions dont deux enquêtes et une expérimentation en milieu industriel.

- Expérimentation 1 : Proposition de trois modèles de trajectoires d'intégration

La première expérimentation que nous avons menée avait pour objectif d'acquérir de façon concrète des connaissances représentatives de l'intégration de l'environnement en conception dans le contexte français. Afin d'avoir une vision globale, nous avons exploité les connaissances et l'expérience des acteurs concernés par le domaine de l'éco-conception. Pour ce faire, nous avons identifié deux grands groupes d'acteurs : les experts et les industriels. Le capital de connaissances dans le domaine de l'éco-conception a été enrichi grâce à l'analyse des deux questionnaires.

❶ Première enquête : Identification par les experts des paramètres d'intégration et proposition de trois modèles de trajectoires

En nous basant sur l'analyse bibliographique, nous mènerons une enquête auprès d'un groupe d'experts en éco-conception. Ce groupe d'experts concerne notamment les chercheurs, les institutionnels et les consultants français. L'analyse des questionnaires nous permet de dresser un état de l'art de l'éco-conception en France et de mettre en évidence toute preuve infirmant, confirmant ou modifiant notre postulat sur les modèles trajectoires d'intégration.

A l'aide des résultats de cette enquête, nous recherchons à constituer une liste des paramètres d'intégration (motivations, obstacles et leviers d'action) et à dresser les esquisses des modèles de trajectoires élémentaires.

❷ Deuxième enquête : Identification par les industriels des paramètres et construction du modèle de trajectoire fondée sur le déploiement d'outils et de méthodes

Afin de confirmer l'existence des modèles de trajectoires, nous confronterons les résultats de la première enquête à une deuxième enquête auprès d'un groupe d'industriels. Ce groupe

d'industriels concerne des acteurs qui jouent un rôle plus ou moins important dans l'intégration de l'éco-conception dans les PME/PMI et des grands groupes.

La liste des paramètres d'intégration bâtie grâce à cette deuxième enquête sera comparée à la première liste et les modèles de trajectoires seront enrichis. En nous appuyant sur des arguments bibliographiques ainsi que sur l'analyse de cette deuxième enquête, nous vérifierons particulièrement la pertinence de la trajectoire fondée sur le déploiement d'outils et des méthodes.

- Expérimentation 2 : Evaluation du mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique sur une trajectoire spécifique

③ Déploiement du Cheval de Troie Méthodologique dans une PME

Le Cheval de Troie Méthodologique sera évalué en conditions réelles au cours de sa mise en place dans une PME française. L'application du mécanisme dans une entreprise nous permettra de juger la pertinence de nos trois hypothèses sur les rôles des outils appropriés à l'entreprise, d'une co-conception de ces outils et d'un processus d'éco-conception construit sur le long terme.

La Figure 16 schématise succinctement le protocole expérimental que nous allons mener.

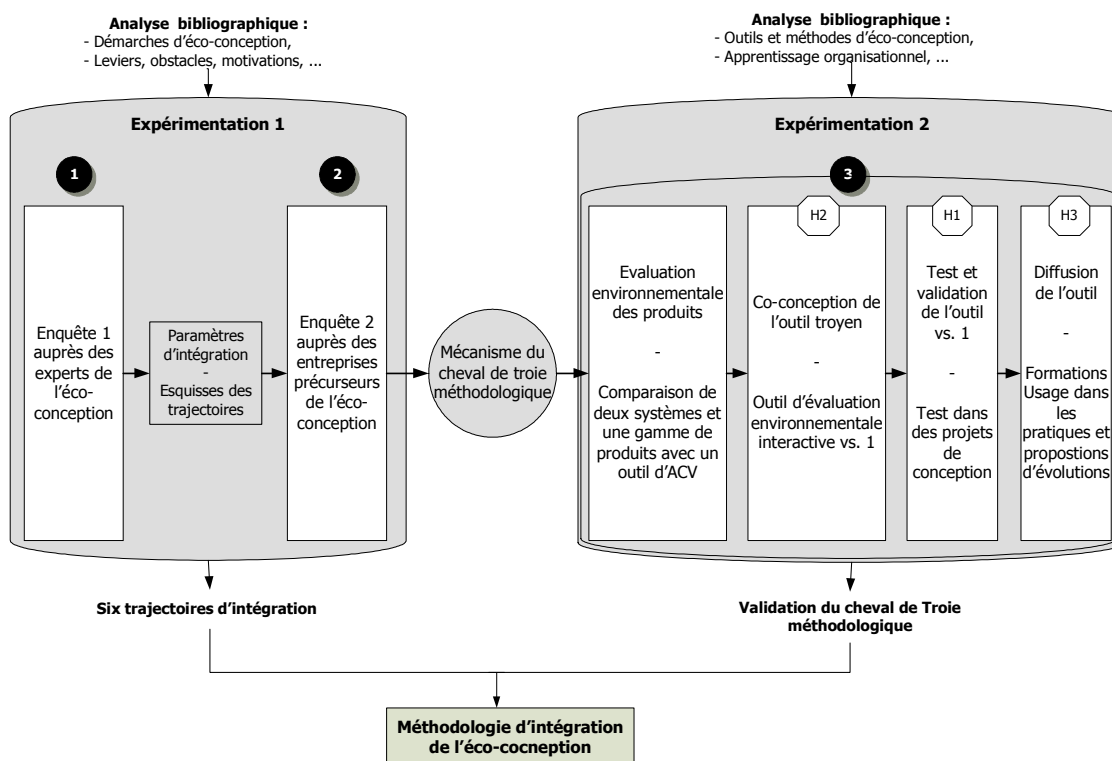


Figure 16. Schéma de synthèse du protocole expérimental

Chapitre 10 : Expérimentation N°1, la construction du mécanisme du cheval de Troie fondée sur un travail d'enquêtes

Les fédérations des professionnels ainsi que d'autres organismes, associations, etc., valorisent les exemples remarquables, mais également assurent le suivi des entreprises débutant dans le domaine. Malgré les efforts réalisés par ces différentes organisations, le retour d'expérience des entreprises ayant intégré l'éco-conception reste souvent méconnu des PME.

Dans ce contexte, le programme de recherche que nous avons mené vise à mettre à disposition des entreprises françaises désireuses de se lancer dans la démarche d'éco-conception, le retour d'expérience des entreprises précurseurs et des experts dans le domaine.

Dans ce chapitre, nous présenterons les résultats de notre première expérimentation fondée sur deux enquêtes. La proposition des modèles de trajectoires et la formalisation du mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique ont été dressées grâce au retour d'expérience des experts et des entreprises françaises précurseurs dans le domaine de l'éco-conception (cf. Figure 17).

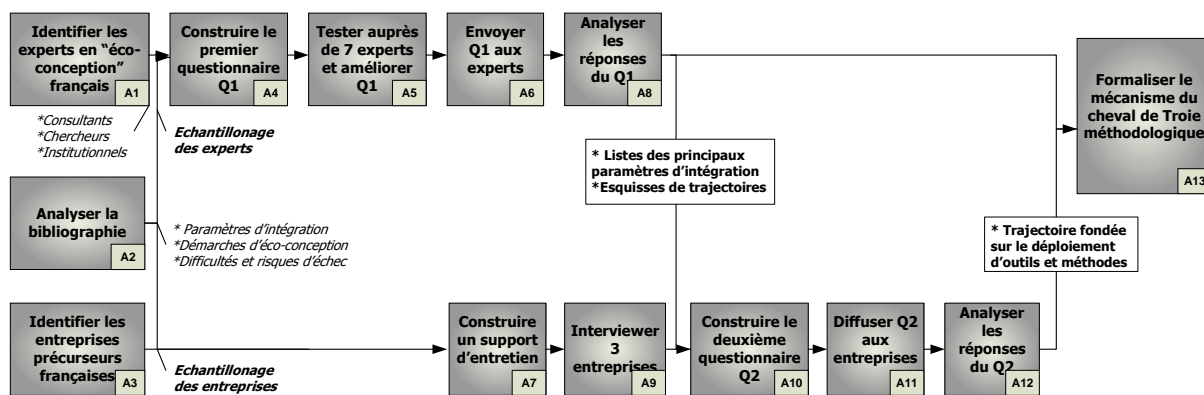


Figure 17. Programme de la première expérimentation

A travers les enquêtes, nous cherchons à construire une photographie des démarches d'éco-conception conduites en entreprise, qui seraient la plus proche possible de la réalité⁷⁹. Nos travaux d'enquêtes se centrent sur les pratiques⁸⁰ d'éco-conception. Selon De Singly, l'enquête est un long jeu de construction qui est soumise à quatre étapes : la délimitation

⁷⁹ Selon De Singly, le réel est impossible à atteindre car il est inépuisable et il ne peut être décrit que par la médiation de catégories de perception [DE SINGLY 05].

⁸⁰ Il existe trois types d'enquêtes centrées sur les représentations, sur les représentations et les pratiques ; et sur les pratiques [BLANCHET ET AL. 06]

des frontières de l'enquête, la sélection d'éléments pertinents et l'élimination des éléments jugés secondaires, le tri et le recodage des informations recueillies selon le traitement défini à la construction du questionnaire; et enfin la lecture et l'interprétation des données [DE SINGLY 05]. Les deux enquêtes menées ont été construites en suivant cette méthodologie proposée par De Singly.

10.1. Enquête 1 réalisée auprès des experts de l'éco-conception : identification des principaux paramètres nécessaires à un processus d'intégration

Le paragraphe 10.1 présente l'analyse des résultats empiriques issus de notre première enquête quantitative (A1, A4, A5, A6 et A8 de la Figure 17).

10.1.1. Méthodologie de l'enquête 1

La première enquête a été envoyée à un panel d'experts jouant un rôle important dans l'accompagnement des démarches d'éco-conception dans différents secteurs d'activité du système industriel français. L'objectif de cette enquête était d'établir des listes validées des paramètres d'intégration (motivations, obstacles et leviers) et de dresser une esquisse des modèles de trajectoires d'intégration de l'environnement en conception.

10.1.1.1. Construction du questionnaire 1 (Q1)

En nous appuyant sur une analyse bibliographique, nous avons élaboré un questionnaire destiné aux experts dans le domaine de l'éco-conception (consultants, chercheurs, institutionnels et associations professionnelles). La plupart des questions était fermée et d'autres étaient mixtes ou ouvertes. Ce type de questions facilite la compréhension de la réalité. Afin d'évaluer nos paramètres d'intégration, nous avons choisi de déterminer une notation à trois échelons : très important, assez important, peu important.

Le questionnaire a été testé lors des entretiens réalisés avec 7 experts français (2 consultants, 2 institutionnels, 1 responsable de mission environnementale d'une fédération professionnelle et 3 chercheurs). Le test de notre questionnaire nous a permis de comprendre que l'échelon « pas important du tout » était inutile. Le questionnaire 1 amélioré grâce aux recommandations de sept experts a été ainsi diffusé.

10.1.1.2. Identification des experts et diffusion de l'enquête

L'identification des experts à enquêter s'est effectuée par un benchmark sur plusieurs sources : Internet, les réseaux d'échange sur la dimension « environnementale », les colloques et séminaires, le salon de l'environnement (Pollutec),...

La diffusion de l'enquête s'est réalisée par l'envoi d'un courriel électronique. Celui-ci proposait aux experts de consulter le site Internet qui hébergeait le premier questionnaire : <http://www.sphinxonline.net/stryge83/Eco-conception/start.htm>. Le courriel a été diffusé à 150 experts français. Selon Fenneteau les enquêtes réalisées par courriel permettent d'interroger un grand nombre de personnes et ont également l'avantage d'avoir un support visuel. En plus, pour les questions délicates, il est plus facile pour l'enquêté de cocher une case ou d'expliquer une situation par écrit que l'exprimer directement à l'enquêteur. Cependant, les enquêtes par voie informatique posent un certain nombre de problèmes comme par exemple, le faible taux de réponse et la collecte de questionnaires inexploitable [FENNETEAU 02]. Dans notre enquête nous avons essayé de pallier le problème des questions partiellement répondues, en ajoutant des fonctions de contrôle pour les questions clés. Toutes les réponses collectées ont donc été utilisées dans l'analyse statistique. La mise en place des contrôles a obligé l'enquêté à répondre à des questions qui ne le concernent pas ou pour lesquelles il ne savait pas répondre.

10.1.2. Résultats empiriques de l'enquête : liste de paramètres d'intégration de l'environnement en conception

A la fin du mois de novembre 2005, 48 acteurs ont répondu à l'enquête mise en ligne. Cela correspond à un taux de 32% de réponses par rapport au courriel envoyé en octobre 2005. Les résultats présentent les opinions de quatre catégories qui se sont exprimées : 27 consultants (56%), 12 chercheurs (25%), 6 institutionnels (13%) et 3 associations⁸¹ (6%).

10.1.2.1. *Limites du questionnaire*

Cette première enquête présente deux principales limites : une analyse généralisée et un questionnaire constitué considérablement des questions fermées. Premièrement, les résultats de l'enquête doivent être mis dans le contexte de notre positionnement initial. Nous avons préféré avoir une approche extra-sectorielle afin de pouvoir dresser une liste exhaustive des principaux paramètres d'intégration jouant un rôle dans une entreprise donnée. Il est évident que les paramètres (motivations, leviers, obstacles) d'intégration de l'environnement en conception dépendent fortement du comportement général en matière d'environnement (éco-défensif/éco-offensif) et des critères propres à l'entreprise. Nous pouvons citer par exemple : le secteur d'activité, la taille, l'étendue géographique (national, européen, ..), les relations avec des parties prenantes (institutionnels, réseaux des professionnels,...), etc.

⁸¹ Par association nous entendons des réseaux des professionnels travaillant sur le sujet de l'éco-conception ou des achats responsables.

Cependant, d'autres études ont permis d'identifier quelques paramètres d'intégration en fonction des secteurs ou des tailles des entreprises. Par exemple, l'étude réalisée par l'AFNOR⁸² en mars 2005, illustre l'état de l'art dans le domaine de l'éco-conception dans 8 secteurs industriels [AFNOR 05].

En ce qui concerne la limite par rapport aux questions fermées, l'enquête étant qualitative, celle-ci ne permet pas à l'expert de préciser systématiquement ses choix. La construction du questionnaire, avec une majorité de questions fermées, amplifie cette limite.

10.1.2.2. Caractéristiques générales de l'échantillon étudié

Une grande majorité des experts sondés, tous confondus, réalise principalement trois prestations dans les entreprises :

- accompagnement des projets d'éco-conception,
- formations sur les démarches d'éco-conception, l'utilisation des outils, etc.
- évaluations environnementales des produits.

Une partie beaucoup moins importante, effectuée de l'expertise au niveau des stratégies de communication des démarches d'éco-conception. Finalement, certains experts commercialisent des outils d'aide à l'éco-conception et apportent un support technique pour faciliter l'utilisation de ces outils par les entreprises. (cf. Figure 18)

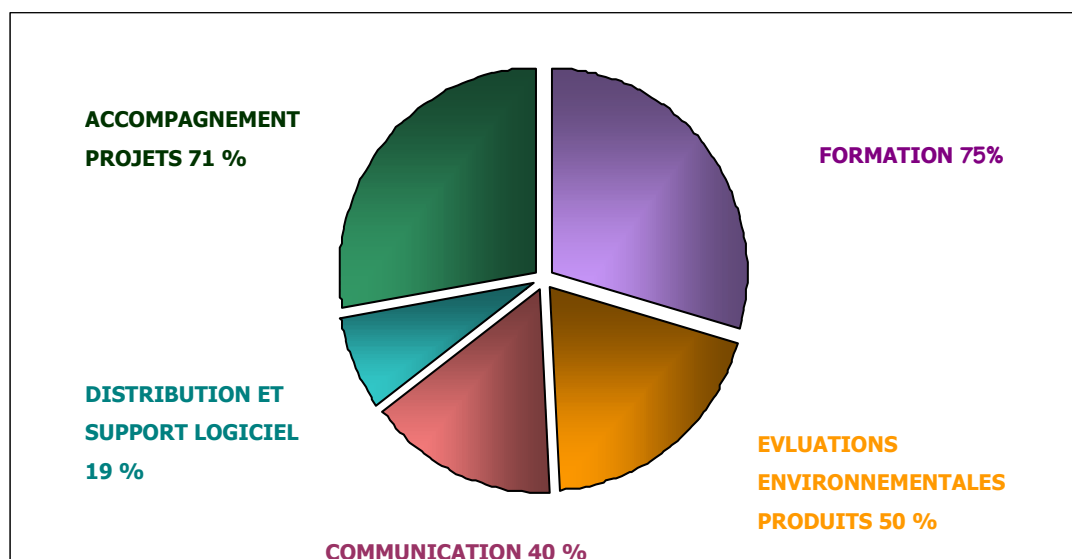


Figure 18. Répartition des principales prestations réalisées par les experts dans l'accompagnement aux entreprises

Nous avons collecté les autres principales prestations réalisées par les experts enquêtés :

- La réalisation des audits dans les entreprises,
- L'accompagnement afin d'aboutir à une certification,

⁸² Association Française de Normalisation

- Le contrôle et la délivrance de la certification,
- La réalisation des diagnostics réglementaires et de la veille,
- Le montage de partenariats et de projets,
- La formation, l'encadrement, le suivi des étudiants,
- L'animation dans des groupes de recherche, des réseaux professionnels, des programmes, des groupes techniques.

L'accompagnement des démarches d'éco-conception dans les entreprises s'appuie sur une grande variété d'outils et méthodes, répondant à différents objectifs. Les outils et méthodes utilisés par les experts sont présentés dans le Tableau 11.

Outils de diffusion de la problématique environnementale	
<i>Outils de sensibilisation</i>	<i>Outils de communication</i>
Module de sensibilisation (ADEME-MEDD)	Série des Normes ISO 14 000
Outils d'identification des impacts environnementaux	
TEAM, EIME, SIMAPRO, ESQCV, ECO-IT, ATEP, Eco-amdec, Couplage des méthodes CATIA-EIME; AMD-ECO , ELLIPSE, MASIT , Wizard, Excel, logiciel mis en ouvre par l'AFI, Cahier des charges de l'ADEME, Green TRIZ, ECODIS-EDIT, MACSI, Design for disassembly, Design for remanufacturing, Empreinte écologique, ECO-CONCERT, méthode 3E (éthique, équitable, écologique)	
Outils d'amélioration de la performance environnementale	
Check-list d'amélioration écologique (MEDD), liste de matériaux, guides d'éco-conception adaptés (par secteur, spécifique entreprise), Guide de conception packaging, Référentiels généraux, Référentiels spécifiques, Méthode d'intégration de la fin de vie pour les produits EEE, ECOV, Bilan Substances (Ecobilan), MAIECO, fiches des données,	

Tableau 11. Principaux outils et méthodes utilisés, développés et/ou distribués mentionnés par les experts

Parmi ces instruments, certains outils et méthodes ont été développés par les experts afin d'aider les entreprises à intégrer la contrainte environnementale en conception (l'objectif étant de concevoir des outils et méthodes adaptés aux contextes industriels).

La majorité des experts consultants enquêtés accompagne de 1 à 5 entreprises par an (cf. Figure 19).

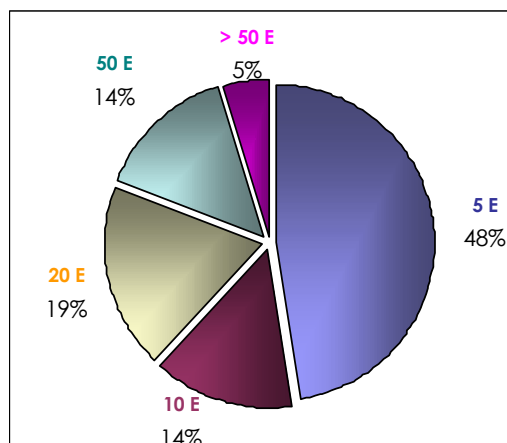


Figure 19. Nombre d'Entreprises (E) accompagnées par les experts consultants

Les principaux partenariats des experts, tous confondus, sont :

- Les projets européens et projets soutenus par le ministère délégué à la recherche (projets LIFE, ECODIS, Projets ACI,..),
- Les associations (APEDEC, HQE, ..),
- Les centres, agences techniques (CETIM, CSTB, CTBA, Centres de design, ARAMM, IFTH,..),
- Les Institutionnels (ADEME, AFNOR, ..),
- Les entreprises, réseaux de professionnels et fédérations,
- Les écoles, universités et centres de recherche (ENSAM CPNI, ENSAM Chambéry, UTT, UTC, EMSE, INPG, CNRS, INRA, MNHN, IRD, Supméca,..).

10.1.2.3. Facteurs de motivations

Le Tableau 12 montre l'évaluation des principaux facteurs de motivation par la majorité des experts, toutes catégories confondues.

Facteurs de motivation		Très	Assez	Peu
Littérature	Enquête 1 (Q1)	Important		
Le respect de la réglementation	Le respect de la réglementation	70.8 %	22.9 %	6.3 %
La stratégie du groupe	L'engagement du dirigeant de l'entreprise	68.8 %	25.0 %	6.3 %
	La politique du groupe	50 %	33.3 %	14.6 %
Les bénéfices économiques et commerciaux	La maîtrise des coûts	56.3 %	33.3 %	10.4 %
	L'image de marque et le marché	41.7 %	50 %	8.3 %
La satisfaction des exigences des stakeholders	Les partenaires économiques	12.5 %	37.5 %	50 %
	Les groupes de pression	16.7 %	52.1 %	31.3 %
	Les aides publiques	14.6 %	47.9 %	37.5 %
	Les consommateurs/ les clients	37.5 %	37.5 %	25 %
	L'initiative du secteur industriel	29.2 %	54.2 %	16.7 %

Tableau 12. Facteurs de motivation de l'intégration de l'éco-conception – Enquête (Q1) auprès des experts

D'après ces résultats, nous pouvons identifier cinq principales motivations :

- Le respect des pressions réglementaires,
- La stratégie interne du groupe,
- Les bénéfices économiques et commerciaux,
- L'initiative du secteur industriel,
- La satisfaction des exigences des parties prenantes.

Généralement, les réponses des experts coïncident quelle que soit la catégorie. Cependant nous avons aperçu quelques exceptions :

- Sur les partenaires économiques. Pour 83% des institutionnels les partenaires économiques jouent un rôle moteur dans le processus d'intégration de l'éco-conception. Cependant la majorité des consultants, des chercheurs et des associations, constate que les partenaires économiques sont un moteur peu important.
- Sur les aides publiques. 67% des consultants soutiennent que les aides publiques sont un facteur important contrairement aux trois catégories d'experts (50% des chercheurs ; 83% des institutionnels ; 67% associations) qui considèrent le facteur comme peu important.

Parmi les facteurs de motivation, autres que ceux présentés dans le questionnaire, les experts proposent :

- Les opportunités d'innovation d'un produit (8.3%),
- La concurrence (6.3%),
- Le dynamisme du personnel (existence d'un leader environnement, initiatives internes – bottom up, implication des employés) (6.3%),

Deux experts ont complété notre liste avec trois propositions intéressantes :

- La dynamisation de systèmes de management existants,
- La maîtrise de risques.

Les motivations résultent des comportements des entreprises. Par conséquent, il est indispensable de faire une distinction entre les deux catégories de comportement des entreprises vis-à-vis de la prise en compte de l'environnement. Le comportement éco-défensif privilégie le rendement économique, considère que l'environnement comme un coût, se conforme à respecter la réglementation sans aller au-delà. Le comportement éco-offensif s'articule autour de la logique d'anticipation et d'engagement volontaire, l'environnement étant considéré comme un élément clé pour l'entreprise.

10.1.2.4. Facteurs à contourner

Le Tableau 13 montre le classement réalisé par la majorité des experts concernant les principaux facteurs d'échec d'un processus d'intégration de l'éco-conception.

Obstacles		Très	Assez	Peu
Littérature	Enquête 1 (Q1)	Contraignant		
Manque d'organisation interne	Manque d'informations	35.4 %	52.1 %	12.5 %
	Conflits au sein de l'équipe conception	20.8 %	54.2 %	25 %
	Conflits inter-services	45.8 %	33.3 %	20.8 %
	Manque d'attribution de responsabilités	25 %	56.3 %	18.8 %
Contraintes économiques	Soutien économique faible	25 %	45.8 %	29.2 %
Manque de connaissances / expérience	Manque de connaissance au niveau méthodologique	20.8 %	56.3 %	22.9 %
	Manque d'expérience sur le sujet	18.8 %	27.1 %	54.2 %
Problèmes liés aux outils	Manque de méthodes/outils	8.3 %	58.3 %	33.3 %
	Complexité utilisation/coût acquisition d'outils	27.1 %	29.2 %	41.7 %
Manque d'engagement de l'entreprise	Manque de soutien des dirigeants	83.3 %	12.5 %	2.1 %
	Résistance au changement	52.1 %	35.4 %	12.5 %
	Manque expert interne	29.2 %	33.3 %	37.5 %
	Manque expert externe	27.1 %	37.5 %	33.3 %
Problèmes dans le processus de développement du produit	Difficulté technique pour satisfaire le choix environnemental	22.9 %	47.9 %	29.2 %
	Difficulté de satisfaire la qualité du produit à moindre coût	20.8 %	52.1 %	27.1 %
	Manque temps (délais de conception)	29.2 %	45.8 %	25 %
Manque de retour d'expérience externe	Manque de retour d'expérience	18.8 %	50 %	31.3 %
Manque d'informations sur les enjeux	Manque d'information sur les bénéfices	31.3 %	52.1 %	16.7 %
Faiblesse des pressions externes	Manque exigences explicites du client	41.7 %	31.3 %	27.1 %

Tableau 13. Obstacles d'intégration de l'éco-conception– Enquête (Q1) auprès des experts

Les deux principaux obstacles distingués par la plupart des experts sont le manque de soutien des dirigeants et la résistance au changement. En revanche, le manque d'expérience en matière d'éco-conception au sein de l'entreprise semble être une contrainte négligeable (54% des experts l'ont évalué comme peu contraignante). Ce résultat peut s'expliquer par l'existence des experts externes, des réseaux des professionnels, des organismes qui peuvent accompagner l'entreprise à lancer l'approche d'éco-conception.

Notons les compléments cités par les experts :

- Le manque de motivation des réseaux/filières professionnels,
- Le manque de reconnaissance de la démarche (manque d'engagements des pouvoirs publics en tant qu'acheteurs éco-responsables,...)

- L'existence d'un « gourou » (« *Il est crucial d'intégrer l'environnement dans le processus, et de ne pas subordonner le processus à l'éco-conception* »).

Le processus d'intégration de l'éco-conception a comme objectif de lever ces obstacles. Dans notre recherche, nous nous intéressons à ces obstacles car ils nous permettent de mettre en évidence des points noirs sur lesquels il faudra agir, en amont du processus d'intégration.

10.1.2.5. Leviers à mobiliser

Nous avons vu dans la littérature que les leviers sont multiples. Parmi ces facteurs, nous présentons dans le Tableau 14 les leviers privilégiés par les experts.

Leviers		Très	Assez	Peu
Liés au(x)	Enquête	Important		
Management	Etablir une politique d'éco-conception	47.9 %	35.4 %	16.7 %
	Le soutien des dirigeants	85.4 %	14.6 %	0 %
	Définir et spécifier les responsabilités de l'ensemble des acteurs	35.4 %	52.1 %	10.4 %
	Mettre en place un flux d'informations interne	33.3 %	54.2 %	12.5 %
Relations avec les parties prenantes (PP)	La synergie avec les parties prenantes	37.5 %	45.8 %	16.7 %
	Communiquer en externe	25 %	47.9 %	25 %
Processus de développement des produits	Favoriser la coordination inter-fonctions	64.6 %	22.9 %	12.5 %
	Utiliser, maîtriser et mettre à jour les documents/principes/normes spécifiques	16.7 %	58.3 %	25 %
	Définir et adopter des outils adaptés	27.1 %	62.5 %	10.4 %
Compétences	Former et sensibiliser du personnel	68.8 %	27.1 %	2.1 %
	Dynamisme du responsable environnement « produit »	70.8 %	29.2 %	0 %
Motivations du personnel	Impliquer l'équipe conception	68.8 %	27.1 %	4.2 %
	Impliquer l'ensemble du personnel	43.8 %	45.8 %	8.3 %
Marché	L'orientation du marché vers des produits plus respectueux	50 %	45.8 %	4.2 %
	La différenciation face à la concurrence	47.6 %	41.4 %	10.3 %

Tableau 14. Leviers d'intégration de l'éco-conception – Enquête (Q1) auprès des experts

En analysant les résultats, nous remarquons que la plupart des leviers proposés sont considérés comme importants par une majorité des experts enquêtés.

Nous pouvons considérer le facteur « Etablir une politique d'éco-conception » comme un des leviers principaux. Les consultants (55.6 %) et institutionnels (66.7%) perçoivent ce facteur comme très important, et les chercheurs (50%) et associations (66.7%) comme assez important. Pour le levier « créer une synergie avec les parties prenantes », les

institutionnels le considère à 50% comme très important ; les consultants à 55.6% et les associations à 66.7 % comme assez important. Enfin, le levier « se distinguer de la concurrence » est classé comme très important par les consultants (55.6%) et associations (66.7%) et comme assez important par les chercheurs (58.3%) et institutionnels (83.3%).

Les résultats de notre enquête nous permettent de compléter la liste des leviers et de modifier la catégorisation de ces principaux facteurs de succès.

A partir des résultats et par conviction propre, nous avons modifié certaines catégories de leviers. Tout d'abord, nous avons intégré les leviers liés aux « motivations du personnel » dans la catégorie compétences. Nous partons sur le postulat que l'implication des acteurs est une condition nécessaire dans un processus d'apprentissage et donc de création des compétences. Inversement, nous avons scindé la catégorie liée au processus du développement des produits en deux : application opérationnelle et utilisation des outils/méthodes. Les outils et des méthodes sont des moyens nécessaires qui permettent de prendre des décisions lors du processus de développement du produit et ils jouent un rôle essentiel dans l'intégration de l'environnement en conception. Cette étape est donc très importante. Dans cette logique, nous avons classé l'utilisation des méthodes et outils dans une catégorie à part. Dans certains cas de figure, l'intégration des critères environnementaux dans le développement d'un produit se fait par intuition du concepteur sans véritable méthodologie. C'est dans ce sens que nous avons identifié une autre catégorie concernant l'application opérationnelle. Enfin, l'existence de la catégorie liée au marché se justifie par l'évaluation des experts de « la différenciation face à la concurrence et l'orientation du marché » comme un levier important.

En conséquence, nous classons les leviers en six catégories, que voici ci-dessous :

- Leviers liés au management,
- Leviers liés aux relations avec les parties prenantes,
- Leviers liés aux compétences,
- Leviers liés à l'utilisation des outils et des méthodes d'aide à la décision dans le processus d'éco-conception,
- Leviers liés à l'application opérationnelle dans le développement des produits,
- Leviers liés au marché et à la concurrence.

Ces leviers jouent un rôle déterminant dans l'intégration d'un processus d'éco-conception et ils sont susceptibles d'influencer la stratégie générale de l'entreprise. Dans la phase de

lancement, il faut s'organiser, gérer des actions, surveiller, améliorer le processus d'intégration de l'éco-conception. Il est donc crucial de procéder étape par étape. Cela signifie choisir une stratégie, des actions coordonnées conduisant à mobiliser les facteurs de succès au bon moment. Par conséquent, il est indispensable, en amont du lancement du processus, de sélectionner les facteurs de succès critiques des facteurs potentiels. Nous pensons nécessaire de guider le processus d'intégration par rapport à des expériences réussies. Dans cette logique, nos travaux de recherche ont pour objectif de proposer une gamme de modèles de trajectoires d'intégration de l'éco-conception.

10.1.2.6. Proposition de trajectoires d'action

Un modèle de trajectoire est une stratégie particulière d'intégration de l'environnement en conception, qui consiste à déclencher spécifiquement certains leviers d'action. Chaque modèle de trajectoire peut être caractérisé par une logique de répartition des efforts à partir des leviers (cf. Figure 20).

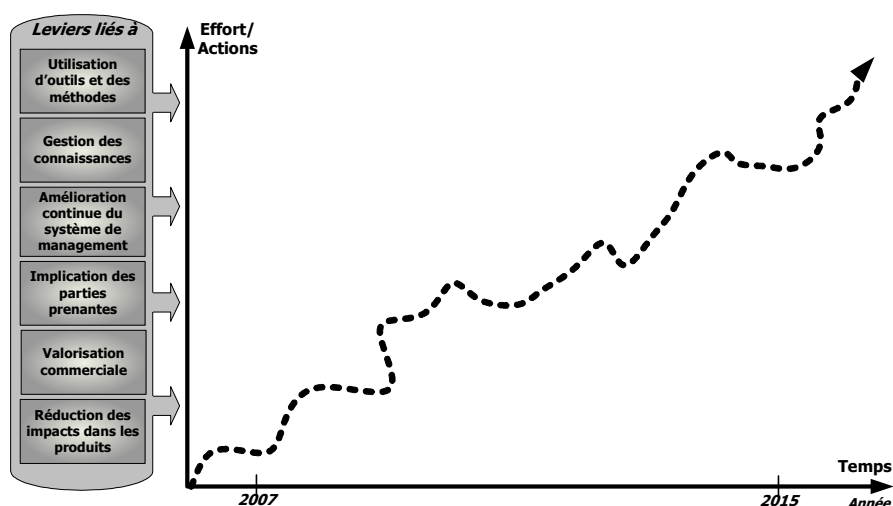


Figure 20. Illustration d'une trajectoire d'intégration de l'environnement en conception

Avant de présenter les différentes trajectoires, nous devons préciser que la stratégie d'intégration dans une entreprise devrait prendre en compte l'ensemble des paramètres que nous avons présentés précédemment. Cependant la réalité du terrain montre qu'une entreprise ne peut pas prendre en compte tous les facteurs en même temps et avec la même intensité tout au long du processus d'intégration. Nous avons esquissé 6 modèles de trajectoires d'intégration à partir de nos premières interviews réalisées auprès des industriels et des résultats de notre enquête auprès des experts (Voir la description de ces six modèles de trajectoires élémentaires dans le Tableau 15).

Trajectoire d'intégration par	Description
le déploiement des outils et méthodes	La stratégie de cette trajectoire est basée sur l'enrichissement progressif des instruments d'éco-conception adaptés et de plus en plus complets et précis.
la gestion des connaissances	La stratégie de cette trajectoire est établie sur une formalisation progressive des connaissances en éco-conception.
le développement d'un système de management	La stratégie de cette trajectoire est basée sur une évolution des systèmes de management, ancrés initialement sur la qualité en passant par l'hygiène-sécurité, l'environnement, POEMS pour aboutir à un système de management compatible avec le développement durable (SD 21000)
la mise en place d'une nouvelle gouvernance avec les parties prenantes	La stratégie est établie sur la base d'une intégration progressive de la prise en compte des « stakeholders » et de leurs exigences, en passant d'une consolidation avec les « principales » parties prenantes de l'entreprise (employés, partenaires économiques, institutionnels), à un cercle plus étendu d'acteurs secondaires (clients, fournisseurs, ..) pour aboutir à une gouvernance impliquant tous les acteurs de la chaîne (de l'employé jusqu'aux groupes de pression)
une approche empirico-pragmatique	La stratégie associée à cet archétype repose sur une approche empirique de réduction des impacts environnementaux, consistant à passer d'une approche sélective (prenant en compte un ou plusieurs impacts dans un projet) à une approche exhaustive (multicritère, multi-étape, multi-acteur dans un projet).
le marché	La stratégie de cette trajectoire repose sur la définition d'arguments marketing en matière d'environnement. Ces arguments peuvent s'appuyer sur des systèmes d'autodéclarations environnementales, de labellisation des produits, ..

Tableau 15. Proposition de modèles de trajectoires d'intégration de l'environnement en conception

Afin d'illustrer ces modèles de trajectoires élémentaires, nous allons explorer quelques exemples d'intégration de l'environnement dans le processus de conception proposés par cinq auteurs.

- Intégration basée sur les outils de Leborgne [LEBORGNE 98]

Grâce aux investigations réalisées dans l'industrie automobile, Leborgne propose une intégration basée sur l'instrumentation de l'acteur environnement à l'aide d'un outil d'évaluation environnementale. Pour Leborgne, l'outil d'évaluation est un vecteur facilitant le changement de statut de la dimension environnementale et favorisant la création des connaissances donc d'une expertise interne. En effet, l'outil donne une première existence à la notion environnementale, mais sa complexité déconnecte l'acteur environnement de

l'équipe de conception. Les expérimentations réalisées par cet auteur chez PSA Peugeot Citroën, montrent la nécessité d'adapter l'outil d'ACV au secteur et à l'entreprise considérée même si cela soulève des questions sur la fiabilité et l'exhaustivité de l'outil. Toutefois, l'auteur constate que cette adaptation de l'outil favorise l'appropriation de la dimension environnementale à intégrer au sein de l'équipe impliquée.

- Intégration basée sur la répartition des tâches environnementales dans l'activité de conception de Millet [MILLET 95] et de Coopens [COOPENS 99]

Les travaux de Millet et Coopens proposent une intégration fondée sur le partage de la problématique environnementale au sein de l'équipe de conception.

Pour Millet l'équipe de conception a besoin d'une démarche lui permettant de maîtriser la performance environnementale du produit. Cet auteur constate par l'expérimentation dans une industrie pharmaceutique, que la démarche d'éco-conception proposée favorise l'implication de l'équipe de conception dès le début du processus de conception ; fournit le support permettant à l'acteur environnement de s'intégrer dans l'équipe de conception et à cette dernière d'intervenir au niveau environnemental dans ses pratiques ; et facilite par ces règles et outils de représentation de capitaliser le savoir-faire environnemental [MILLET 95].

Coppens propose une démarche de type design for recycling dans le cadre d'une expérimentation chez PSA Peugeot Citroën. La démarche déployée composée d'outils (outil d'évaluation environnementale quantitative, base de règles structurées et outil d'évaluation qualitatif) et de la structure organisationnelle associée permet à n'importe quel concepteur de prendre en compte la contrainte de « valorisation » sans demander l'intervention d'une sensibilisation préalable [COOPENS 99].

Les démarches transforment la pratique de l'équipe conception. Elles favorisent l'émergence d'une répartition des interventions au sein de l'équipe conception pour l'intégration de la dimension environnementale dans la conception des produits [MILLET ET AL. 03].

- Intégration fondée sur la création des connaissances de Jacqueson [JACQUESON 02] et de Le Pochat [LE POCHAT 05].

Les investigations sur l'intégration de l'environnement en conception de Jacqueson et Le Pochat reposent sur l'élaboration des supports permettant de transformer l'entreprise en organisation apprenante.

L'outil de pilotage de l'intégration de l'environnement en conception de Jacqueson est fondé sur le lancement d'une série d'actions sur trois dimensions : formalisation, diffusion et valorisation (cf. Figure 21).

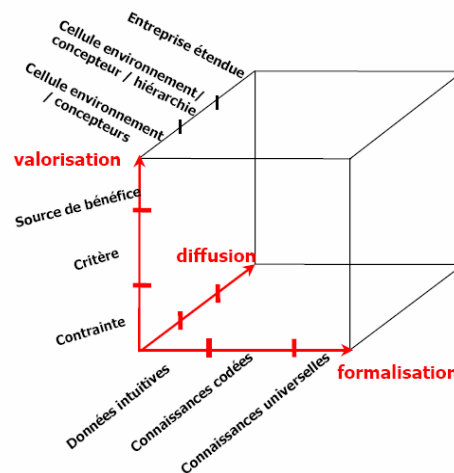


Figure 21. Référentiel d'évaluation des connaissances avec ses dimensions [JACQUESON 02]

- La formalisation permet de réduire progressivement les champs d'ignorance en matière d'environnement (la rédaction de notes internes, d'articles dans la revue interne de l'entreprise, la construction d'un guide de conception pour le recyclage, la définition d'une « check-list environnement » pour le suivi des projets ou bien la création d'une procédure qualité intégrant les contraintes environnementales,...).
- La connaissance environnementale est diffusée à toute l'entreprise (sessions de sensibilisation et de formation, création d'une base de données...).
- Le « statut » de cette connaissance doit être suffisamment *valorisé* pour conduire une modification des pratiques en conception (la présentation d'un produit prototypé ayant bénéficié d'une approche environnementale, la mise en place de projets pilotes ou la participation de l'entreprise à un programme de recherche multipartenaire pour développer un outil commun à l'ensemble des entreprises du secteur d'activité de l'entreprise en question).

Cet outil a été testé dans le cas de l'intégration du recyclage et l'analyse de cycle de vie chez Faurecia [JACQUESON 02].

Le Pochat propose une méthode d'intégration de l'environnement en conception qui permet de conduire un changement organisationnel par des processus de création de connaissances. Cette méthode est fondée sur la transformation des connaissances tacites et explicites par cinq grandes étapes : sensibilisation/formation, analyse typologique

environnementale, pondération stratégique, conception/re-conception, validation et capitalisation [LE POCHAT 05].

Les processus fondés sur l'apprentissage organisationnel visent à transformer la dimension environnementale en critère fondamental pour l'entreprise.

- Intégration de l'environnement en conception fondée sur les systèmes de management

Pour AMMENBERG, l'expérience de l'usage de la roue du PDCA⁸³ sur laquelle s'appuie les normes de management comme les ISO 9001/ ISO 14001 et l'EMAS⁸⁴, facilite l'intégration des activités d'éco-conception dans les organismes [AMMENBERG ET AL. 05]. Pour Sundin, l'approche d'éco-conception intégrée dans le système de management environnemental permet d'intégrer plus pérennément l'éco-conception dans le processus de développement des produits [SUNDIN 02].

10.1.2.7. Indicateurs de performance environnementale en conception

Les résultats de l'enquête ont permis également d'identifier les principaux facteurs permettant de mesurer la performance environnementale en conception des entreprises. Etant donné que le processus de conception environnementale est une approche multicritère, multi-étape et multi-acteur, nous avons pris en compte principalement ces trois paramètres.

Deux des facteurs permettant de mesurer le niveau d'intégration de l'environnement en conception, que nous avons proposés dans l'enquête, ont été retenus par la majorité des experts :

- Nombre de produits éco-conçus ou labellisés (69.4%),
- Existence d'une démarche explicite et systématique d'éco-conception (67.7%).

⁸³ Plan-Do-Check-Act

⁸⁴ Eco-Management and Audit Scheme

Les experts ont proposé une centaine de facteurs permettant de mesurer la performance environnementale en conception. La Figure 22 présente une catégorisation de ces principaux indicateurs.

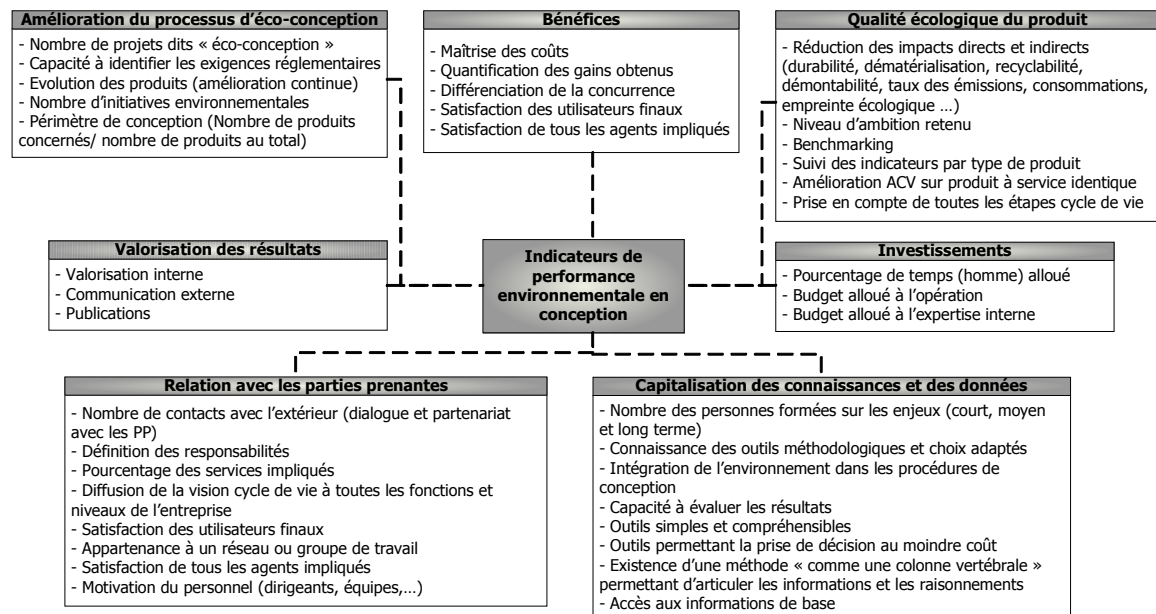


Figure 22. Indicateurs de performance de l'intégration de l'environnement en conception proposés par les experts

10.2. Enquête 2 réalisée auprès des industriels français : construction et formalisation du mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique

Le paragraphe 10.2 présente l'analyse des résultats empiriques issus de notre première enquête quantitative (A3, A7, A9, A10, A11, A12 et A13 de la Figure 17).

10.2.1. Objectif de l'étude

L'enquête menée d'octobre 2006 à fin août 2007 avait pour objectifs d'identifier :

- les stratégies environnementales dans les entreprises,
- les leviers mobilisés dans la mise en œuvre d'une démarche d'éco-conception,
- les obstacles ressentis par les différents acteurs au sein de l'entreprise,
- les besoins des industriels pour une conception plus respectueuse de l'environnement,
- les outils utilisés, les acteurs concernés et la capitalisation des connaissances déployées dans les démarches d'éco-conception.

10.2.2. Méthodologie de l'enquête 2

En nous appuyant sur l'enquête 1, réalisée auprès de 48 experts de l'éco-conception, nous avons élaboré un questionnaire destiné aux entreprises. Le questionnaire a été diffusé à un échantillon d'entreprises françaises, précurseurs dans le domaine de l'éco-conception. Le but était d'étudier un grand nombre et une grande diversité de contextes industriels. En effet, nous souhaitons un panel représentatif d'entreprises de différentes tailles et secteurs d'activités du système industriel français.

10.2.2.1. Construction du questionnaire 2 (Q2)

Les entretiens structurés menés dans trois entreprises (Faurecia, Plastic Omnium et Alcatel) et une fédération des industriels (Fédération des Industriels des Equipement pour Véhicule) ont permis de tester le guide d'entretien et de formaliser le support d'enquête à envoyer par courriel. Les quatre entretiens ont été préparés suivant la démarche proposée par Blanchet et Gotman de façon à adapter le guide d'entretien aux données recherchées et à maîtriser au mieux les paramètres qui influent sur l'entretien (l'écoute, l'environnement,...) [BLANCHET ET AL. 06]. Ces entretiens ont permis d'analyser la cohérence de la formulation des questions en fonction des objectifs de notre démarche, l'usage des résultats et le type de traitement réalisé. Ainsi, grâce à ce retour d'expérience, nous avons construit et formalisé un questionnaire destiné aux entreprises françaises. Le questionnaire était constitué de 38 questions dont la majorité était des questions fermées. Les questions ouvertes visaient à expliciter un avis ou une idée et à rendre visible des écarts entre la pratique objectivée et le rapport subjectif aux pratiques d'éco-conception [DE SINGLY 05].

Le questionnaire était décomposé en trois parties :

- la caractérisation de l'entreprise,
- la stratégie environnementale globale de l'entreprise,
- la stratégie d'éco-conception.

Cette dernière partie était, elle-même, décomposée en six sous-parties :

- L'éco-conception dans l'entreprise,
- La capitalisation des connaissances en éco-conception,
- Les méthodes et outils d'éco-conception,
- Les acteurs de l'éco-conception,
- L'historique de l'éco-conception dans l'entreprise,
- L'éco-conception et le recyclage.

Le questionnaire a été testé par le groupe de recherche regroupant les laboratoires G-Scop INPGrenoble, LISMMA Supméca Toulon et GAEL INRA Université Pierre Mendès France.

Ce groupe est constitué de 2 professeurs d'université, 2 maîtres de conférences et 3 doctorants.

10.2.2.2. Diffusion de l'enquête

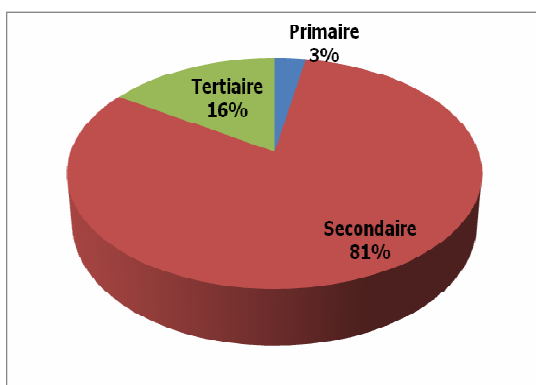
Le questionnaire a été mis en ligne sur Internet : <http://www.enquete-ecoconception.fr>. La diffusion de l'enquête a été réalisée grâce au soutien des experts du domaine. Monsieur Ventère du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable a diffusé le lien à 650 contacts concernés par l'éco-conception. La société Conception Développement Durable Environnement a intégré un article avec le lien Internet dans la revue mensuelle, destiné aux entreprises membres de la Fédération des Industries Electriques, Electroniques et de Communication. La FIEV⁸⁵ a émis un courriel aux membres concernés par les démarches d'éco-conception. Le questionnaire a été également distribué lors du salon Pollutec. Les correspondants du département éco-conception et consommation durable de l'ADEME⁸⁶ tant au niveau national que régional nous ont transmis les coordonnées de certaines entreprises et ils ont également diffusé notre questionnaire par courriel.

10.2.3. Résultats empiriques de l'enquête : liste de paramètres d'intégration de l'environnement en conception

Cette partie présente l'analyse des résultats issus de 69 entreprises de tailles différentes ayant répondu à notre enquête.

10.2.3.1. Caractéristiques générales de l'échantillon

Les 69 entreprises étudiées font partie à 81% du secteur secondaire. (cf. Figure 23)



Le secteur Primaire regroupe les industries liées à l'extraction des ressources et à l'agriculture.

Le secteur Secondaire regroupe la construction et les industries manufacturières

Le secteur Tertiaire regroupe les industries de services.

Figure 23. Les secteurs d'activité des entreprises interviewées

⁸⁵ Fédération des Industriels des Equipement pour Véhicule

⁸⁶ Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Les industries du secteur secondaire sont regroupées sous différentes catégories présentées dans la Figure 24.

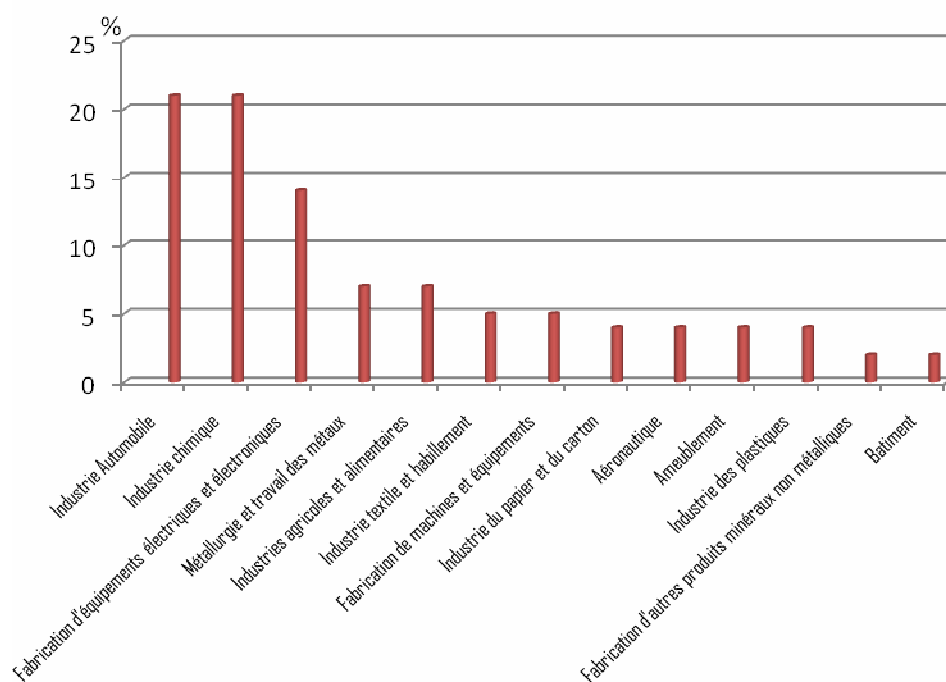


Figure 24. Répartition des industries dans le secteur secondaire

21% des entreprises enquêtées font partie du secteur automobile et 21% du secteur de la chimie. Les principaux produits, machines fabriquées, sont dans les domaines automobile, mécanique, électrique, électronique, chimique, métallurgique, agroalimentaire...

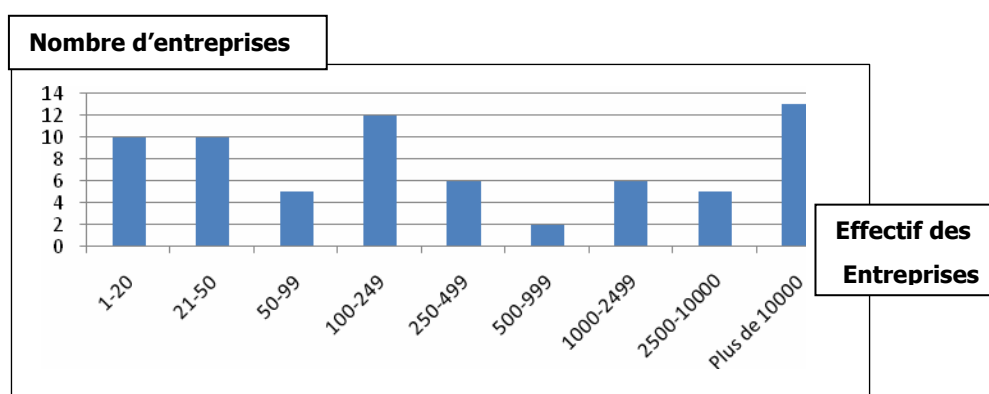


Figure 25. Typologie des entreprises enquêtées

La Figure 25 montre que la taille des entreprises reste très variable (14.5% de 1 à 20 personnes ; 14.5% de 21 à 50 personnes ; 17.4% de 100 à 249 personnes ; 18.8% de plus de 1000 personnes). Notons également les marchés sur lesquels ces entreprises opèrent : essentiellement nationaux (55%) et européen (52%).

La Figure 26 présente la part des entreprises produisant un pourcentage de produits éco-conçus en fonction de la totalité des produits commercialisés.

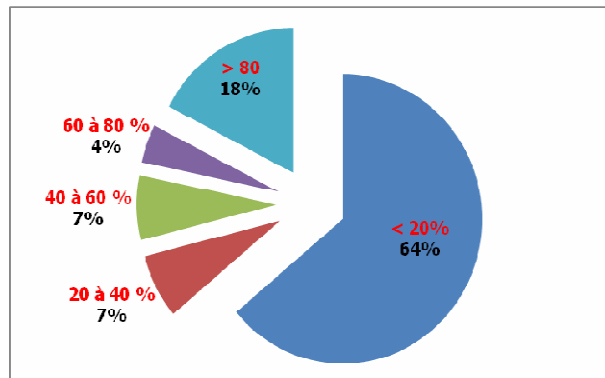


Figure 26. Pourcentage des produits éco-conçus

64% des entreprises interrogées commercialisent moins de 20% de produits éco-conçus et seulement 18% des entreprises commercialisent plus de 80% de produits éco-conçus.

La Figure 27 représente la mise en place du produit éco-conçu. 61% des entreprises sondées ont mis en service leur principal produit éco-conçu entre 2001 et 2006. Il est également remarquable que 10% des entreprises n'ont jamais mis en vente ce type de produit.

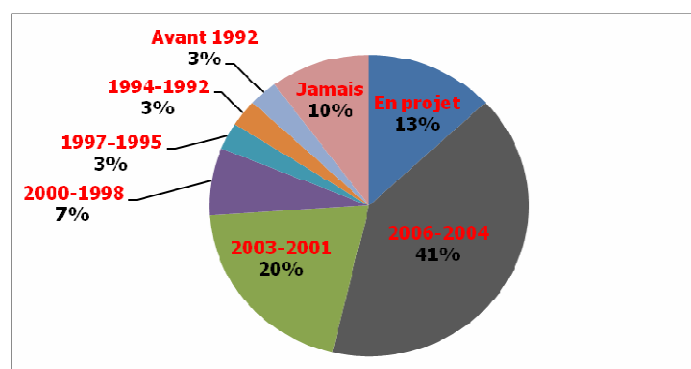


Figure 27. Date de mise en service du produit

Pour 85 % des entreprises c'est le marché qui pousse à se lancer dans une démarche d'éco-conception.

Parmi les entreprises enquêtées seulement 29% bénéficient ou ont bénéficié de financements pour le déploiement de leur démarche d'éco-conception. L'organisme le plus cité est l'ADEME avec des montants allant de 1000 à 19000 €, l'ANVAR⁸⁷ est également cité.

⁸⁷ Agence Nationale de Valorisation de la Recherche

10.2.3.2. Stratégies environnementales globales

62% des entreprises sondées considèrent le sujet environnemental comme « très », voire « extrêmement important », en comparaison des autres objectifs stratégiques. C'est intéressant de noter qu'aucune entreprise ne considère cela comme « pas du tout important ».

- Les initiatives environnementales

Initiatives Environnementales	En projet	2006 2004	2003 2001	2000 1998	1997 1995	1994 1992	Avant 1992	Sans réponse
Mise en place d'une politique environnementale	10	18	13	11	5	2	6	4
Mise en place d'un système de management de la qualité	5	5	8	9	9	13	13	7
Mise en place d'un système de management environnemental	16	16	9	10	7	2	3	6
Formations Environnementales	9	17	11	6	5	4	1	16
Engagement dans des programmes de recherche pour réduire l'impact environnemental	9	25	13	4	3	4	3	8
Programmes d'audits pour surveiller la performance environnementale de l'entreprise	10	15	9	13	4	2	1	15
Communication interne sur l'environnement	1	25	18	7	6	2	2	8
Utilisation de guides environnementaux	5	19	10	5	6	1	2	21
Appel à des consultants en environnement	5	16	9	3	2	4	0	30
Total	70	156	100	68	47	34	31	115

Tableau 16. Initiatives prises par les entreprises entre avant 1992 et 2006

Les initiatives environnementales vont en s'accroissant depuis les années antérieures à 1992 (31) jusqu'aux années 2004/2006 (156). Les initiatives mises en place pendant les années 2004/2006 privilégient les programmes de recherche pour réduire les impacts environnementaux (16.2% par rapport au total des initiatives prises) et la communication interne (16.2%), les autres moyens sont à peu près également utilisés (~10.6%). Seul le système de management de la qualité est moins employé aujourd'hui (3.8%), mais c'est celui qui l'était le plus avant 1997. Dans les années 1998/2000, les initiatives les plus importantes étaient les programmes d'audit (19%).

Nous avons réalisé une analyse croisée des différents types d'initiatives environnementales en fonction de la taille des entreprises et de la date de mise en œuvre :

Avant 1992 :

- 50% ou plus des entreprises de 500 à 999 personnes ont entrepris une action sur le management de la qualité. Elles ont en projet le management environnemental ainsi qu'un programme d'audits.

Entre 2001 et 2003 :

- 50% ou plus des entreprises de 250 à 499 personnes ont mis en place la communication interne et les guides environnementaux.
- 50% ou plus des entreprises de 1000 à 2499 personnes ont mis en place des formations et une communication interne.

Entre 2004 et 2006 :

- 50% ou plus des entreprises de 1 à 10 personnes ont entrepris une action sur la politique environnementale et la réduction des impacts.
- 50% ou plus des entreprises de 100 à 249 personnes ont entrepris une action sur la réduction des impacts et la communication interne.
- 50% ou plus des entreprises de 50 à 99 personnes ont entrepris une action sur la réduction des impacts, la communication interne et l'utilisation des guides environnementaux.
- 50% ou plus des entreprises de 1000 à 2499 personnes ont mis en place un programme d'audits et un système de management environnemental.

Autres remarques :

- 50% ou plus des entreprises de 21 à 50 personnes ont en projet une action sur le management environnemental, mais aucun programme d'audits (ou ne savent pas).
- 50% ou plus des entreprises de 1000 à 2499 personnes ont mis en place une politique environnementale entre 1998 et 2000.

Pour les entreprises de tailles supérieures, nous n'obtenons pas de chiffres significatifs.

Les actions environnementales engagées

Actions environnementales	En projet	2006 2004	2003 2001	2000 1998	1997 1995	1994 1992	Avant 1992	Sans réponse
Gestion des déchets	2	22	12	8	7	4	10	4
Gestion des eaux et des rejets liquides	6	12	11	7	6	3	11	13
Maitrise des consommations d'énergie	15	18	6	7	6	4	7	6
Réduction des nuisances sonores	7	11	5	8	6	4	4	24
Réduction des pollutions des sols et sous-sols	4	9	8	6	5	3	7	27
Réduction des émissions atmosphériques	6	9	11	4	2	4	8	25
Optimisation de la consommation d'énergie pendant la phase d'utilisation	7	12	7	5	3	5	6	24
Amélioration de la recyclabilité du produit	9	23	11	6	3	5	7	5
Optimisation du packaging	9	16	8	7	4	5	5	15
Réduction des matières premières utilisées	3	20	9	4	6	4	7	16
Choix des matériaux à moindre impact	9	18	11	6	5	2	5	13
Total	77	170	99	68	53	43	77	172

Tableau 17. Différentes actions environnementales engagées par les entreprises d'avant 1992 à 2006

Le Tableau 17 montre que les actions environnementales engagées s'accroissent de 1992 (43) à 2006 (170). Elles portent actuellement majoritairement sur : la recyclabilité du

produit, la gestion des déchets, et la réduction des matières premières utilisées et la maîtrise des consommations d'énergie. Le tiers des entreprises enquêtées ne se sent pas très concerné par la pollution des sols, les émissions atmosphériques, les nuisances sonores et la consommation d'énergie pendant la phase d'utilisation.

Les principaux mécanismes d'évaluation de la performance environnementale mis en œuvre pour valider l'efficacité des actions sont :

- les procédures qualité,
- les indicateurs de performance,
- les audits internes.

Nous avons réalisé une analyse croisée des différents types d'actions environnementales en fonction de la taille des entreprises et la date de mise en œuvre.

Entre 2004 et 2006 :

- 50% ou plus des entreprises de 1 à 10 personnes ont entrepris une action sur la gestion des déchets, la maîtrise de la consommation d'énergie, la recyclabilité et le choix des matériaux à moindre impact.
- 50% ou plus des entreprises de 21 à 50 personnes ont agi sur la recyclabilité, mais aucune sur le bruit, les sols, l'air et l'énergie, (ou ne savent pas).
- 50% ou plus des entreprises de 50 à 99 personnes ont agi sur la réduction des matières premières, le packaging, et la recyclabilité et ont en projet la maîtrise énergétique.
- 50% ou plus des entreprises de 500 à 999 personnes s'intéressent à la recyclabilité, mais pas au bruit, sols, air, eau (ou ne savent pas).

Pour les entreprises de tailles supérieures, nous n'obtenons pas de chiffres significatifs.

- Systemes de management

La Figure 28 indique que 57% des entreprises enquêtées jugent comme « très », voire « extrêmement important », la mise en place de systèmes de management (qualité, environnement, sécurité) pour le déclenchement de la démarche d'éco-conception.

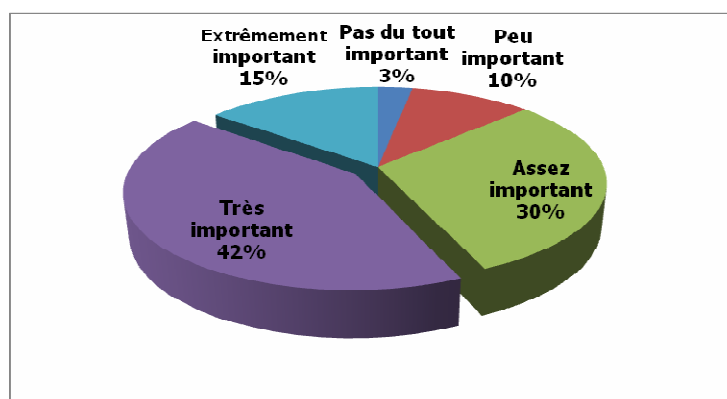


Figure 28. Importance des systèmes de management dans la démarche d'éco-conception

10.2.3.3. Stratégie d'éco-conception

Le pourcentage d'entreprises enquêtées considérant les critères environnementaux comme des objectifs de conception pendant le processus de développement du produit s'élève à 85.5%.

- Motivations

L'analyse de l'enquête nous a permis d'identifier sept motivations qui sont « très » ou « extrêmement » importantes (cf. Tableau 18).

<i>Motivations</i>	Pas du tout important	Peu important	Assez important	Très important	Extrêmement important
Le respect de la réglementation	1,45%	10,14%	11,59%	40,58%	36,23%
L'implication des dirigeants	1,45%	4,35%	27,54%	42,03%	24,64%
La politique de l'entreprise	2,90%	5,80%	24,64%	47,83%	18,84%
La maîtrise des coûts	0,00%	17,39%	28,99%	37,68%	15,94%
L'image de marque et le marché	1,45%	2,90%	24,64%	39,13%	31,88%
Partenaires économiques	4,35%	27,54%	31,88%	26,09%	10,14%
Les groupes de pression	18,84%	36,23%	28,99%	10,14%	5,80%
Les aides publiques	21,74%	40,58%	23,19%	10,14%	4,35%
Les consommateurs/ Les clients	5,80%	8,70%	26,09%	28,99%	30,43%
L'initiative du secteur industriel	8,70%	28,99%	42,03%	13,04%	7,25%
La responsabilité environnementale	0,00%	10,14%	21,74%	39,13%	28,99%

Tableau 18. Principales motivations pour la prise en compte de l'environnement en conception perçues par les entreprises

Le Tableau 19 illustre que les experts connaissent bien les principales motivations des entreprises. Néanmoins, pour les entreprises, les groupes de pression semblent être un des facteurs les moins importants. A contrario, la demande des clients et les responsabilités environnementales sont importantes.

<i>Motivations perçues par les experts</i>	<i>Motivations perçues par les entreprises</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Le respect de la réglementation - L'engagement du dirigeant de l'entreprise - La politique du groupe - La maîtrise des coûts - L'image de marque et le marché - Les groupes de pression - L'initiative du secteur industriel 	<ul style="list-style-type: none"> - Le respect de la réglementation, - L'implication des dirigeants, - La politique de l'entreprise, - La maîtrise des coûts, - L'image de marque et le marché, - Les consommateurs / Les clients, - La responsabilité environnementale,

Tableau 19. Comparaison de la perception des motivations par les experts et les entreprises

Comme une des motivations pour les entreprises est le respect de la réglementation, nous avons voulu connaître les effets de la législation sur les activités des entreprises.

Quels sont les effets de la législation	Négatifs	Aucun	Positifs	Très positifs
Au niveau du développement de produits nouveaux	10%	25%	49%	13%
Au niveau global de l'entreprise	10%	21%	53%	13%
Au niveau coût de production	39%	33%	16%	6%
Au niveau des nouveaux marchés	6%	32%	41%	20%
Total	44	74	107	35

Tableau 20. Effets de la législation sur les activités de l'entreprise

Le Tableau 20 montre que les effets de la législation sont positifs au niveau global de l'entreprise, du développement des produits nouveaux et des nouveaux marchés, mais plutôt négatifs (39%) pour le niveau du coût de la production.

- Les leviers à mobiliser

Dans un premier temps, une analyse des leviers a été réalisée en donnant une cotation de 1 à 5 à l'échelle d'importance. Les résultats issus de cette analyse n'étaient pas déterminants car tous les leviers étaient supérieurs à la moyenne. De ce fait, le calcul de pourcentages a permis d'identifier six leviers qui semblent être les plus importants à déclencher dans le déploiement d'un processus d'éco-conception (cf. Tableau 21).

Leviers	Pas du tout important	Peu important	Assez important	Très important	Extrêmement important
L'établissement d'une politique d'éco-conception	15,94%	26,09%	24,64%	24,64%	8,70%
L'engagement de la direction	4,35%	7,25%	23,19%	47,83%	17,39%
L'expérience des systèmes de management Qualité, Environnement et /ou Sécurité	7,25%	20,29%	37,68%	27,54%	7,25%
La nomination d'un responsable Environnement-Produit	20,29%	20,29%	26,09%	21,74%	11,59%
La définition des responsabilités environnementales des acteurs	13,04%	24,64%	33,33%	26,09%	2,90%
La communication interne	13,04%	30,43%	33,33%	18,84%	4,35%
L'implication du personnel	7,25%	15,94%	40,58%	24,64%	11,59%
Les relations avec les parties prenantes	10,14%	15,94%	27,54%	34,78%	11,59%
La communication externe	0,00%	14,49%	33,33%	40,58%	11,59%
La mise en œuvre d'une coopération inter-fonctions dans l'entreprise	7,25%	21,74%	33,33%	27,54%	10,14%
L'utilisation, la maîtrise, la mise à jour des documents	8,70%	21,74%	33,33%	28,99%	7,25%
L'utilisation d'outils d'Eco-Conception (ACV, check-lists,...)	15,94%	26,09%	28,99%	18,84%	10,14%
La formation du personnel	8,70%	14,49%	24,64%	43,48%	8,70%
L'implication de l'équipe conception	10,14%	7,25%	24,64%	42,03%	15,94%
L'orientation du marché vers des produits plus respectueux	4,35%	10,14%	28,99%	31,88%	24,64%
La différenciation avec la concurrence	7,25%	11,59%	24,64%	26,09%	30,43%

Tableau 21. Leviers d'intégration de l'éco-conception – Enquête (Q2) auprès des industriels

L'établissement d'une politique d'éco-conception, la nomination d'un responsable Environnement-Produit, et l'utilisation d'outils d'éco-conception (ACV, check-lists, ...) semblent être des leviers moins significatifs.

D'autres leviers ont été mobilisés par les entreprises, comme la mise en place de contrats multi opérations permettant d'associer durable/recyclable/rentable/ergonomique, et divers contrats avec l'Europe, le WWF...

Concernant la mise en place d'un système de management comme levier d'intégration nous constatons qu'il devient moins important en fonction des autres leviers. La Figure 28 présentée auparavant montrait que la majorité des entreprises considère les systèmes de management comme essentiels pour le déclenchement de la démarche d'éco-conception.

Nous avons analysé l'importance des différents types de leviers en fonction de la taille des entreprises que nous avons classés en Priorité I (Extrêmement important et très important) et Priorité II (Très important ou assez important).

Dans la **Priorité I** nous avons identifié deux catégories d'entreprises.

Pour 50% ou plus des entreprises de 1 à 10 personnes :

L'orientation du marché vers des produits plus respectueux, la différenciation avec la concurrence et dans une moindre mesure les relations avec les parties prenantes sont priorisées.

Pour 50% ou plus des entreprises de 250 à 499 personnes :

- L'implication de l'équipe de conception, la communication externe, la nomination d'un responsable environnement et les relations avec les parties prenantes sont priorisées.
- La politique d'éco-conception, l'engagement de la direction, l'exploitation des systèmes de management QSE, la définition des responsabilités des acteurs et la formation sont jugés peu importants.

Dans la **Priorité II** nous avons identifié sept catégories d'entreprises.

Pour 50% ou plus des entreprises de 21 à 50 personnes :

- L'orientation du marché vers des produits plus respectueux, la différenciation avec la concurrence, l'équipe de conception, la communication externe, la formation, l'exploitation des systèmes de management QSE, les relations avec les parties prenantes sont priorisées.
- La définition des responsabilités environnementales des acteurs et la nomination d'un responsable sont jugées comme des actions peu importantes.

Pour 50% ou plus des entreprises de 50 à 99 personnes :

- La différenciation avec la concurrence, les relations avec les parties prenantes, l'orientation du marché vers des produits plus respectueux, la coopération inter fonctions, la communication externe, l'implication de l'ensemble du personnel, la formation et la définition des responsabilités des acteurs sont priorisées.

Pour 50% ou plus des entreprises de 100 à 249 personnes :

- L'implication de l'équipe de conception et la définition des responsabilités des acteurs sont priorisées.
- La communication interne et la politique d'éco-conception sont jugées peu importantes.

Pour 50% ou plus des entreprises de 500 à 999 personnes :

- La différenciation avec la concurrence, l'orientation du marché, l'implication de l'équipe de conception, la formation, la maîtrise des normes et guides, la communication externe, les relations avec les parties prenantes, l'implication du personnel, la politique, l'exploitation des systèmes de management QSE, la nomination d'un responsable environnement, la définition des responsabilités des acteurs sont priorisées.
- L'utilisation d'outils d'éco-conception est jugée peu importante.

Pour 50% ou plus des entreprises de 1000 à 2499 personnes :

- L'exploitation des systèmes de management QSE, la différenciation avec la concurrence, la communication externe, l'engagement de la direction et l'orientation du marché sont priorisées.
- La politique, la nomination d'un responsable environnement, la définition des responsabilités des acteurs, la communication interne, la coopération inter fonctions, les relations avec les parties prenantes sont jugées comme peu importantes.

50% ou plus des entreprises de 2500 à 10000 personnes :

- La différenciation avec la concurrence, l'implication de l'équipe de conception, la formation, la politique d'éco-conception, la nomination d'un responsable environnement, la définition des responsabilités, la communication interne, l'implication du personnel, les relations avec les parties prenantes, la communication externe, la coopération inter fonctions, l'utilisation d'outils d'éco-conception, l'orientation du marché sont priorisées.

50% ou plus des entreprises de plus de 10000 personnes :

- La politique d'éco-conception, la nomination d'un responsable environnement, la définition des responsabilités, la communication interne, l'implication du personnel, la communication externe, l'orientation du marché, l'utilisation d'outils d'éco-conception sont priorisées.
- L'exploitation des systèmes de management QSE est jugée comme peu importante.

L'enquête nous a permis de tracer les actions menées dans les entreprises dans le temps. Dans cette analyse, nous excluons les résultats du secteur primaire car l'échantillon de cette

catégorie n'est pas représentatif (2 entreprises du secteur primaire ont répondu à cette enquête).

Le Tableau 22 montre que certaines entreprises de **l'industrie automobile** ont mobilisé des leviers avant 1992. Cette mobilisation est assez homogène par rapport aux différents leviers, mais reste faible.

Entreprises de l'automobile du secteur secondaire	En projet	2006 2004	2003 2001	2000 1998	1997 1995	1994 1992	Avant 1992	Sans réponse
Etablir une politique d'éco-conception	25%	8%	8%	0%	0%	8%	0%	50%
Afficher un soutien des dirigeants	17%	8%	8%	17%	0%	8%	8%	33%
Exploiter les systèmes de management QSE	0%	25%	8%	8%	8%	17%	8%	25%
Nommer un responsable environnement/produit	8%	17%	33%	17%	0%	8%	0%	17%
Définir les responsabilités environnementales des acteurs	17%	0%	33%	8%	8%	8%	0%	25%
Mettre en place un système d'information interne	8%	17%	17%	17%	8%	8%	8%	17%
Impliquer l'ensemble du personnel	8%	0%	8%	25%	8%	8%	8%	33%
Prendre en compte les parties prenantes	0%	17%	25%	0%	0%	8%	8%	42%
Communiquer vers l'extérieur	8%	25%	8%	17%	0%	8%	8%	25%
Mettre en œuvre une coopération inter-fonctions	17%	8%	17%	8%	8%	8%	8%	25%
Utiliser et mettre à jour les principes, normes, guides	17%	8%	25%	17%	8%	8%	8%	8%
Utiliser les outils d'éco-conception	25%	8%	17%	0%	8%	8%	8%	25%
Former, sensibiliser le personnel	8%	17%	17%	17%	8%	8%	8%	17%
Impliquer l'équipe conception	0%	25%	25%	17%	0%	8%	0%	25%
Etablir une stratégie de différenciation avec la concurrence	8%	8%	17%	17%	0%	8%	0%	42%
Total	20	23	32	22	8	16	10	48

Tableau 22. Leviers mobilisés par les entreprises du secteur automobile

Les entreprises de **l'industrie de la chimie** ont utilisé les systèmes de management QSE dès 1992, mais l'ensemble des leviers ont été mis en œuvre principalement en 2004/2006 avec une priorité sur la communication externe, la coopération inter fonctions et la différenciation avec la concurrence (cf. Tableau 23).

Entreprises de l'industrie de la chimie du secteur secondaire	En projet	2006 2004	2003 2001	2000 1998	1997 1995	1994 1992	Avant 1992	Sans réponse
Etablir une politique d'éco-conception	25%	17%	17%	0%	8%	0%	8%	25%
Afficher un soutien des dirigeants	8%	25%	33%	0%	0%	0%	8%	25%
Exploiter les systèmes de management QSE	0%	42%	8%	8%	0%	25%	8%	8%
Nommer un responsable environnement/produit	17%	42%	0%	0%	0%	8%	0%	33%
Définir les responsabilités environnementales des acteurs	8%	42%	0%	0%	0%	17%	0%	33%
Mettre en place un système d'information interne	17%	25%	17%	8%	17%	0%	0%	17%
Impliquer l'ensemble du personnel	17%	42%	17%	8%	8%	0%	0%	8%
Prendre en compte les parties prenantes	0%	42%	17%	8%	17%	0%	0%	17%
Communiquer vers l'extérieur	17%	58%	0%	8%	0%	0%	0%	17%
Mettre en œuvre une coopération inter-fonctions	0%	50%	25%	0%	17%	0%	0%	8%
Utiliser et mettre à jour les principes, normes, guides	0%	33%	33%	0%	8%	0%	0%	25%
Utiliser les outils d'éco-conception	8%	33%	25%	0%	8%	0%	0%	25%
Former, sensibiliser le personnel	25%	33%	17%	0%	8%	0%	0%	17%
Impliquer l'équipe conception	8%	33%	17%	8%	0%	0%	8%	25%
Etablir une stratégie de différenciation avec la concurrence	0%	50%	33%	0%	0%	0%	8%	8%
Total	18	68	31	6	11	6	5	35

Tableau 23. Leviers mobilisés par les entreprises du secteur de la chimie

Le Tableau 24 représente les entreprises **d'électricité/électronique** qui ont commencé à mobiliser une majorité de leviers dès 1992 et de façon plus significative dès 1998. Le levier le plus utilisé aujourd'hui est la communication externe.

Entreprises d'électricité/ électronique du secteur secondaire	En projet	2006 2004	2003 2001	2000 1998	1997 1995	1994 1992	Avant 1992	Sans réponse
Etablir une politique d'éco-conception	13%	13%	25%	25%	13%	13%	0%	0%
Afficher un soutien des dirigeants	13%	25%	25%	25%	0%	13%	0%	0%
Exploiter les systèmes de management QSE	0%	38%	25%	13%	0%	13%	0%	13%
Nommer un responsable environnement/produit	0%	13%	25%	13%	13%	0%	0%	38%
Définir les responsabilités environnementales des acteurs	38%	0%	25%	13%	13%	0%	0%	13%
Mettre en place un système d'information interne	13%	0%	25%	13%	13%	0%	0%	38%
Impliquer l'ensemble du personnel	13%	38%	25%	13%	0%	0%	0%	13%
Prendre en compte les parties prenantes	13%	25%	13%	13%	0%	13%	0%	25%
Communiquer vers l'extérieur	0%	63%	25%	13%	0%	0%	0%	0%
Mettre en œuvre une coopération inter-fonctions	13%	13%	25%	25%	0%	13%	0%	13%
Utiliser et mettre à jour les principes, normes, guides	0%	13%	25%	38%	0%	13%	0%	13%
Utiliser les outils d'éco-conception	0%	38%	13%	38%	0%	13%	0%	0%
Former, sensibiliser le personnel	0%	50%	13%	13%	0%	13%	0%	13%
Impliquer l'équipe conception	0%	25%	25%	25%	0%	13%	0%	13%
Etablir une stratégie de différenciation avec la concurrence	0%	25%	13%	50%	0%	0%	0%	13%
Total	9	30	26	26	4	9	0	17

Tableau 24. Leviers mobilisés par les entreprises du secteur électrique électronique

Les dates des actions déployées dans le secteur **agro alimentaire** sont présentées dans le Tableau 25.

Entreprises agro alimentaires du secteur secondaire	En projet	2006 2004	2003 2001	2000 1998	1997 1995	1994 1992	Avant 1992	Sans réponse
Etablir une politique d'éco-conception	25%	50%	25%	0%	0%	0%	0%	0%
Afficher un soutien des dirigeants	25%	25%	50%	0%	0%	0%	0%	0%
Exploiter les systèmes de management QSE	0%	25%	25%	25%	25%	0%	0%	0%
Nommer un responsable environnement/produit	0%	25%	25%	0%	0%	0%	0%	50%
Définir les responsabilités environnementales des acteurs	0%	25%	75%	0%	0%	0%	0%	0%
Mettre en place un système d'information interne	25%	0%	25%	0%	0%	0%	0%	50%
Impliquer l'ensemble du personnel	25%	25%	25%	0%	0%	0%	0%	25%
Prendre en compte les parties prenantes	25%	0%	25%	0%	0%	0%	0%	50%
Communiquer vers l'extérieur	25%	0%	50%	0%	0%	0%	0%	25%
Mettre en œuvre une coopération inter-fonctions	25%	0%	50%	0%	0%	0%	0%	25%
Utiliser et mettre à jour les principes, normes, guides	25%	25%	50%	0%	0%	0%	0%	0%
Utiliser les outils d'éco-conception	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	50%
Former, sensibiliser le personnel	25%	50%	25%	0%	0%	0%	0%	0%
Impliquer l'équipe conception	25%	50%	25%	0%	0%	0%	0%	0%
Etablir une stratégie de différenciation avec la concurrence	50%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	25%
Total	12	15	19	1	1	0	0	12

Tableau 25. Leviers mobilisés par les entreprises du secteur agro alimentaire

Les entreprises agro alimentaires ont utilisé les systèmes de management QSE dès 1995, mais la quantité de leviers utilisés est plus importante en 2001/2003. Les leviers majeurs aujourd'hui sont :

- la définition des responsabilités,
- la politique d'éco-conception,
- le soutien des dirigeants,
- la sensibilisation du personnel,
- l'implication de l'équipe conception.

Le Tableau 26 montre que les entreprises de la **métallurgie** ont utilisé les systèmes de management QSE et le soutien des dirigeants dès 1998.

Entreprises métallurgiques du secteur secondaire	En projet	2006 2004	2003 2001	2000 1998	1997 1995	1994 1992	Avant 1992	Sans réponse
Etablir une politique d'éco-conception	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%
Afficher un soutien des dirigeants	0%	0%	25%	25%	0%	0%	0%	50%
Exploiter les systèmes de management QSE	0%	25%	25%	25%	0%	0%	0%	25%
Nommer un responsable environnement/produit	25%	25%	25%	0%	0%	0%	0%	25%
Définir les responsabilités environnementales des acteurs	25%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	25%
Mettre en place un système d'information interne	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	50%
Impliquer l'ensemble du personnel	25%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	50%
Prendre en compte les parties prenantes	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	50%
Communiquer vers l'extérieur	0%	25%	25%	0%	0%	0%	0%	50%
Mettre en œuvre une coopération inter-fonctions	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	50%
Utiliser et mettre à jour les principes, normes, guides	50%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	25%
Utiliser les outils d'éco-conception	50%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	25%
Former, sensibiliser le personnel	25%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	25%
Impliquer l'équipe conception	25%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	25%
Etablir une stratégie de différenciation avec la concurrence	0%	25%	25%	0%	0%	0%	0%	50%
Total	11	19	5	2	0	0	0	23

Tableau 26. Leviers mobilisés par les entreprises du secteur métallurgie

Les leviers les plus importants aujourd'hui sont d'après l'enquête :

- la définition des responsabilités environnementales,
- l'utilisation des normes, des outils,
- la sensibilisation du personnel,
- l'implication de l'équipe conception.

Toutefois le nombre important de sans réponse montre que l'utilisation de ces leviers n'est pas encore prioritaire dans le secteur de la métallurgie.

Certaines « **autres industries** » du secteur secondaire ont mobilisé l'ensemble des leviers dès 1992 et, de façon progressive jusqu'en 2004, l'on atteint des chiffres beaucoup plus significatifs (cf. Tableau 27).

Autres industries du secteur secondaire	En projet	2006 2004	2003 2001	2000 1998	1997 1995	1994 1992	Avant 1992	Sans réponse
Etablir une politique d'éco-conception	31%	25%	6%	6%	13%	0%	0%	19%
Afficher un soutien des dirigeants	0%	50%	13%	13%	6%	6%	0%	13%
Exploiter les systèmes de management QSE	0%	56%	13%	6%	13%	6%	0%	6%
Nommer un responsable environnement/produit	25%	25%	0%	13%	6%	0%	0%	31%
Définir les responsabilités environnementales des acteurs	19%	19%	6%	6%	13%	0%	6%	31%
Mettre en place un système d'information interne	13%	25%	6%	6%	13%	6%	0%	31%
Impliquer l'ensemble du personnel	19%	31%	13%	0%	6%	6%	0%	25%
Prendre en compte les parties prenantes	6%	31%	13%	13%	6%	6%	0%	25%
Communiquer vers l'extérieur	19%	31%	0%	19%	13%	6%	0%	13%
Mettre en œuvre une coopération inter-fonctions	13%	31%	6%	13%	0%	6%	0%	31%
Utiliser et mettre à jour les principes, normes, guides	6%	31%	19%	6%	13%	6%	0%	19%
Utiliser les outils d'éco-conception	25%	25%	6%	13%	0%	0%	0%	31%
Former, sensibiliser le personnel	19%	38%	13%	6%	6%	6%	0%	13%
Impliquer l'équipe conception	25%	31%	13%	13%	0%	6%	0%	13%
Etablir une stratégie de différenciation avec la concurrence	19%	25%	6%	19%	0%	6%	0%	25%
Total	38	76	21	24	17	11	1	52

Tableau 27. Leviers mobilisés par les entreprises d'autres secteurs du secondaire

Les leviers les plus importants aujourd'hui sont :

- Le management QSE,
- le soutien des dirigeants,
- la communication externe,
- la sensibilisation du personnel,
- l'implication de l'équipe conception.

Le Tableau 28 montre les principaux leviers mobilisés depuis les années 90 par les entreprises du **secteur secondaire**. Nous constatons qu'une petite partie des entreprises a commencé à conduire des actions favorisant la démarche d'éco-conception. La plupart des entreprises du secteur secondaire a entamé les actions à partir de 2001. Nous constatons que les principales actions ont été lancées entre 2004 et nos jours.

Entreprises du secteur secondaire	En projet	2006 2004	2003 2001	2000 1998	1997 1995	1994 1992	Avant 1992	Sans réponse
Etablir une politique d'éco-conception	27%	18%	13%	5%	7%	4%	2%	25%
Afficher un soutien des dirigeants	9%	27%	21%	13%	2%	5%	4%	20%
Exploiter les systèmes de management QSE	0%	39%	14%	11%	7%	13%	4%	13%
Nommer un responsable environnement/produit	14%	25%	14%	9%	4%	4%	0%	30%
Définir les responsabilités environnementales des acteurs	18%	20%	18%	5%	7%	5%	2%	25%
Mettre en place un système d'information interne	13%	20%	14%	9%	11%	4%	2%	29%
Impliquer l'ensemble du personnel	16%	27%	14%	9%	5%	4%	2%	23%
Prendre en compte les parties prenantes	5%	29%	16%	7%	5%	5%	2%	30%
Communiquer vers l'extérieur	13%	38%	11%	13%	4%	4%	2%	18%
Mettre en œuvre une coopération inter-fonctions	11%	27%	18%	9%	5%	5%	2%	23%
Utiliser et mettre à jour les principes, normes, guides	11%	23%	25%	11%	7%	5%	2%	16%
Utiliser les outils d'éco-conception	18%	27%	13%	9%	4%	4%	2%	25%
Former, sensibiliser le personnel	16%	36%	14%	7%	5%	5%	2%	14%
Impliquer l'équipe conception	13%	32%	18%	13%	0%	5%	2%	18%
Etablir une stratégie de différenciation avec la concurrence	11%	27%	16%	16%	0%	4%	2%	25%
Total	108	231	134	81	41	42	16	187

Tableau 28. Leviers mobilisés par les entreprises du secteur secondaire tous confondus

Nous avons réalisé l'analyse du **secteur tertiaire** représenté dans le Tableau 29.

Entreprises du secteur tertiaire	En projet	2006 2004	2003 2001	2000 1998	1997 1995	1994 1992	Avant 1992	Sans réponse
Etablir une politique d'éco-conception	27%	27%	0%	18%	0%	9%	9%	9%
Afficher un soutien des dirigeants	0%	27%	27%	9%	0%	0%	9%	27%
Exploiter les systèmes de management QSE	0%	27%	18%	9%	0%	0%	9%	36%
Nommer un responsable environnement/produit	0%	27%	9%	9%	0%	0%	9%	45%
Définir les responsabilités environnementales des acteurs	9%	45%	9%	9%	0%	0%	9%	18%
Mettre en place un système d'information interne	0%	64%	9%	9%	0%	0%	9%	9%
Impliquer l'ensemble du personnel	0%	64%	9%	9%	0%	0%	9%	9%
Prendre en compte les parties prenantes	0%	45%	18%	0%	0%	0%	9%	27%
Communiquer vers l'extérieur	0%	64%	18%	9%	0%	0%	0%	9%
Mettre en œuvre une coopération inter-fonctions	0%	45%	18%	0%	0%	0%	9%	27%
Utiliser et mettre à jour les principes, normes, guides	0%	55%	18%	9%	0%	0%	0%	18%
Utiliser les outils d'éco-conception	9%	45%	9%	0%	0%	0%	0%	36%
Former, sensibiliser le personnel	9%	45%	9%	0%	0%	0%	9%	27%
Impliquer l'équipe conception	0%	36%	9%	9%	0%	0%	9%	36%
Etablir une stratégie de différenciation avec la concurrence	0%	45%	9%	0%	0%	9%	9%	27%
Total	6	73	21	11	0	2	12	40

Tableau 29. Leviers mobilisés par les entreprises du secteur tertiaire toutes entreprises confondues

Certaines industries du secteur tertiaire ont mobilisé l'ensemble des leviers dès 1992 mais ces leviers sont mis en œuvre majoritairement en 2004/2006 avec une priorité sur :

- la communication externe,
- la communication interne,
- l'implication du personnel,
- l'utilisation des normes.

En résumé, La mobilisation de leviers s'est faite tout d'abord (avant 1992) pour les entreprises du tertiaire et de l'automobile. De façon générale, c'est le système de management QSE qui est mis en place le plus tôt. Les actions se font plus massivement en 2004/2006. Le levier le plus utilisé aujourd'hui est la communication externe (en dehors de la métallurgie et de l'agro alimentaire). La métallurgie et l'automobile sont les deux industries utilisant le moins l'ensemble de ces leviers.

- Les obstacles à contourner

Les difficultés	Pas du tout important	Peu important	Assez important	Très important	Extrêmement important
Manque d'information	10,14%	23,19%	36,23%	27,54%	2,90%
Conflits au sein de l'équipe conception	44,93%	33,33%	13,04%	5,80%	2,90%
Manque d'attribution de responsabilités environnementales	21,74%	33,33%	24,64%	20,29%	0,00%
Soutien économique faible	14,49%	26,09%	24,64%	30,43%	4,35%
Manque de connaissances méthodologiques	13,04%	34,78%	28,99%	20,29%	2,90%
Manque d'expérience sur l'environnement	13,04%	43,48%	23,19%	17,39%	2,90%
Absence de méthodes et d'outils environnementaux adaptés	11,59%	34,78%	26,09%	18,84%	8,70%
Complexité d'utilisation / coûts d'acquisition des outils	13,04%	36,23%	28,99%	14,49%	7,25%
Manque de soutien des dirigeants	33,33%	31,88%	15,94%	10,14%	8,70%
Résistance au changement	20,29%	27,54%	28,99%	20,29%	2,90%
Manque d'expert interne	18,84%	40,58%	20,29%	14,49%	5,80%
Manque d'expert externe	21,74%	42,03%	21,74%	10,14%	4,35%
Difficulté technique	10,14%	34,78%	36,23%	13,04%	5,80%
Difficulté de satisfaire les exigences environnementales aux coûts ciblés	10,14%	20,29%	31,88%	21,74%	15,94%
Manque de temps	13,04%	15,94%	37,68%	24,64%	8,70%
Manque de retour d'expérience des autres entreprises	13,04%	17,39%	34,78%	31,88%	2,90%
Manque d'information sur les bénéfices de la démarche	18,84%	13,04%	33,33%	26,09%	8,70%
Manque d'exigences explicites du client	11,59%	17,39%	23,19%	36,23%	11,59%
Absence de clarté des normes/référentiels	14,49%	34,78%	26,09%	18,84%	5,80%
Conflits interservices	43,48%	33,33%	15,94%	2,90%	4,35%
Manque de fermeté dans le respect des objectifs	24,64%	37,68%	21,74%	14,49%	1,45%

Tableau 30. Obstacles à contourner – Enquête (Q2) auprès des industriels

Le Tableau 30 montre que les principaux obstacles ressentis en entreprise sont :

- Le manque de communication (manque d'information, de retour d'expérience, d'exigences explicites du client),
- les coûts,
- le manque de temps.

Paradoxalement, le manque d'experts ne semble avoir que peu d'importance.

Obstacles perçus par les experts	Obstacles perçus par les entreprises
<ul style="list-style-type: none"> - Le manque d'attribution de responsabilités, - le manque de connaissance au niveau méthodologique, - le manque de soutien des dirigeants, - la résistance au changement. 	<ul style="list-style-type: none"> -Le manque d'information, - le manque de retour d'expérience, - Le manque d'exigences explicites du client, -les coûts, -le manque de temps.

Tableau 31. Comparaison de la perception des obstacles importants à contourner par les experts et les entreprises

Nous constatons sur le Tableau 31 que les experts enquêtés ne discernent pas vraiment les principaux obstacles dans le système industriel.

- La capitalisation des connaissances en éco-conception

Les services au sein des entreprises, les plus impliqués dans la démarche sont la R&D, la Qualité, les Achats, l'Environnement, les Etudes, la Production, le Marketing et Vente comme le montre le Tableau 32.

Fonction participant à l'Eco-Conception	Pourcentage
Recherche et développement	73,9%
Qualité	60,9%
Achat	60,9%
Environnement	59,4%
Etudes	53,6%
Production	53,6%
Marketing et ventes	53,6%
Direction	42,0%
Responsable matériaux	36,2%
Communication	27,5%
Méthodes	21,7%
Prestataires	20,3%
Juridique	8,7%
Ergonomie	5,8%
Autre	5,8%
Comptabilité et finances	4,3%
Ressources humaines	2,9%

La somme des pourcentages est différente de 100 du fait des réponses multiples et des suppressions

Tableau 32. Fonctions des entreprises participant à la démarche d'éco-conception

Le Tableau 33 illustre les relations entre les différents services et le responsable environnement dans le déploiement de la démarche d'éco-conception.

Relation service/ responsable de l'environnement	Pas du tout important	Peu important	Assez important	Très important	Extrêmement important
Etudes	3%	7%	22%	26%	42%
R&D	6%	3%	20%	30%	41%
Production	6%	12%	30%	26%	26%
Qualité	1%	14%	35%	32%	17%
Achat	7%	4%	32%	30%	26%
Marketing et ventes	6%	13%	25%	32%	25%
Ressources humaines	30%	41%	17%	7%	4%
Comptabilité et finances	33%	41%	17%	6%	3%
Service juridique	25%	28%	29%	10%	9%

Tableau 33. Importance de la coordination entre les différents services et le responsable environnement

En dehors des services Juridique, RH, et Comptabilité, tous les autres services considèrent la relation avec le responsable de l'environnement comme importante.

Le Tableau 34 nous permet de tracer les dates d'implication de chacune des fonctions dans la démarche d'éco-conception.

Services ayant commencé à participer à l'éco-conception	En projet	2006 2004	2003 2001	2000 1998	1997 1995	1994 1992	Avant 1992	Sans réponse
Etudes/Conception	6%	36%	14%	13%	3%	6%	7%	14%
Recherche et développement	4%	29%	19%	12%	1%	7%	7%	20%
Production et Méthodes	9%	38%	10%	4%	0%	4%	9%	26%
Qualité	3%	36%	16%	10%	3%	4%	6%	22%
Achats	3%	45%	9%	7%	0%	4%	6%	26%
Marketing et ventes	7%	36%	14%	6%	1%	6%	4%	25%
Ressources humaines	10%	14%	1%	1%	0%	3%	6%	64%
Comptabilité et finances	7%	13%	4%	3%	0%	3%	4%	65%
Service juridique	7%	20%	3%	3%	3%	3%	3%	58%
Total des services ayant commencé à participer à l'éco-conception	39	185	63	41	8	28	36	221

Tableau 34. Date d'intégration de l'implication des différents services dans la démarche d'éco-conception

Les services R&D, Etudes/Conception et Qualité ont intégré la démarche un peu plus tôt que les autres services, mais en 2004/2006, à part les RH et la Comptabilité, tous les services s'investissent de façon à peu près équivalente (~34%).

L'enquête nous a permis de déterminer le nombre des formations réalisées par les entreprises. Le Tableau 35 permet de tracer les formations dans le temps pour l'ensemble des entreprises. En 1995/1997, le résultat élevé (77%) s'explique par l'action de formation mise en place par l'entreprise Renault qui a capitalisé 160 000 heures de formation. D'autre part les chiffres sont tirés vers le bas par 45% des entreprises du tertiaire qui ne font aucune formation. Nous avons calculé ces pourcentages sans prendre en compte les formations

réalisées par Renault et nous constatons que la majorité des sensibilisations à ce sujet sont déployées à partir de 2004.

Dates	Moyenne du nombre d'heures de formation en % toutes entreprises	Moyenne du nombre d'heures de formation en % sans Renault
en projet	5,89%	24.5%
2006-2004	9,12%	36.82%
2003-2001	2,81%	11.66%
2000-1998	2,56%	8.13%
1997-1995	76,56%	6.19%
1994-1993	1,43%	5.93%
Avant 1992	1,63%	6.77%

Tableau 35. Quantité des heures allouées à la sensibilisation en éco-conception

Le Tableau 36 montre que la majorité des personnes sensibilisées dans les entreprises appartiennent au service Production/Méthodes, Bureau d'Etudes/conception et R&D.

Services	Moyenne des personnes sensibilisées	Moyenne sans Renault
Production/Méthodes	595,06	17.09
Etudes/Conception	51,62	13.16
Recherche et développement	12,97	15.57
Achats	9,17	3.18
Qualité	3,13	1.96
Juridique	0,48	3.50
Marketing et ventes	4,17	0.26
Comptabilité et finances	0,36	0.37
Ressources humaines	0,26	0.49

Tableau 36. Nombre des personnes sensibilisées par les entreprises

- Les méthodes et outils d'éco-conception

Les principaux outils cités pour la mise en œuvre de la démarche d'éco-conception sont :

- les logiciels d'ACV,
- l'ACV simplifiée,
- des outils internes spécifiques,
- la communication interne,
- les normes et référentiels (Ecolabel, OEKO-TEX, AFAQ-AFNOR, NF, COV, ISO, MCV Renault).

Nous avons pu connaître les dates auxquelles les entreprises ont déployé les outils et méthodes d'éco-conception (Tableau 37).

Outils	En projet	2006 2004	2003 2001	2000 1998	1997 1995	1995 1993	Avant 1992
Normes/référentiels	6%	23%	13%	14%	3%	4%	19%
Logiciel d'analyse du cycle de vie	22%	13%	7%	4%	0%	3%	3%
Analyse du cycle de vie simplifiée	17%	25%	10%	3%	0%	1%	3%
Check-list	7%	16%	13%	6%	3%	3%	6%
Guides	4%	22%	17%	10%	1%	3%	10%
Outils de sensibilisation	3%	23%	13%	7%	4%	4%	9%
Procédures	9%	23%	14%	4%	4%	6%	12%
Total	47	100	61	34	11	17	42

Tableau 37. Dates d'intégration des outils et méthodes d'éco-conception

Tout d'abord nous constatons que la majorité des entreprises a intégré les normes (77%), les guides (64%), les outils de sensibilisation (61%) et procédure (64%). Plus de la moitié des entreprises déploient ou comptent utiliser les logiciels d'ACV et les outils d'ACV simplifiés.

L'**analyse par secteur** nous démontre que l'outil Normes/référentiel a été le premier intégré, avant 1993 pour toutes les entreprises du secondaire sauf la métallurgie (1998/2000) et l'agro alimentaire (1993/1995).

Actuellement, l'ACV, l'ACV simplifiée et les procédures sont mises en place dans l'automobile, l'industrie électrique/électronique, la chimie qui intègrent également les Normes/référentiel. Dans l'agro alimentaire ce sont les procédures et les normes. Dans la métallurgie, c'est surtout l'ACV simplifiée. Nous pouvons noter que l'outil le moins intégré est la check-list et que les entreprises qui utilisent le moins d'outils sont la chimie, la métallurgie, et l'agro alimentaire.

Les entreprises du tertiaire utilisent moins les outils d'éco-conception que celles du secondaire. Elles s'y sont intéressées plus tard, en 1998/2000. Aujourd'hui, les outils les plus employés dans ce secteur sont les normes/référentiels et les procédures.

Les deux entreprises du primaire enquêtées ont commencé à intégrer l'ensemble des outils (excepté les ACV et ACV simplifié) avant 1993.

Dans le Tableau 38, nous pouvons constater que les entreprises utilisent un certain nombre de normes, notamment la norme ISO 14001 pour trois quart des entreprises. Les normes liées à l'étiquetage, la méthodologie de l'ACV et la spécification pour l'intégration des aspects environnementaux dans la conception sont utilisés par un quart des entreprises.

Normes	%
ISO 14001 " Systèmes de management environnemental "	72,5
Le système communautaire de management environnemental et d'audit ou EMAS	4,3
Le fascicule de documentation SD 21 000 développement durable - responsabilité sociétale des entreprises	18,8
ISO 14020 Étiquettes et déclarations environnementales - Principes généraux	21,7
ISO 14021 " Marquages et déclarations environnementaux - Auto déclarations environnementales (Étiquetage de type II) "	21,7
ISO TR 14025 : " Marquages et déclarations environnementaux - Déclarations environnementales de type III "	14,5
ISO 14031 : " Management environnemental- Évaluation de la performance environnementale -Lignes directrices "	10,1
ISO 14040 " Management environnemental - Analyse du cycle de vie - principes et cadre "	24,6
ISO 14041: " Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Définition de l'objectif et du champ d'étude et analyse de l'inventaire "	14,5
ISO 14042 " Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Évaluation de l'impact du cycle de vie "	20,3
ISO 14043 " Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Interprétation du cycle de vie "	15,9
ISO/TR 14047 " Management environnemental - Évaluation de l'impact du cycle de vie - Exemples d'application de l'ISO 14042 " (Rapport Technique)	8,7
ISO/TS 14048 " Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Format de documentation de données "	5,8
ISO/TR 14049 " Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Exemples d'application de l'ISO 14041 traitant de la définition de l'objectif et du champ d'étude et analyse de l'inventaire "	5,8
P-01-010 " Qualité environnementale des produits de construction - Déclaration environnementale et sanitaire des produits de construction "	2,9
ISO/TR 14062 " Management environnemental - Intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement de produit "	23,2

Tableau 38. Normes environnementales utilisées dans la démarche d'éco-conception

Les méthodes et outils d'éco-conception sont de plus en plus utilisés, mais seulement la moitié (41.2%) des entreprises a développé des outils spécifiques.

- Dans le secteur automobile, les outils sont issus des projets Européens EDIT et ECODIS.
- Dans le secteur électrique/électronique, l'utilisation d'EIME est récurrente.
- En chimie, il y a des outils de mesures de l'éco efficacité internes, une charte du nettoyage durable.
- Dans le secteur des peintures, un logiciel de calcul des émissions de composés organiques volatils existe.
- A la fédération de plasturgie, une veille Hygiène Sécurité Environnement spécialisée est mise en place.
- Dans le secteur des technologies de l'information et la communication, ECMA 341 et ECMA TR70 sont utilisés.
- Les relations avec les parties prenantes

L'enquête nous a permis d'observer les échanges et les liens que les entreprises ont tissés avec les parties prenantes (clients, prestataires, institutions, ...).

- Les clients

72% des entreprises prennent souvent en compte les demandes environnementales des clients. Les quantités de prise en compte de ces demandes par les entreprises vont en s'accroissant dans le temps pour atteindre 26 % en 2004/2006. Il est également notable que 17.4% des entreprises avaient déjà pris en compte cette demande avant 1993. Le principal service qui répond aux demandes est celui du Marketing/Ventes (43.5%), viennent ensuite les services de l'environnement (13%) et la direction (11.6%).

- Les sous-traitants

Depuis l'an 2000, il y a de plus en plus d'entreprises qui émettent des exigences environnementales vis-à-vis des sous-traitants/fournisseurs, 23.2% en 2001/2003 et 33.3% en 2004/2006. D'autre part, 62.3% des entreprises émettent ces exigences assez souvent ou très souvent contre 2.9% qui n'émettent jamais d'exigence par rapport aux fournisseurs.

- Participation aux groupes de normalisation

La moitié (50.7%) des entreprises sondées participe à l'élaboration des normes, référentiels, guides spécifiques à l'éco-conception ou au développement durable.

- Participation à des actions dans le domaine de l'éco-conception

La majorité (80%) des entreprises sondées participent à des réunions, conférences, séminaires spécifiques à l'éco-conception.

- Moyens de communication avec les parties prenantes

Outils de communication externe	%
Réunions	46,4%
Mails	30,4%
Logo/Publicités	37,7%
Produits dérivés (Bandes dessinées,..)	8,7%
Forums	21,7%
Conférences	46,4%
Salons	62,3%
Affiches	24,6%
Plaquettes	68,1%
Site web	65,2%

Tableau 39. Outils de communication externe pour valoriser la démarche d'éco-conception

La plupart des entreprises (60%) utilisent des plaquettes, des sites internet et les salons.

10.2.4. Construction des modèles de trajectoires

Le Tableau 40 permet de confronter la perception des experts de la mobilisation des leviers en entreprise avec la réalité des entreprises enquêtées.

<i>Leviers perçus par les experts</i>	<i>Leviers perçus par les entreprises</i>
- L'engagement de la direction, - l'implication de l'équipe conception, - l'orientation du marché vers des produits plus respectueux, - la formation et sensibilisation du personnel, - le dynamisme du responsable environnement « produit » , - la coordination inter-fonctions.	- L'engagement de la direction, - l'implication de l'équipe conception, - l'orientation du marché vers des produits plus respectueux, - la formation et sensibilisation du personnel, - la différenciation avec la concurrence , - la communication externe.

Tableau 40. Comparaison de la perception des leviers importants à mobiliser par les experts et les entreprises

Nous remarquons que quatre leviers ont été identifiés par les deux échantillons enquêtés. Cependant la différenciation entre la concurrence et la communication externe semble être un facteur important pour les entreprises au contraire du dynamisme du responsable environnement « produit » et de la coordination inter-fonctions. Les deux leviers distingués par les entreprises peuvent s'expliquer par un souci de satisfaire les clients, donc d'obtenir des bénéfices en termes de marché et d'image. Dans la première enquête, les experts avaient également déterminé, dans une échelle à trois niveaux, comme « assez important » les leviers ci-dessous :

- Définir et spécifier les responsabilités de l'ensemble des acteurs,
- Mettre en place un flux d'informations interne,
- Utiliser, maîtriser et mettre à jour les documents/principes/normes spécifiques,
- Définir et adopter des outils adaptés.

Grâce à cette enquête auprès des experts, nous avons déterminé six catégories de leviers nous permettant de dresser des esquisses de modèles de trajectoires fondées sur le management, les relations avec les parties prenantes, les compétences, l'application opérationnelle, l'utilisation des outils et méthodes et le marché. Les résultats de l'enquête 2 nous ont permis de constater que les actions destinées à faciliter l'acquisition des connaissances relèvent du management de l'organisation : gérer des formations, les échanges avec les différents services... La préoccupation des entreprises est de satisfaire les clients et d'anticiper leurs besoins avant la concurrence. De ce fait, la catégorie « marché » ne nous semble plus pertinente, la satisfaction des clients apparaît au contraire comme

fondamentale dans le gain des parts de marché. Les experts ont identifié les leviers liés à l'utilisation des outils et méthodes. Cette tendance n'a pas été reproduite dans la deuxième enquête, mais nous avons constaté qu'au moins la moitié des entreprises utilisent des outils et méthodes d'éco-conception, certains secteurs en développent des spécifiques. Enfin, les résultats des deux enquêtes sur les leviers liés à l'application opérationnelle ne sont pas significatifs, ce qui nous permet de supposer que cette catégorie n'était pas pertinente.

En nous basant dans les résultats des leviers, des constats que nous avons réalisés grâce à la littérature, et par intuition propre, nous classons les principaux leviers en trois catégories : le management, la relation avec les parties prenantes et l'utilisation des outils et méthodes (Tableau 41). Les frontières des trois catégories apparaissent bien distinctes les unes des autres, même si elles sont complémentaires.

<i>Système décisionnel et informationnel</i>	<i>Relation avec les parties prenantes</i>	<i>Utilisation outils et méthodes</i>
<ul style="list-style-type: none"> - l'engagement de la direction, - la formation et sensibilisation du personnel, - dynamisme du responsable environnement « produit », - la définition et spécification des responsabilités de l'ensemble des acteurs, - la mise en place d'un flux d'informations interne. 	<ul style="list-style-type: none"> - l'implication de l'équipe conception, - la coordination inter-fonctions, - l'orientation du marché vers des produits plus respectueux, - la différenciation avec la concurrence, - la communication externe. 	<ul style="list-style-type: none"> - l'utilisation, la maîtrise, et la mise à jour des documents/principes/normes spécifiques, - la définition et l'adoption d'outils adaptés.

Tableau 41. Catégorisation des principaux leviers identifiés dans les deux enquêtes

Cette nouvelle catégorisation des leviers nous amène à analyser les stratégies d'intégration de l'environnement en conception des entreprises enquêtées, afin de tracer des modèles de trajectoires facilitant les processus d'intégration dans d'autres entreprises.

Afin de construire les trajectoires, il a été nécessaire d'analyser en détail les 69 questionnaires remplis et de tracer l'historique des démarches d'éco-conception mises en œuvre dans les entreprises. Le questionnaire 2 comporte une quantité importante de données, cela nous a poussé à décider de concentrer l'analyse des résultats liés aux leviers d'intégration afin de construire et proposer des modèles de trajectoires. Les réflexions portent sur les trois principales catégories de leviers identifiés (système décisionnel et informationnel, parties prenantes et outils et méthodes) et la construction de trois stratégies fondées sur ces catégories. Les résultats ont favorisé la proposition d'un système à deux dimensions destiné à piloter un processus d'intégration de l'environnement en conception et la proposition des actions à déployer. Les deux dimensions, à travers l'enchaînement des actions, prennent des aspects fondamentaux afin de conduire, par une stratégie de

progression, l'entreprise à acquérir des valeurs directrices. Cela est effectué dans la perspective de développer des « produits durables ». La matérialisation et la diffusion constituent les axes du modèle de base des trajectoires d'intégration. La matérialisation est une dimension de mise en place concrète des actions. L'organisation est légitimée et assimilée dans l'entreprise. La diffusion représente la dimension incitatrice d'une participation active, qui favorise les conditions de motivation afin de propager les connaissances environnementales au sein de l'organisation. Une quantité importante des stratégies de progression peut être déterminée en fonction des modèles construits sur un espace à deux dimensions.

10.2.4.1. Construction des trajectoires modèles fondées sur le déploiement d'outils

- La dimension « matérialisation »

L'analyse détaillée de l'enquête met en évidence que la quasi totalité des entreprises (65) a utilisé et/ou utilise actuellement des outils et méthodes d'éco-conception. Des quatre autres entreprises, une précise avoir le projet d'utiliser deux méthodes. Une autre n'utilise pas les outils spécifiés dans notre questionnaire, mais pour tout projet d'éco-conception un groupe inter-métiers est impliqué en s'appuyant sur les outils développés au sein de la société (Check-list, ACV simplifiée,...). Et une dernière entreprise respecte un cahier des charges bien spécifique afin de répondre aux critères environnementaux d'un label. Parmi les 56 entreprises détaillant les principaux outils utilisés, 17 spécifient l'utilisation d'au moins un outil ou méthode développés en interne.

Nous avons classifié les outils et méthodes utilisés en trois catégories : qualitatifs et de préconisation, d'évaluation simplifiée et d'évaluation exhaustive et globale. Grâce à cette classification, un graphique simplifié a été obtenu, nous permettant ainsi de mettre en évidence les différentes configurations dans le déploiement des outils et méthodes (Figure 29).

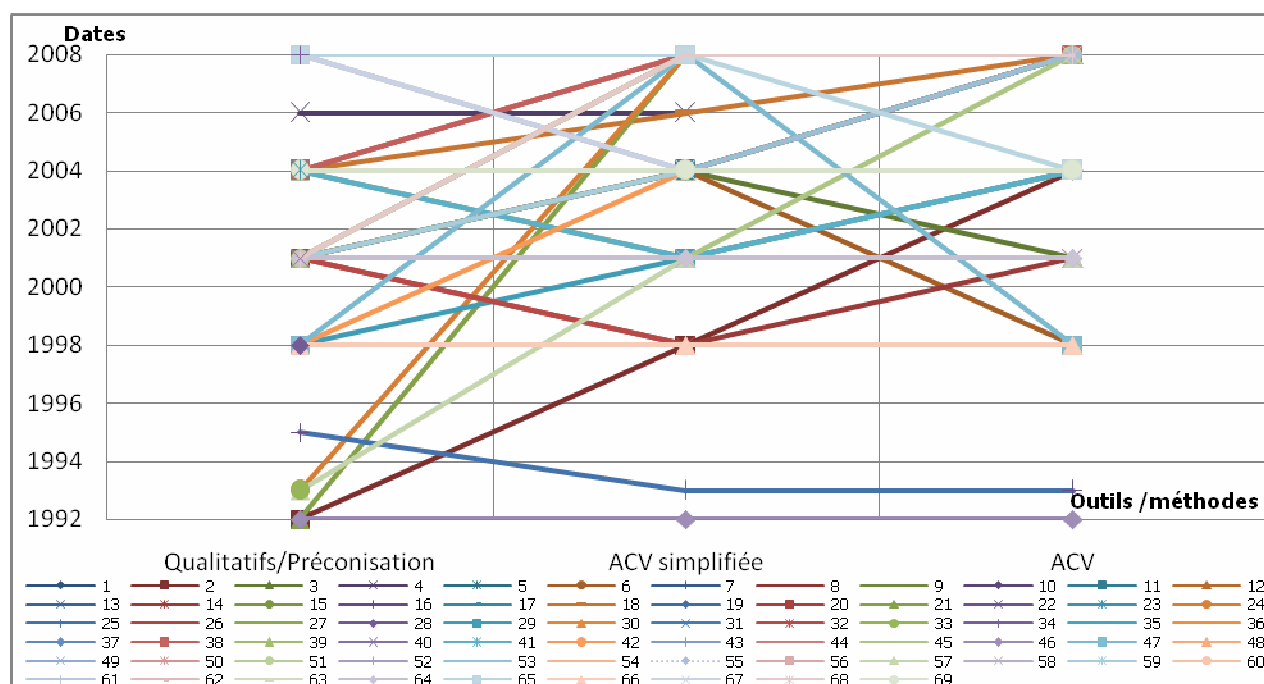


Figure 29. Date d'intégration des principaux outils et méthodes par les entreprises enquêtées

Vingt sept entreprises ont intégré les trois types d'outils et méthodes dans leur démarche d'éco-conception. Quelques entreprises (17) débutent la démarche d'éco-conception par l'utilisation des outils et méthodes d'évaluations qualitatives ou de préconisations. Quatre entreprises étudiées ont introduit, dans un premier temps, un outil d'analyse de cycle de vie simplifié pour ensuite introduire d'autres instruments (guides, référentiels, procédures,...). Enfin, d'autres entreprises (6) analysées déclenchent la démarche d'éco-conception plutôt via des outils et méthodes exhaustives quantitatives. Ces entreprises étudiées nous ont permis de modéliser de façon simplifiée les stratégies d'introduction des instruments d'éco-conception selon les trois catégories d'instruments :

- les méthodes **d'évaluation qualitative**,
- les outils **d'ACV simplifiées**,
- les outils **ACV globaux et exhaustifs**.

Les outils de préconisation des améliorations ne seront pas pris en compte dans notre étude. Le retour d'expérience des entreprises révèle que les outils de préconisation, supports d'amélioration effective des produits, sont souvent utilisés (pour 46 des entreprises enquêtées) en parallèle des outils d'évaluation.

A partir de ces catégories nous proposons une échelle de « matérialisation » du processus de l'intégration de l'environnement en conception et des stratégies d'introduction des outils d'évaluation dans la démarche d'éco-conception (cf. Figure 30).

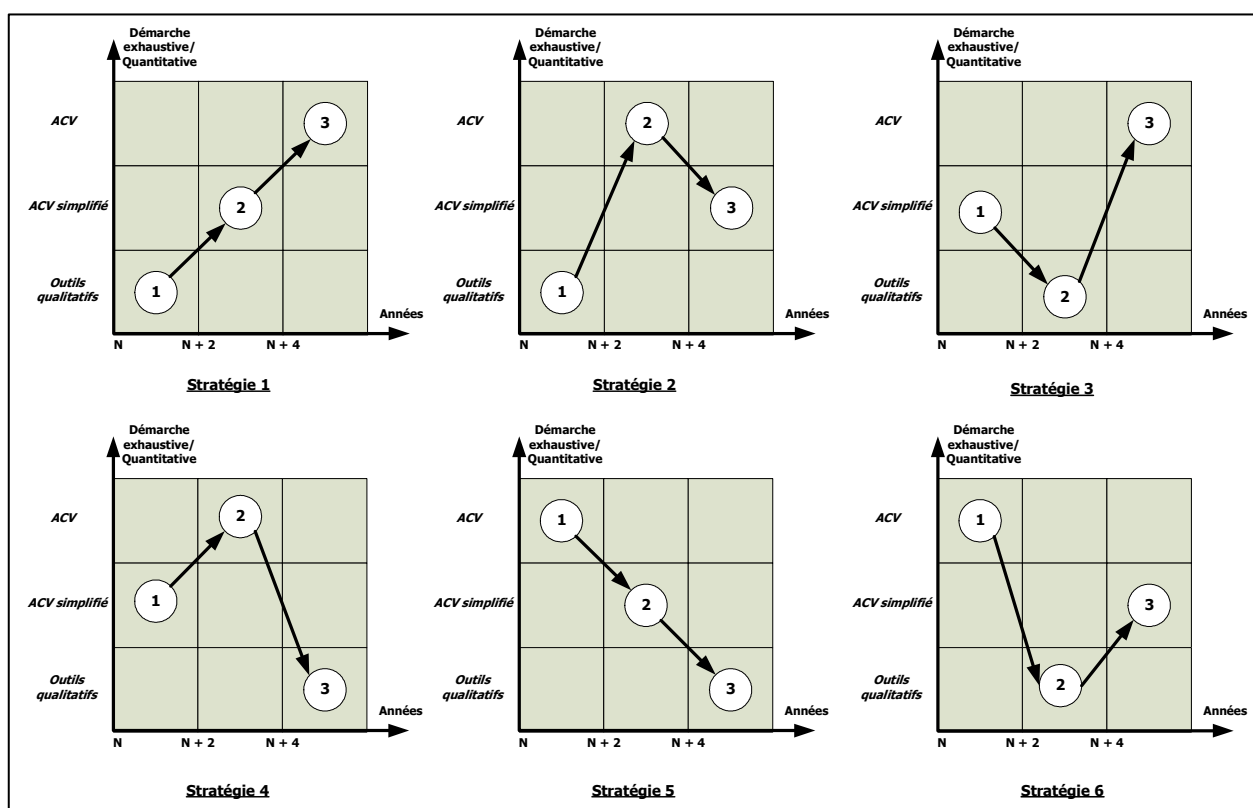


Figure 30. Stratégies d'introduction des principaux outils et méthodes d'éco-conception

Nous avons identifié les entreprises suivant chacun des acheminements d'introduction des outils présentés. La vingt cinquième entreprise est la seule à avoir suivi la stratégie 3. Pour les stratégies 4 et 5, 58% des entreprises rentrant dans ce schéma utilisent d'autres outils d'évaluation que les outils qualitatifs dans la troisième étape. Pour cette raison, et dans la logique du schéma d'apprentissage proposé par Millet [MILLET ET AL. 03], il nous semble indispensable de compléter l'échelle avec un quatrième niveau intégrant des instruments évaluant les aspects économiques et sociaux intervenant dans le cycle de vie du produit au même titre que les critères environnementaux. Nous pensons que l'utilisation d'un outil qualitatif après l'utilisation des outils d'ACV simplifiée et d'ACV exhaustive est peu pertinente. Au lieu de préconiser l'utilisation d'un outil qualitatif, nous proposons une évolution vers des outils quantitatifs globaux prenant également en compte les aspects économique et social.

Une entreprise donnée choisit une stratégie d'introduction des outils et méthodes (qualitatifs, ACV simplifiée et ACV exhaustive) au sein de son organisation selon six schémas.

- La dimension « diffusion »

Une analyse de corrélations a été réalisée entre les leviers liés au déploiement des instruments d'éco-conception et les autres leviers. Pour le levier « utilisation, maîtrise et mise à jour des documents » la majorité des leviers est peu influente. Cependant ce levier est fortement corrélé aux leviers liés à la coordination multi-fonctionnelle (0.7) et à la formation

et sensibilisation du personnel (0.57). Selon les résultats, les leviers liés à l'implication de l'équipe conception (0.61) et à la formation et sensibilisation du personnel (0.54) sont les deux seuls influant sur le levier « utilisation d'outils d'éco-conception ». Ces résultats permettent de mettre en évidence l'importance de la prise en compte des acteurs de l'organisation (équipe conception, multi-services) et de la diffusion des connaissances dans une stratégie de déploiement des outils et méthodes. Cela nous amène à étudier en détail le facteur humain dans la diffusion des connaissances environnementales au sein des entreprises enquêtées.

En effet l'analyse de l'ensemble des contributions permet de mettre en évidence l'importance de la participation interservices (R&D, Qualité, Achats, Etudes, Production et Marketing) et de la relation avec le « responsable éco-conception » dans le processus d'intégration de l'environnement en conception. Rappelons que les entreprises ont caractérisé comme essentielle la coordination entre le responsable « éco-conception » et les services Etudes/conception et R&D. Afin de peaufiner l'étude concernant le facteur humain dans le processus d'intégration, l'historique de participation des services dans la démarche d'éco-conception a été tracée. La Figure 31 montre l'implication des acteurs dans la démarche d'éco-conception de douze entreprises ayant intégré l'ensemble des services déterminés grâce à l'analyse bibliographique.

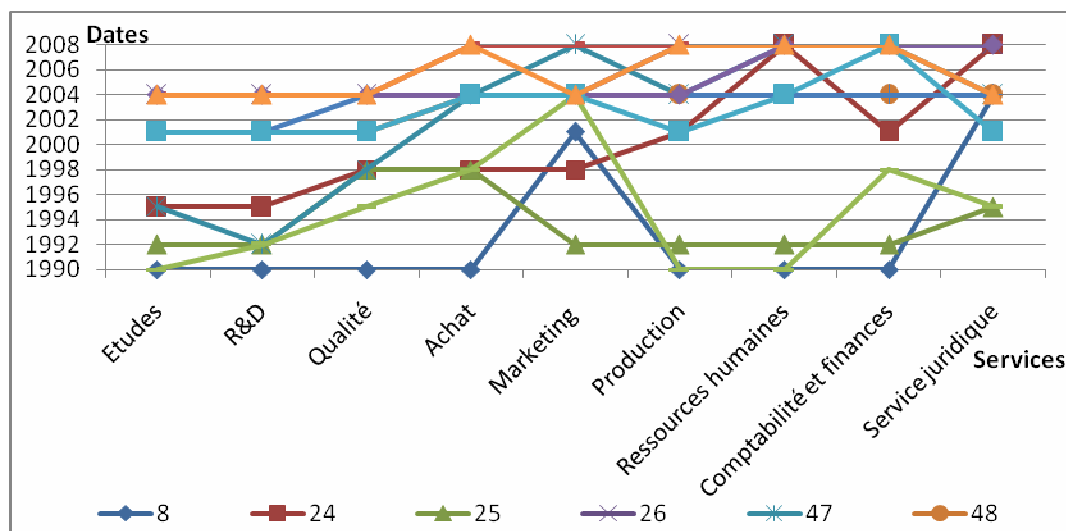


Figure 31. Date de participation des différents services à la démarche d'éco-conception

Ce graphique illustre la diversité des services concernés par les informations relatives aux aspects d'éco-conception. Toutefois, nous observons que les services Etudes/conception et R&D suivis du service qualité, ont participé, avant les autres services, dans les démarches d'éco-conception. Nous avons pu ainsi identifier les services cibles de la diffusion des

connaissances liées à l'éco-conception. A partir de résultats et de l'analyse bibliographique, quatre niveaux de diffusion ont été déterminés au sein de l'organisation (cf. Figure 32) :

- **le responsable projet ou intégrateur de l'éco-conception,**
- **l'équipe conception et/ou le service R&D,**
- **l'ensemble des services concernés par la conception** (Equipe conception, R&D, Marketing, Achats, Production,...)
- **l'ensemble de l'organisation** (dirigeants, hiérarchie, opérationnels,..).

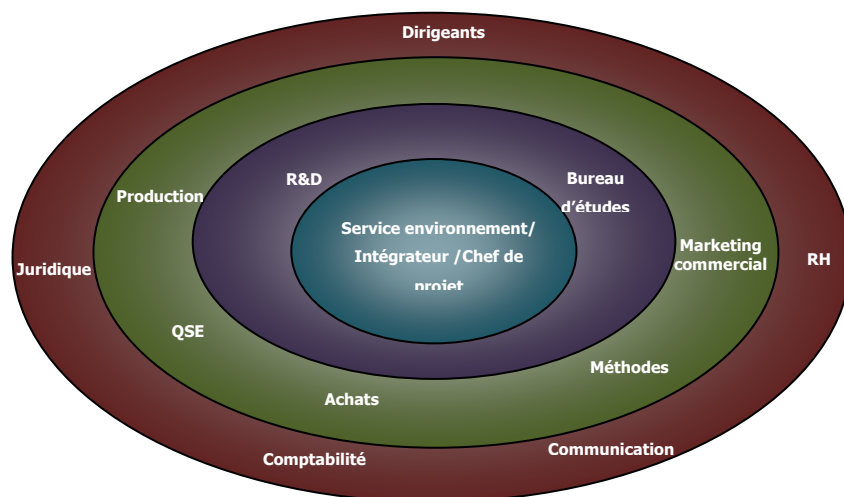


Figure 32. Les acteurs d'un projet d'éco-conception et la mise en place d'une organisation apprenante

- Les actions

La formation a été identifiée comme importante dans l'analyse des corrélations concernant l'utilisation des outils et des méthodes. De ce fait, l'évaluation des produits et la diffusion des connaissances nécessitent une stratégie d'actions favorisant une intégration pérenne de l'environnement en conception. Le suivi des actions devrait orienter l'entreprise à déclencher une progression des connaissances et donc, la prise en compte des critères environnementaux, sociaux et économiques dans le développement du produit. Comme les échelles des deux dimensions précédentes ont été définies sur quatre niveaux, nous proposons d'engager quatre actions dans la stratégie de progression, fondées sur les outils et méthodes. Afin d'identifier les actions à mettre en œuvre, nous allons nous appuyer sur les constats relevés dans la problématique. Nous avons constaté que les entreprises ont besoin d'outils adaptés à leurs pratiques de conception. De ce fait, le développement d'une explicitation participative du cahier des charges de cet outil nous semble une action clé dans les trajectoires fondées sur les instruments. L'usage effectif de ces outils et méthodes est une condition de réussite de ces trajectoires fondées sur l'instrumentation du personnel. Enfin nous considérons que les pratiques de conception évoluent continuellement. Les outils

et méthodes doivent donc subir des mises à jour et améliorations spontanées. Nous avons défini les actions de progression suivantes :

- **l'explicitation** du cahier des charges et la **construction** d'un outil ou d'une méthode adaptés aux pratiques de l'entreprise concernée (ou **l'adaptation** d'un outil/méthode existant dans le commerce aux besoins internes),
- **l'appropriation** de l'instrument,
- **l'usage** effectif de l'instrument dans les pratiques de conception,
- la capacité à **dynamiser** l'existence de l'instrument.

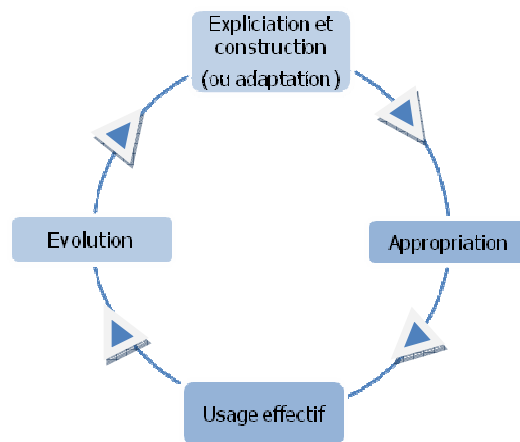


Figure 33. Stratégie d'action de l'instrumentation des acteurs

Chaque outil ou méthode suit la boucle de progression des actions : explicitation et construction (modification) ; appropriation ; utilisation et évolution.

- Trajectoires fondées sur l'utilisation d'outils et méthodes d'éco-conception

La détermination des échelles de deux dimensions (diffusion et matérialisation) de progression liées à l'instrumentation de l'organisation a pour objectif de faciliter l'intégration de l'environnement en conception d'une entreprise. Les trajectoires seront construites en s'appuyant sur l'enchaînement des actions en plusieurs étapes, dans l'espace à deux dimensions des entreprises enquêtées.

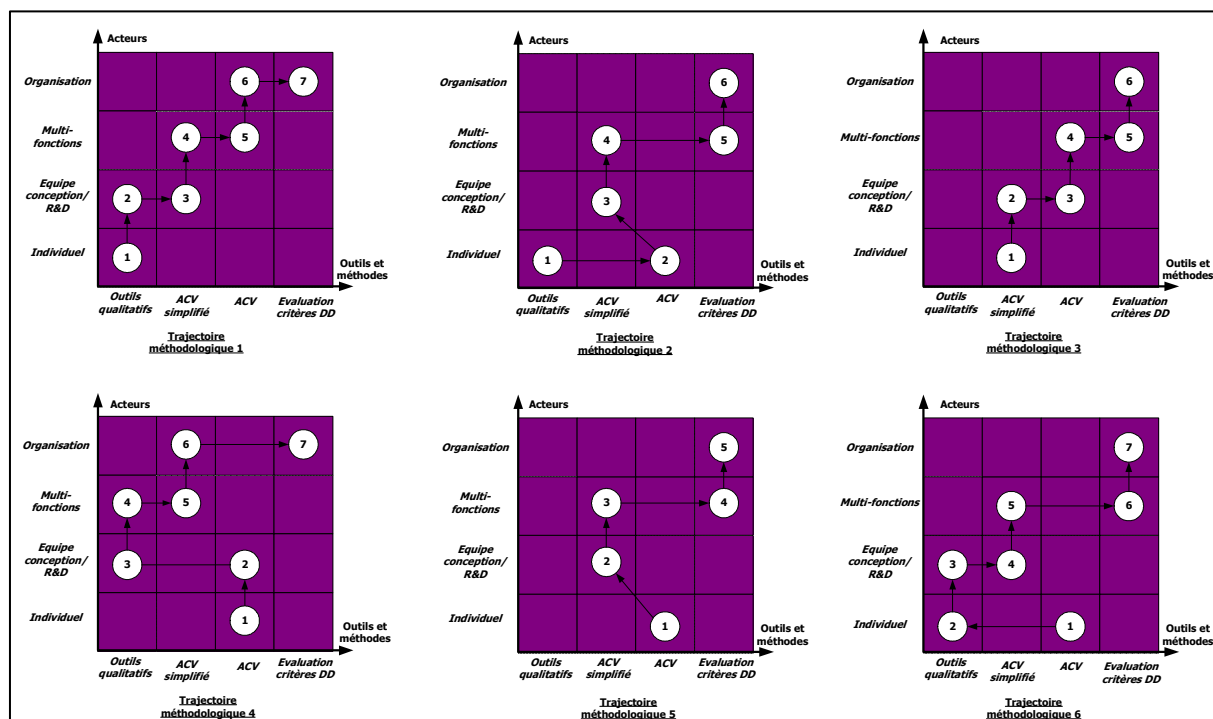


Figure 34. Proposition de trajectoires méthodologiques

Les résultats d'enquête permettent de dresser des esquisses des principaux modèles de trajectoires fondées dans le déploiement des outils et méthodes d'éco-conception. Il est très rare que les entreprises développent des outils qualitatifs après avoir diffusé des instruments d'ACV simplifiée et ACV, ce qui explique les trajectoires 3 et 5. Toutefois le passage de l'utilisation d'une ACV exhaustive à une harmonisation des pratiques collectives, grâce à un outil d'ACV simplifiée, est plus fréquent. L'historique de neuf entreprises enquêtées, montre notamment que celles-ci ont utilisé dans un premier temps les logiciels d'ACV disponibles dans le commerce pour ensuite développer des instruments plus adaptés à leurs besoins : ACV et ACV simplifiées internes, normes, guides.

La cinquième trajectoire méthodologique semble illustrer le mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique que nous avons proposé dans nos hypothèses. Le déploiement du mécanisme devra veiller à reposer sur :

- l'utilisation des outils et méthodes, en commençant par la réalisation des ACV, puis des ACV simplifiées, pour passer enfin à des évaluations intégrant des critères DD de développement durable,
- la diffusion progressive des connaissances, du niveau individuel à l'ensemble de l'organisation,
- le déploiement des stratégies d'action, pour mettre à disposition des acteurs un instrument adapté, et assurer son appropriation et son usage effectif au sein de l'organisation.

10.2.4.2. *Construction des trajectoires modèles fondées les échanges avec les parties prenantes*

- La dimension « matérialisation »

L'identification des parties prenantes concernées par l'éco-conception est essentielle. La satisfaction des besoins explicites et implicites est primordiale. Il convient de créer des interactions entre les différentes parties prenantes et également d'obtenir un retour d'expériences afin de répondre au mieux aux besoins des clients et gagner des parts de marché. En effet, pour 85% des entreprises, le marché a un impact important sur l'intégration de l'environnement en conception. La prise en compte des demandes clients concernant les exigences environnementales devient incontournable dans une perspective de développement commercial. Par exemple, neuf entreprises enquêtées admettent effectuer les choix stratégiques liés à la dimension environnementale en fonction des analyses du marché. Ces dernières ont créé des partenariats avec les clients et des groupes de pressions comme des Organisations Non Gouvernementales afin de répondre aux besoins du marché concernant des produits plus respectueux de l'environnement. Les résultats de la deuxième enquête révèlent que les entreprises communiquent avec les parties prenantes à travers leurs sites internet (65%) ou des supports écrits comme des plaquettes (68%). 65% des entreprises communiquent sur leurs démarches dans des salons. Certaines entreprises (46%) valorisent leurs démarches dans des conférences et réunions collectives. Sept entreprises matérialisent les exigences des parties prenantes en mettant en œuvre la labellisation de leurs produits. Dans deux entreprises, la démarche d'éco-conception est également valorisée en externe grâce à la diffusion des résultats d'évaluations réalisées selon le référentiel SD 21000. La quasi-totalité (68) des entreprises valorise leurs démarches d'éco-conception à l'externe à l'aide d'un certain nombre de moyens : salons, forums, réunions, plaquettes, affiches, produits dérivés, séminaires, comité d'élaboration des normes, etc.

Les résultats obtenus permettent d'identifier quatre catégories de moyens de communication et d'échange avec les parties prenantes :

- les **supports écrits** (rapports développement durable, sites internet, plaquettes, logos, publicités, affiches, mails, produits dérivés comme des bandes dessinées) favorisent le flux d'information de l'entreprise vers les parties prenantes,
- les **labels** permettent de valoriser la prise en compte des exigences environnementales et de montrer la réactivité de l'entreprise pour satisfaire les demandes des parties prenantes,

- la communication dans **les réunions, conférences et les salons** facilite l'échange avec les parties prenantes,
- la participation à **l'élaboration des normes, guides et référentiels** favorise l'interaction de l'entreprise avec une diversité importante des parties prenantes et la conduit à prendre en compte et appliquer leurs demandes.
- La dimension « diffusion »

Une analyse croisée des résultats montre une importante corrélation entre le levier lié à communication externe de la démarche, les leviers mobilisant la prise en compte des parties prenantes (0.6) et celui déployant une stratégie de différenciation du marché (0.56). La corrélation est également significative entre la stratégie de différenciation de la concurrence et l'orientation du marché vers des produits plus respectueux de l'environnement (0.61). Ce dernier levier est lui-même corrélé à la prise en compte des parties prenantes (0.55) et la communication externe (0.56).

En effet, nous avons constaté, grâce aux résultats de la deuxième enquête, que le service le plus impliqué dans la démarche d'éco-conception est celui de l'équipe conception (R&D et bureau d'études). Certaines entreprises enquêtées considèrent l'expérience des concepteurs comme importante dans la sélection des matériaux (59% des entreprises) et des processus de fabrication (49%), compatibles avec un développement de produits plus respectueux de l'environnement.

Ensuite, différents départements comme la Qualité-Environnement, Achats, Production, Marketing et ventes sont fortement impliqués dans cette démarche selon les entreprises enquêtées. Pour plus de 30% des entreprises, la Direction, les matériaux et la communication sont également importants à intégrer dans la démarche. Nous constatons également que la coordination multifonctionnelle dépend de l'implication du personnel (0.50), notamment celle l'équipe de conception (0.57), de l'échange en interne (0.59), de la formation du personnel (0.72) et l'utilisation des documents internes (0.70). Pour 20% des entreprises, le service méthodes et les prestataires doivent participer au processus d'intégration de l'environnement en conception. 62% des entreprises enquêtées émettent des exigences vis-à-vis de l'environnement à leurs sous-traitants et prestataires de service.

La majorité des entreprises (72%) prend en compte les demandes des clients concernant le respect de l'environnement dans la conception de leurs produits.

La moitié des entreprises enquêtées participe à l'élaboration des normes, guides, référentiels spécifiques à l'éco-conception et participe à 80% à des activités de diffusion des démarches d'éco-conception (séminaires, réunions, communications).

Selon ces résultats, nous avons identifié quatre niveaux d'acteurs de diffusion de l'éco-conception, en interne et en externe :

- le niveau stratégique et opérationnel constitué par **l'intégrateur et l'équipe conception**,
- un deuxième niveau constitué des **différents services de l'entreprise** et notamment ceux concernés par le processus de conception.
- le troisième niveau correspond à l'organisation étendue comme **les autres services de l'organisation, la hiérarchie et les dirigeants**.
- le dernier niveau est constitué de l'ensemble des **acteurs externes** comme les clients, les fournisseurs, sous-traitants, transporteurs, filières de traitement de déchets, groupes de pression, etc.

- Les actions

A partir des résultats présentés, nous avons défini quatre actions à conduire dans la mise en œuvre d'une synergie avec les parties prenantes :

- la **transmission des informations** aux parties prenantes,
 - la **collecte des informations** venant des parties prenantes (besoins, attentes, avis, etc.),
 - la **prise en compte et la concrétisation** des demandes réalisées par les parties prenantes,
 - **l'intégration des parties prenantes dans la prise de décision**.
- Trajectoires fondées sur le développement des relations avec les parties prenantes

Les réflexions portées dans ce paragraphe permettent de dresser des esquisses des trajectoires relationnelles présentées dans la Figure 35.

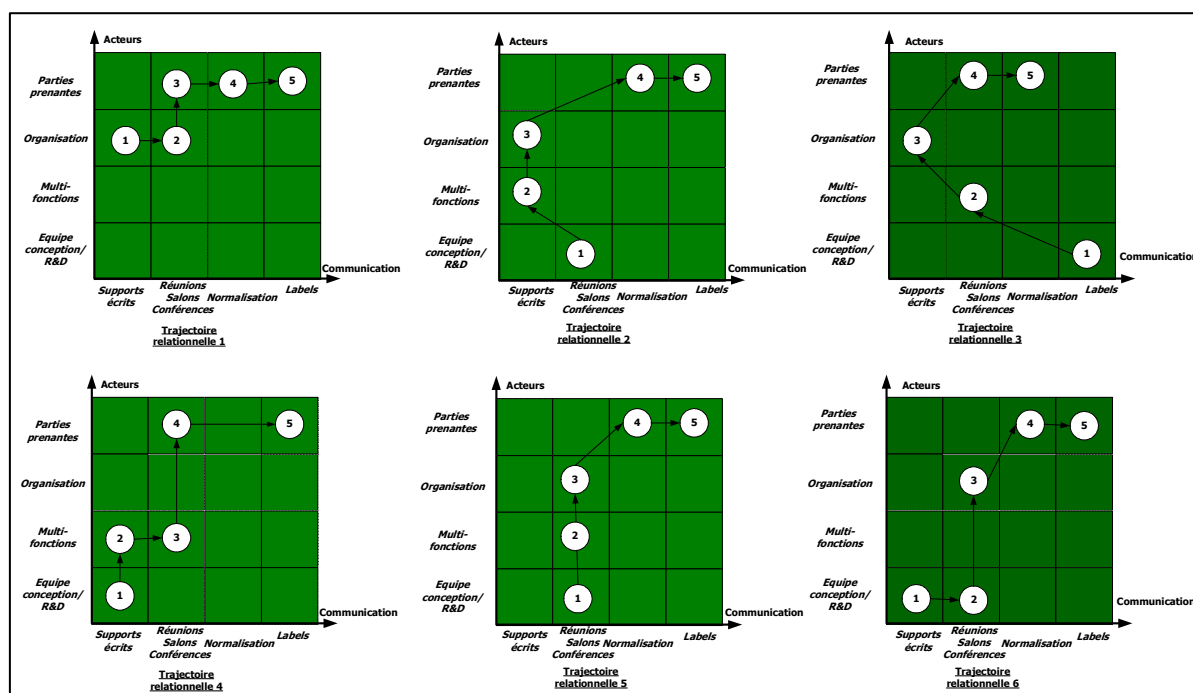


Figure 35. Proposition de modèles de trajectoires relationnelles

10.2.4.3. Construction des trajectoires modèles basée sur des systèmes décisionnels et informationnels

- La dimension « matérialisation »

Tout d'abord, le processus d'intégration de l'environnement en conception doit être compatible avec la démarche de management global de l'entreprise. La structure du processus d'intégration de l'environnement en conception doit conserver la cohérence de l'ensemble de l'organisation. Le responsable « éco-conception » se doit de répartir les responsabilités environnementales à toutes les équipes (0.63) et assure le flux d'information en interne (0.60). Le but est de permettre au personnel de participer activement à la maîtrise de l'environnement dans ses pratiques. L'harmonisation du processus d'éco-conception dépend du dynamisme du responsable « éco-conception » (0.63), des échanges d'informations (0.63) et de l'implication de l'ensemble du personnel (0.63). L'implication de l'équipe conception est en relation avec l'engagement de la direction.

Les résultats montrent que le système informationnel est assuré par l'implication des acteurs (implication de l'intégrateur et coordination multifonctionnelle) et l'utilisation des documents facilitant le flux d'information (0.51).

Les corrélations montrent que le processus d'acquisition des connaissances environnementales est facilité par la participation des différents services (0.72), l'utilisation des outils et méthodes d'éco-conception (54) et la maîtrise documentaire (57). Autrement

dit, le système doit fournir une visibilité étendue sur les informations nécessaires à la prise de décision durant tout le processus d'intégration de l'environnement en conception. L'approche managériale oriente l'entreprise à acquérir des compétences, des attitudes et des comportements (méthodologiques, décisionnels...) qu'il est nécessaire ensuite de valoriser et de développer afin d'assurer un retour d'expérience fiable pour des futurs développements des produits éco-conçus. Il convient de ne pas négliger l'importance de l'usage des techniques et instruments pour permettre une meilleure appropriation et diffusion des connaissances dans l'entreprise.

Grâce à ces résultats, nous avons défini quatre catégories constituant le système décisionnel et informationnel de l'organisation :

- la formalisation de **l'engagement de la direction** et de la **prise de décision participative** en communiquant sur des objectifs clairs, facilitant l'établissement des axes de progrès du processus d'éco-conception par les parties prenantes,
 - la définition de **la structure et des responsabilités** des acteurs jouant un rôle essentiel dans le processus d'intégration de l'environnement en conception,
 - la mise en place d'un **système d'information** afin de faire en sorte que chacun ait les compétences pour intégrer la dimension environnementale dans ses pratiques et connaisse les tâches qui lui sont attribuées,
 - la mise en œuvre de **documents opérationnels et stratégiques**, afin de développer des produits plus respectueux de l'environnement.
- La dimension diffusion

Dans cette dimension, les acteurs concernés dans le système décisionnel et informationnel sont ceux identifiés pour le déploiement des outils et méthodes d'éco-conception :

- **le responsable projet ou intégrateur de l'éco-conception,**
 - **l'équipe conception et/ou le service R&D,**
 - **l'ensemble des services concernés par la conception,**
 - **l'ensemble de l'organisation** (hiérarchies, autres services, opérationnels).
- Les actions

Nous définissons quatre actions qui devraient être conduites pour la mise en œuvre d'un système facilitant la prise de décision participative et le flux d'informations :

- la **spécification et la planification** du processus d'intégration de l'environnement en conception,

- la **gestion du flux d'information** multidirectionnel,
 - la **maîtrise opérationnelle et stratégique**,
 - **l'évolution et définition des améliorations** du processus.
- Trajectoires fondées sur un système décisionnel et informationnel

Les réflexions portées dans ce paragraphe permettent de dresser des esquisses des trajectoires décisionnelle et informationnelle présentées dans la Figure 36.

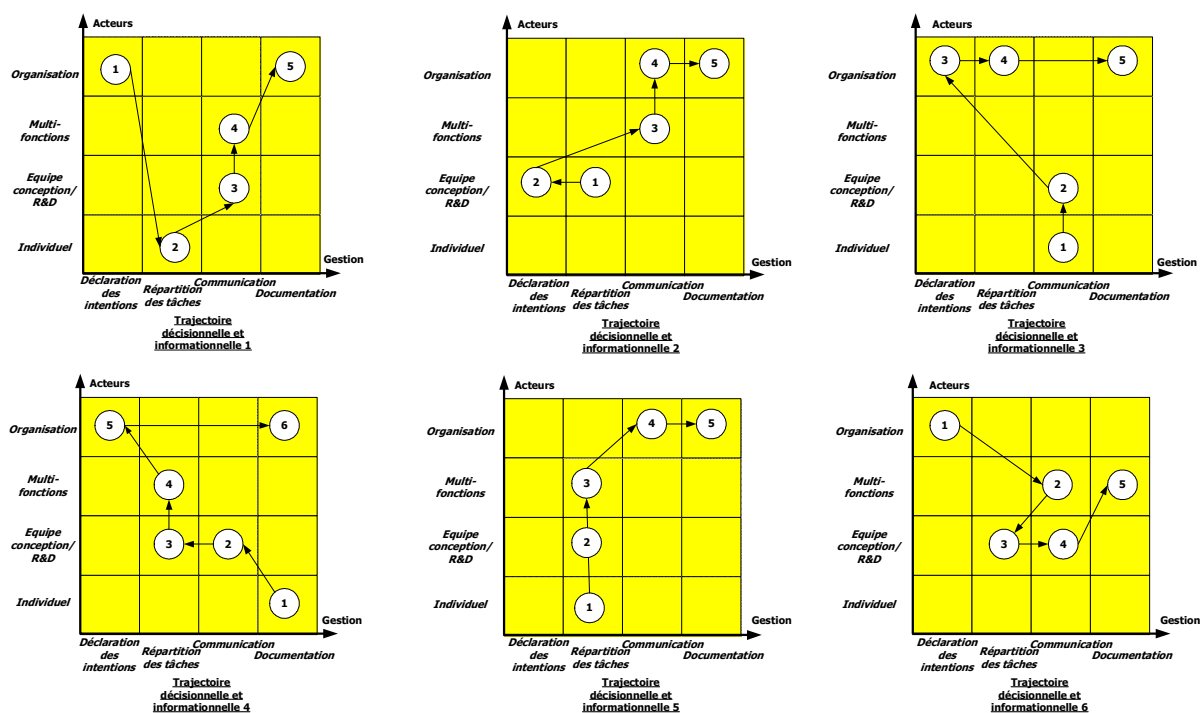


Figure 36. Proposition de modèles de trajectoires fondées sur un système décisionnel et informationnel

10.3. Conclusion sur l'expérimentation 1

La première expérimentation a permis d'acquérir les connaissances fondamentales concernant les pratiques d'éco-conception. Ce travail préliminaire a contribué à identifier, distinguer et comprendre les différentes démarches d'éco-conception conduites dans les entreprises françaises. Les résultats de deux enquêtes nous ont permis d'avoir une vision globale des pratiques d'éco-conception, des outils et des méthodes utilisés, des organisations mises en place, etc. Ces résultats ont permis de tracer des esquisses de trajectoires fondées sur trois principaux systèmes : **méthodologique ; relationnel ; et décisionnel - informationnel**. Cette construction de trajectoires a permis en particulier de comprendre les stratégies des entreprises ayant utilisé les outils d'éco-conception comme des facteurs

déclenchant leur démarche d'éco-conception. Le mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique a été enrichi et formalisé grâce à la définition des stratégies fondées sur l'instrumentation des acteurs concernés par l'activité de conception.

Chapitre 11 : Expérimentation N° 2, Déploiement du mécanisme du cheval de Troie chez Transfix

La deuxième expérimentation s'appuie sur le travail préliminaire réalisé sur un travail d'enquêtes ayant favorisé l'acquisition d'une vision globale des démarches d'éco-conception. Ce travail combiné au mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique que nous avons proposé, a été expérimenté dans une PME fabriquant des transformateurs de distribution. Dans cette partie nous présenterons les différentes étapes qui ont permis de construire le processus d'intégration de l'environnement en conception au sein de la société Transfix. Tout d'abord, une série d'ACV ont été réalisés afin de favoriser l'acquisition des connaissances environnementales sur les produits de l'entreprise. Puis, une méthodologie de co-conception de l'outil « EcoTransfix », adaptée aux pratiques de conception de l'entreprise, a été déployée. Ensuite, l'outil approprié a été expérimenté sur trois projets de conception. Pour finir, la performance du mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique, dans l'intégration de l'éco-conception chez Transfix, a été mesurée grâce à trois indicateurs : opérationnalité de l'outil, degré de propagation de l'outil, et évolution de la perception de l'environnement dans l'organisation.

11.1. Contexte de l'entreprise

Transfix, filiale du groupe Cahors, développe, fabrique et distribue une gamme de produits, systèmes et services destinés à la transformation et distribution d'électricité. Elle s'inscrit dans une démarche de progrès environnemental depuis le début des années 2000. Plusieurs facteurs ont provoqué cet engagement. Parmi ces facteurs, nous avons les pressions réglementaires mais aussi la prise de conscience de la réduction de ressources fossiles, des impacts liés à la consommation d'énergie, de la croissance des valeurs sociétales des clients ainsi que l'avancée de la concurrence dans ce domaine. Dans la première partie nous avons vu que le cadre législatif européen évolue suite à la mise en application de directives et, dans un cadre plus général, grâce à la Politique Intégrée des Produits. Transfix n'est pas encore concernée par la législation européenne touchant l'industrie électrique électronique. Cependant l'entreprise est consciente qu'à moyen terme elle devra respecter ces exigences réglementaires dans la conception de ses produits. En d'autres termes, un des objectifs stratégiques était d'anticiper les futures réglementations. Pour cela, Transfix a réalisé une analyse de la concurrence concernant les démarches d'éco-conception. Cette analyse a permis aux décideurs de prendre conscience que l'entreprise

peut gagner une part du marché en jouant sur son positionnement environnemental. En effet, les clients, notamment scandinaves, sont de plus en plus sensibilisés et demandeurs de la prise en compte de la dimension environnementale selon une vision cycle de vie. De même, l'intégration de l'éco-conception chez Transfix semble capitale étant donnée les enjeux des transformateurs vis-à-vis de l'environnement. A titre indicatif, en France, il existe approximativement un million de transformateurs de distribution ayant une durée de vie moyenne de 30 ans, au cours desquels ils consomment continuellement une grande quantité d'énergie. Parmi ces transformateurs coexiste une large gamme de puissances allant de 50kVA à 1000kVA et des appareils de protection de coupure. Ces produits diffèrent dans leur puissance, leur poids, leurs dimensions, leur taux de pertes en charge, les taux de pertes à vide, les matières utilisées dans la partie active, leur transport, leur utilisation et leur fin de vie. C'est dans ce contexte que la société Transfix s'est tournée vers l'éco-conception en 2006 et désire intégrer cette dimension dans son processus de développement des produits.

11.1.1.1. Fonctionnement et conception d'un transformateur

La haute tension qui est utilisée pour le transport et la distribution de l'énergie électrique n'est pas directement exploitable par les usagers. La tension est diminuée par paliers grâce à des transformateurs. Le transformateur a pour fonction de changer la valeur des tensions présentes à son entrée, en d'autres valeurs déterminées pour le réseau suivant, ou adaptées aux besoins des utilisateurs. Il existe une multitude de manières de concevoir un transformateur, mais tous possèdent un circuit magnétique et un bobinage en conducteur (Figure 37). Les circuits magnétiques sont des assemblages de tôles fines disposées dans un même plan, parallèles et perpendiculaires les unes aux autres. Les bobines sont constituées de métaux conducteurs sous forme de fil. Parmi les métaux (cuivre, aluminium et argent), seuls l'aluminium et le cuivre ont fait l'objet d'importantes applications industrielles.

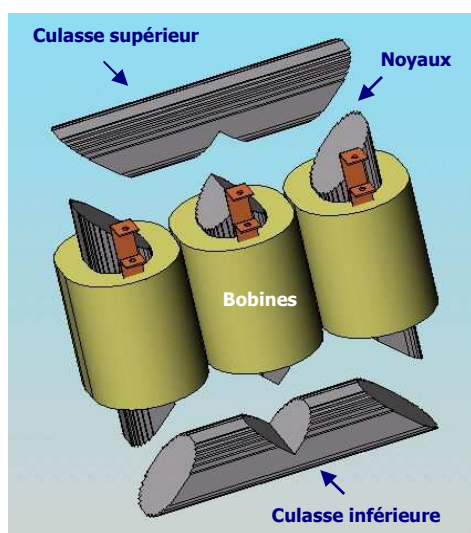


Figure 37. Partie Active du transformateur

Le diélectrique (dans le cas des transformateurs immergés) assure l'isolation interne du bobinage. L'huile minérale, l'huile végétale sont des diélectriques utilisés usuellement. Des isolements internes sont nécessaires, entre les bobines, entre les couches des spires, etc, ils sont constitués généralement de carton Kraft et/ou de papier. La cuve et le couvercle du transformateur permettent d'isoler la partie active des utilisateurs.

La partie active doit être refroidie pendant son fonctionnement c'est pour cela que la cuve est équipée de panneaux d'ondes, permettant ainsi le refroidissement du diélectrique (Figure 38).



Figure 38. Cuve de transformateur équipée des panneaux d'ondes

En fonctionnement, la partie active (constituée du circuit magnétique et des bobines) peut générer des forces très importantes qu'il faut pouvoir contenir au moyen des mécanismes de maintien (flasques, tirants et écrous) servant à comprimer les bobines et à maintenir le circuit magnétique.

Des commutateurs, reliés aux fils des bobines, permettent de régler ou commuter le transformateur (Figure 39). Les transformateurs peuvent ainsi fonctionner sur deux valeurs de tension différentes, en fonction de l'évolution de leurs réseaux électriques (bitensions).

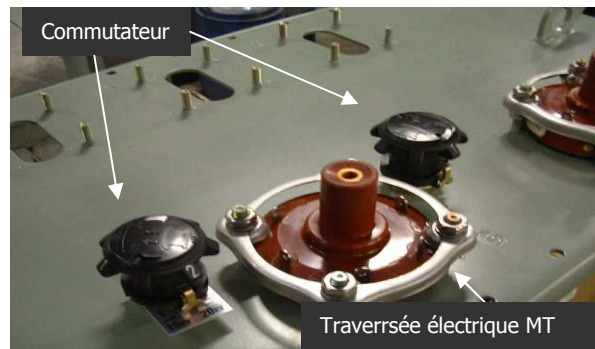


Figure 39. Commutateurs et borne de connexion

Les entrées et sorties sur lesquelles les câbles isolés des réseaux seront connectés doivent être isolées de l'enveloppe du transformateur au moyen des traversées électriques.

Le transformateur comporte également d'autres éléments tels que les cales des bobines, des joints assurant l'étanchéité, etc.

11.1.2. Contexte de l'entreprise

Dans cette partie, nous allons présenter les démarches environnementales développées par les concurrents de Transfix : ABB, Cooper, Schneider Electric, etc.

- Démarche d'éco-conception chez ABB

La société ABB a lancé son programme de management dès 1991 incluant l'établissement d'une approche site (ISO 14001) et d'une stratégie environnementale générale. Les différents sites de production de la société ABB ont été certifiés progressivement à partir des années 98 pour leurs systèmes de management environnemental selon la norme ISO 14001. En parallèle dans le milieu des années 90, l'entreprise a introduit progressivement un outil d'analyse de cycle de vie appelé « LCALight⁸⁸ » et un manuel d'éco-conception suivi des programmes de formations et de sensibilisations [TINSTRÖM 06]. Depuis la fin des années 90, ABB réalise des déclarations environnementales concernant ses produits et tout particulièrement les transformateurs (transformateur trafoStar de 500/250 MVA avec un système de refroidissement et transformateur 315 KVA, ...). Parmi les différentes unités d'affaires, celles qui ont lancé une communication de type déclaration environnementale des

⁸⁸ http://www.dantes.info/Tools&Methods/Software/webbasedtools_LCALight.html

produits ABB sont la Suède, l'Italie, France et l'Australie. Les méthodes « Tellus » et « Eco-indicateur 95 » ont permis d'évaluer les impacts environnementaux globaux. Les catégories d'impacts environnementaux qui ont été prises en compte dans les ACV réalisées par ABB sont le réchauffement global, l'acidification, la diminution de l'Ozone, la formation d'oxydant photochimique, l'eutrophisation et les nuisances sonores. La politique environnementale d'ABB s'est étendue, dès la fin des années 90, à la prise en compte des différents aspects du développement durable. En 2001, l'entreprise a publié le premier rapport développement durable selon le modèle du guide du « Global Reporting Initiatives ». De même, en 2000, ABB a pris la décision d'intégrer des objectifs de développement durable dans son outil de contrôle des projets de développement des produits appelé « GATE Model ». Aujourd'hui chaque groupe de projet a le choix des outils d'ACV qu'il veut utiliser. Les experts environnement sont impliqués dans tous les projets mais les responsabilités vis-à-vis de l'environnement ne sont pas demandées aux seuls experts environnement, elles s'étendent à différents niveaux de la hiérarchie et à différentes fonctions de l'entreprise [TINSTRÖM ET AL. 06].

- Démarche d'éco-conception chez France Transfo

Le groupe Schneider Electric, dont France Transfo est filiale, a investi des ressources dans les outils de conception. Cette entreprise a été à l'origine, avec d'autres industriels du secteur, du logiciel d'aide à la décision EIME. Depuis 1999, elle a également développé un site web relatif à l'environnement. D'autres outils comme ceux d'aide à l'analyse de la recyclabilité du produit sont utilisés et développés en interne. Parmi les produits éco-conçus, la communication est faite autour des variateurs de vitesse, des systèmes de coupure du circuit, etc.

- Démarche d'éco-conception chez Cooper

Une comparaison des différents diélectriques (huile minérale, ester naturel, huile à la silicone,...) a été réalisée par Cooper. Les résultats favorisent ceux qui sont issus des ressources renouvelables et qui ont un taux de biodégradabilité important.

- Démarche d'éco-conception chez Incoesa Trafodis

L'entreprise est engagée dans une démarche d'éco-conception de ses transformateurs et de ses postes de transformation. Les principaux objectifs sont de substituer l'utilisation de SF6 et accroître la recyclabilité des composants de ses postes de transformation. Incoesa a développé une nouvelle technologie sans SF6 et elle utilise un diélectrique biodégradable

dans ses transformateurs. De même, l'efficacité du transformateur a été améliorée afin de réduire les pertes d'énergie. Par exemple cette optimisation conduit à un gain de 18220 € pour une durée de vie de 35 ans.

Grâce à un guide d'éco-conception, l'entreprise applique régulièrement les critères environnementaux dans le processus de conception de ses produits.

- Démarche d'éco-conception chez Areva

La politique environnementale d'Areva se base sur la certification ISO 14001 de ses sites et la mise en œuvre d'une démarche d'éco-conception destinée à ses services et à ses produits. En 2004, 41% des sites de la filière « Transformation et Distribution » ont été certifiés ISO 14001. Cette même année le groupe Areva a investi 82 millions d'euros dans le domaine de l'environnement en France.

La démarche d'éco-conception a débuté en 2003 avec la collaboration de l'université de Troyes. En 2004, la filière « Transmission et Distribution » a développé un modèle d'analyse interne et a mené 11 audits. Les résultats de ces travaux ont été présentés dans le salon pour l'environnement « Pollutec ». De même en 2005 le groupe Areva lance son premier connecteur éco-conçu, ce projet a représenté un investissement de 6 millions d'euros. L'augmentation de l'efficacité des connecteurs est due au remplacement du noyau en fer par un noyau en matériaux composite constitué de fibres de verre et de carbone lié par un polymère spécial.

Actuellement les réflexions d'Areva en éco-conception portent sur l'isolation solide d'appareillages de protection électrique utilisés en moyenne tension, en développant une technologie avec des matériaux moins polluants.

- Démarche d'éco-conception chez Siemens

Le principe de l'éco-conception a été introduit en 1993 dans les produits, les achats et le développement des procédés à l'aide de leur norme interne « Environmentally Compatible Product » SN 36350. D'autres outils internes ont été développés comme des check-lists/questionnaires pour la fin de vie, les substances dangereuses,... Les exemples mis en avant sur Internet de cette démarche concernent les stations de contrôle.

- Démarche d'éco-conception chez Legrand

Dans le cadre de sa démarche Développement Durable, Legrand s'engage à œuvrer pour l'environnement à travers des démarches qui tendent à minimiser l'impact environnemental des produits. Depuis plus de dix ans, cette entreprise a intégré le management de

l'environnement dans ses sites industriels. La politique de Legrand se traduit aujourd'hui par l'obtention de la certification environnementale ISO 14001 pour 72 % des sites industriels dans le monde et 90 % en Europe. Cette entreprise prend également en compte les impacts générés par les produits tout au long de leur cycle de vie grâce à la démarche d'éco-conception. Cette démarche s'appuie sur un « cahier de charge fonctionnel produit » qui prend en compte 11 indicateurs environnementaux, le logiciel d'aide à la décision EIME, un outil d'ACV simplifié, les profils environnementaux produits,... Par exemple, la Division EDIA-Applications Industrielles du groupe a été certifiée ISO 14 001 pour le processus de conception. La démarche d'éco-conception couvre plus de 70% de son chiffre d'affaire. Plusieurs gammes de produits ont intégré la démarche d'éco-conception : armoires et coffrets industriels, blocs de connexion, alarmes incendies, blocs autonomes d'éclairage de sécurité, transformateurs,....

11.1.3. Analyse de la réglementation

Les produits Transfix ne sont pas concernés par la liste des produits visés par la directive DEEE⁸⁹, étant considérés comme des outils industriels fixes. Néanmoins cette directive risque de s'étendre aux autres produits électriques et électroniques, donc les produits Transfix pourront être concernés. Ils ne sont pas dans les 14 familles de produits candidats aux mesures d'exécution de la directive EuP⁹⁰, cependant ils entrent dans le champ d'application. Les producteurs devront procéder à l'évaluation du modèle du produit consommateur d'énergie tout au long de son cycle de vie, puis ils devront établir son profil écologique et enfin pouvoir justifier les solutions retenues au regard des performances environnementales.

Afin d'être en accord avec la réglementation RoHS⁹¹, il faudrait vérifier les produits achetés, notamment les produits pour le traitement de surface qui pourraient contenir des traces de chrome hexavalent.

11.2. Mise en place du mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique

Les enquêtes nous ont permis d'avoir une vision globale du champ de l'éco-conception dans le contexte français, et d'esquisser quatre trajectoires élémentaires préliminaires favorisant la construction du processus d'intégration de l'environnement dans la conception de produits. Le modèle de trajectoire fondé sur l'utilisation d'outils et méthodes à travers du

⁸⁹ Directive 2002/96/CE relative aux déchets d'équipement électriques et électroniques (DEEE),

⁹⁰ Directive 2005/32/EC relative aux produits consommateurs d'énergie (EuP),

⁹¹ Directive 2002/95/CE relative à la limitation d'utilisation des certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques (ROHS)

Cheval de Troie Méthodologique, aboutit à la proposition d'une politique générale d'appropriation de l'environnement en conception au sein de Transfix. Dans le paragraphe 11.2 nous présenterons la mise en place du Cheval de Troie Méthodologique.

11.2.1. L'utilisation d'un outil expert d'éco-conception est nécessaire pour le développement d'un outil adapté à l'entreprise

Les individus participant à la co-conception d'un outil d'éco-conception compatible à leurs pratiques ont besoin d'une sensibilisation préliminaire aux principales notions liées à l'éco-conception (évaluation environnementale, cycle de vie, flux de matières et d'énergies,...). Autrement dit, le processus d'intégration de l'environnement vise l'évolution de l'organisation vers une stratégie fondée sur l'analyse de cycle de vie. De ce fait, l'outil ACV a été choisi afin de favoriser l'émergence de nouvelles connaissances liées à la dimension environnementale et notamment de vulgariser le raisonnement « cycle de vie » au sein de la société Transfix. Les différentes ACV ont permis de réaliser un état des lieux environnemental sur les produits de cette entreprise. Les résultats de certaines ACV réalisées dans cette étude seront présentés de façon très succincte afin d'illustrer la nécessité d'utiliser un outil d'ACV au lancement d'un processus d'éco-conception.

11.2.1.1. *Contexte et objectifs des Analyses de cycle de vie (ACV)*

Transfix fabrique une large gamme de produits permettant de transformer l'énergie électrique. Les différents produits conçus par Transfix se différencient non seulement par leur puissance, la composition du bobinage, mais par leur performance liée aux pertes (en charge et à vide) ou leur déclinaison en modèles poteau, cabines ou postes de transformation. Dans ce contexte, les différentes ACV étudiées étaient les suivantes :

- Comparaison de deux systèmes comprenant des transformateurs et des mécanismes de coupure en cas de défaillance dans le réseau,
- Comparaison des transformateurs d'une puissance de 100 kVA et différentes pertes à vide et/ou en charge,
- Comparaison de transformateurs d'une puissance de 400 kVA avec différentes pertes à vide.

L'objectif des modélisations des ACV selon plusieurs scénarios était de quantifier les impacts environnementaux, d'évaluer les étapes du cycle de vie et les critères environnementaux les plus significatifs des produits étudiés. L'ACV est nécessaire pour s'assurer que des améliorations n'entraînent pas de transfert d'impact d'une étape à l'autre. L'ACV vise à identifier les points forts et les axes d'amélioration de chaque produit ou

composant des produits analysés. Les résultats permettent d'orienter et de faire émerger des axes d'améliorations sur les points les plus sensibles du point de vue de la conception. Les résultats des ACV permettent de modifier certaines phases dans l'objectif de mettre sur le marché des produits plus respectueux de l'environnement. Les ACV favorisent en effet l'évaluation de différentes solutions environnementales (paramétrage des données) et la modélisation des évolutions d'un système à moyen et long terme.

Il ne faut pas négliger que l'ACV est un moyen exhaustif de réaliser le travail de capitalisation des données dans le domaine de l'éco-conception. Concrètement, les ACV favorisent l'acquisition des connaissances sur l'environnement et la qualité environnementale des produits étudiés afin de construire une démarche d'éco-conception adaptée au contexte et à la stratégie de Transfix.

11.2.1.2. Choix de l'outil d'analyse de cycle de vie (ACV)

Les ACV de produits ont été réalisées à l'aide du logiciel Simapro (System for Integrated Environmental Assessment of Products) version 7.0. Ce logiciel permet de modéliser les impacts environnementaux engendrés par les cycles de vie de produits. Les modélisations ont été effectuées grâce à la méthode « Eco-indicateur 99 ». Le calcul de l'impact global réalisé par la méthodologie Eco-indicateur 99, disponible sur le logiciel SimaPro, prend en compte douze indicateurs (raréfaction des combustibles fossiles, raréfaction des minerais, utilisation des sols, acidification, eutrophisation, ecotoxicité, destruction de la couche d'ozone, changement climatique, substances cancérigènes, atteintes respiratoires dues aux composés organiques, atteintes respiratoires dues aux composés non organiques, radiation ionisante) et permet de :

- classer les impacts par les effets qu'ils causent,
- caractériser les impacts par les degrés auxquels ils contribuent à un effet,
- normaliser les effets (ces valeurs des effets sont comparées à des valeurs de référence).

La méthode « Eco-indicateur 99 » détermine la contribution d'un effet donné à l'effet total afin d'obtenir un « profil environnemental ». Cette méthode permet d'agréger les différents impacts (selon un système de coefficients de pondération) et obtenir une unité de mesure unique facilement exploitable en conception : eco-point ou milipoint. Les résultats obtenus avec la méthode « Eco-indicateur 99 » ont par ailleurs été confrontés aux méthodes EDIP/UMIP, Ecopoint et EPS 2000, disponibles également sur Simapro.

Ainsi, le logiciel Simapro permet de réaliser l'analyse du cycle de vie d'un produit et il dispose d'une base de données suffisamment large (Ecoinvent, Buwal, ETH-ESU 96, Idemat,

etc.) concernant les matières, les procédés de fabrication, les moyens de transport et la fin de vie, pour pouvoir réaliser des multiples modélisations et évaluations.

11.2.1.3. *Méthodologie des analyses de cycle de vie*

Les analyses de cycle de vie ont été réalisées conformément à la série de normes ISO 1404X.

- Frontières du système

Les frontières qui ont été prises en compte dans les différents systèmes étudiés sont les données concernant :

- la production des matières de base (sous condition que les informations ont été transmises par les fournisseurs),
- les moyens de transport et les distances moyennes de distribution des produits Transfix,
- l'installation du produit chez le client,
- l'utilisation du produit avec les pertes à vide et les pertes en charge pour le produit donné,
- la fin de vie du produit.

- Recueil des données

Les différentes données ont été estimées, calculées ou obtenues grâce à une notice d'exploitation, aux renseignements des fournisseurs, à l'observation sur le terrain, etc.

- Les phases d'extraction et de fabrication

Les matières, les quantités en unités de mesure et les procédés de fabrication ont été collectés grâce au logiciel de gestion de production interne utilisé par Transfix. Les fournisseurs des matières de base ou des pièces finies achetées ont été contactés afin de compléter les données sur les matières, les procédés de production, les consommations énergétiques par produit, les flux de matières et le taux de rebut. Une demande téléphonique suivie par une fiche à compléter a été émise pour tous les fournisseurs concernés par les produits étudiés.

La consommation d'électricité nécessaire à la fabrication des produits étudiés a été calculée d'après la consommation globale de l'année 2005 et ramenée au nombre de produits fabriqués cette même année de référence.

- Le transport des produits

Les distances de transport des systèmes permettent de représenter la situation moyenne de distribution sur le marché Français (900 km) et sur le marché Européen (1400 km). Pour le transport des produits il a été choisi de prendre des camion-grues autorisant un transport de 32 tonnes.

- Les installations

Seul le système 2 nécessite une préparation du site avant l'installation et la réalisation de la fouille sur le sol. Cette dernière est réalisée grâce au camion grue prévu à cet effet et comptabilisé dans la phase de transport. Dans cette étape, l'excavation a été prise en compte dans l'analyse du cycle de vie.

- L'utilisation des transformateurs

La production d'électricité a été différenciée selon les lieux d'installation du système. Pour un client français, il a été choisi de prendre les données concernant l'électricité fournie en France (approximativement 78 % venant des centrales nucléaires, 14 % de centrales hydrauliques, 6 % des centrales thermiques et le reste est issue des énergies renouvelables). Pour un client Européen il a été choisi de prendre une production d'énergie sur un modèle européen et plus précisément le modèle UCPTTE 88 (Union for the coordination of transmission of electricity). Les pertes ont été calculées de la façon suivante selon les taux de charge à 40 % et à 20%.

- Pertes à vide pour l'unité fonctionnelle (kWh) = $Po^{92} * (8760 * 30)^{93}$
- Pertes en charge pour l'unité fonctionnelle (kWh) = $Pc^{94} * (8760 * 30) * k^2$ (facteur de charge)

- Les scénarios de fin de vie

Les entretiens réalisés avec les commerciaux de deux filières de traitement des transformateurs en fin de vie ont permis de construire les scénarios de fin de vie réaliste.

Les scénarios de fin de vie qui ont été pris en compte dans l'étude sont les suivants :

- Scénario de référence : 75% de recyclage des métaux (acier, aluminium, cuivre) et incinération de l'huile minérale. Nous considérons 400 km pour le transport jusqu'au centre de traitement de matières en fin de vie.
- Scénario recyclage : pour 100% recyclage des métaux (acier, cuivre, aluminium) et 100% de régénération d'huile minérale. Nous considérons 400 km pour le transport jusqu'au centre de traitement de matières en fin de vie.
- Scénario remanufacturing : remise à neuf de la cuve, du couvercle, du circuit magnétique, recyclage des bobines et fabrication des bobines pour le nouveau cycle de vie.

⁹² Pertes à vide

⁹³ Temps en heures pour 30 ans

⁹⁴ Pertes à charge

Nous considérons 400 Km pour le transport jusqu'au centre de traitement de matières en fin de vie pour les matières à recycler et régénérer. Par contre pour les composants à remanufacturer nous prenons en compte le retour jusqu'à l'usine de fabrication à la Garde (900 km pour la logistique inverse dans le contexte du client français).

11.2.1.4. Comparaison de deux systèmes de transformation

- Description des produits concernés par les deux systèmes étudiés

Les deux systèmes qui ont été étudiés dans un premier temps sont les suivants :

- le premier système est constitué de 5 Ecoblocs et d'un sectionneur en ligne,
- le second système est constitué de 4 postes au sol simplifié (PSS) de type A et d'un de type B (composé d'une cellule Haute Tension de catégorie A (HTA) jouant la même fonction que le sectionneur en ligne).

L'**Ecobloc** étudié est un poste de distribution publique qui est alimenté par voie souterraine (Figure 40). La puissance du transformateur s'élève à 100KVA pour des tensions primaires de 15KV ou 20KV (11 KV ou 22KV pour la Suède) et une tension secondaire de 410V. Ce poste possède un système de protection des personnes et de l'environnement.

Les pays scandinaves représentent le premier marché pour l'Ecobloc.

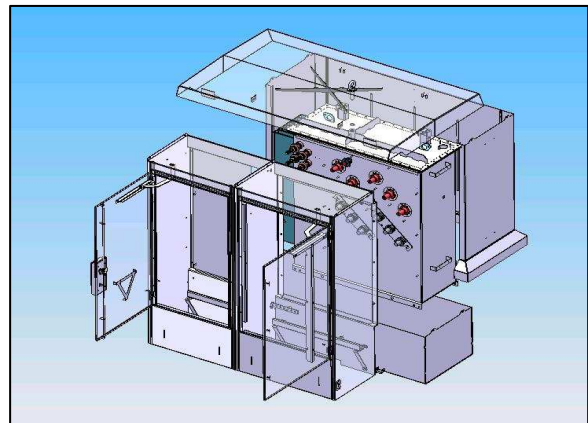


Figure 40. Photographie et schéma éclaté d'un Ecobloc

Le **PSS A** (poste au sol simplifié de type A) étudié est un poste de distribution publique alimenté par voie souterraine. La puissance du transformateur s'élève à 100KVA pour des tensions primaires de 15 KV ou 20 KV (11KV ou 22 KV pour la Suède) et une tension

secondaire de 410 V. Ce poste possède un système de protection des personnes et de l'environnement (Figure 41).



Figure 41. Photographie du PSSA

Le **PSS B** (poste au sol simplifié de type B) a les mêmes caractéristiques que le PSS A. Le poste est en plus équipé d'un mécanisme pourvu d'un interrupteur pour la coupure et/ou connexion d'un tronçon du réseau, ainsi que de deux sectionneurs de mise à la terre (Figure 42).



Figure 42. Photographies du PSSB et de la cellule HTA

Le **sectionneur** est équipé d'un mécanisme permettant la coupure d'un tronçon du réseau, en cas de défaillance sur le réseau (Figure 43).

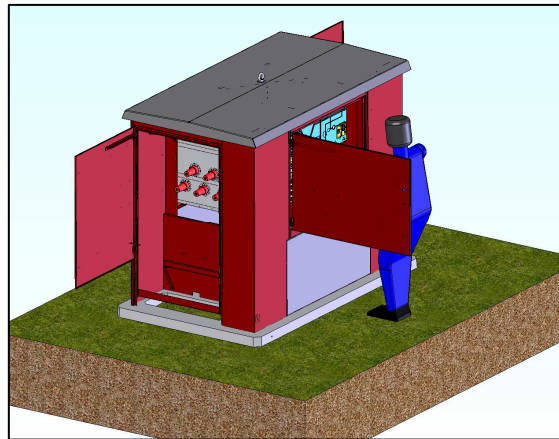


Figure 43. Schéma du

sectionneur

Les deux systèmes étudiés comportent des transformateurs d'une puissance de 100KVA, des enveloppes permettant d'assurer la sécurité par rapport au milieu environnant, des mécanismes de coupure en cas de défaillance, et sont caractérisés tous les deux par une durée de vie de 30 ans. Le Tableau 42 présente plus en détail les deux systèmes.

	Système 1 (5 Ecoblocs et 1 sectionneur)	Système 2 (4 PSS A et 1 PSSB)
Description générale	5 Ecoblocs + 1 sectionneur en ligne	4 PSSA + 1 PSSB
Description du transformateur	100 KVA avec une fonction TPC, pertes à vide de 210 W et des pertes en charge de 1475 W	100 KVA avec une fonction TPC, pertes à vide de 210 W et de pertes en charge de 1475 W
Nature de la matière constitutive de l'enveloppe des postes	Acier	Cuve et parois en béton armé Toit et porte en acier
Caractéristiques des mécanismes de coupure du réseau	Sectionneur en ligne sous azote avec enveloppe en acier	Cellule HTA sous SF6, intégré au PSS B (pas d'enveloppe supplémentaire)
Masse des postes en kg	Ecobloc : 1420 Sectionneur : 1000 Système 1 : 8100	PSSA : 2750 PSSB : 3880 Système 2 : 13392
Dimensions en mm	Ecobloc : Longueur : 1700 Largeur : 1100 Hauteur : 1700	PSS A : Longueur : 1455 Largeur : 1350 (1905 avec trottoir) Hauteur : 2190 (1490 + 700 de la fosse) PSS B : Longueur : 2465 Largeur : 1350 (1905 avec trottoir) Hauteur : 2190 (1490 + 700 de la fosse)
Masses de dalles en kg	Ecobloc : 430 Sectionneur : 542	Trottoir amovible en aluminium

Tableau 42. Description des deux systèmes comparés avec la méthode ACV

- Principales hypothèses pour modéliser les deux systèmes

L'**unité fonctionnelle** pour comparer les deux systèmes est la suivante : « permettre de transformer la tension électrique avec une puissance de 100KVA, en prenant en compte la protection du réseau en cas de défaillance du système ainsi que des techniciens et du grand public grâce à des structures sécurisées ». La durée de vie des transformateurs a été déterminée à 30 ans et le facteur de charge fixé à 40%. Les pertes⁹⁵ d'énergie au sein d'un transformateur sont constituées des pertes à vide (pertes dans le circuit) et des pertes en charge (pertes dans les bobines). Les pertes en charge dépendent du facteur de charge qui est non constant et du milieu dans lequel le transformateur est installé (urbain, industriel, rural, etc.)

Les **périmètres des systèmes** comprennent les enveloppes des deux systèmes, le transformateur d'une puissance de 100 KVA avec une fonction coupure en cas de défaillance, le système de coupure du réseau (sectionneur ou cellule HTA). Aucun autre accessoire (options Basse tension, câbles de raccordements,...) n'a été pris en compte dans cette étude.

- Principaux résultats de la modélisation de ces systèmes

Ce paragraphe présente les résultats obtenus pour chaque système étudié en soulignant les étapes du cycle de vie et les composants contribuant le plus aux impacts environnementaux globaux.

- Analyse de cycle de vie du système 1

La modélisation de l'ACV du système 1 présentée dans la Figure 44 permet de mettre en évidence que l'étape d'utilisation est la plus impactante de tout le cycle de vie. Ce résultat s'explique par l'accumulation des consommations électriques dues aux pertes pendant une durée de 30 ans. L'addition des impacts globaux dus à la consommation des pertes (à vide et en charge) correspond à 5,97 Kilo points (KPt) contre 2,39 kPt pour les impacts globaux dus à la fabrication du système.

⁹⁵ Pertes totales annuelles (KW) = (PO + PC * K²) * 8760 avec PO pour les pertes à vide, PC pour les pertes en charge, K facteur de charge du transformateur et 8760 pour le nombre d'heures par an.

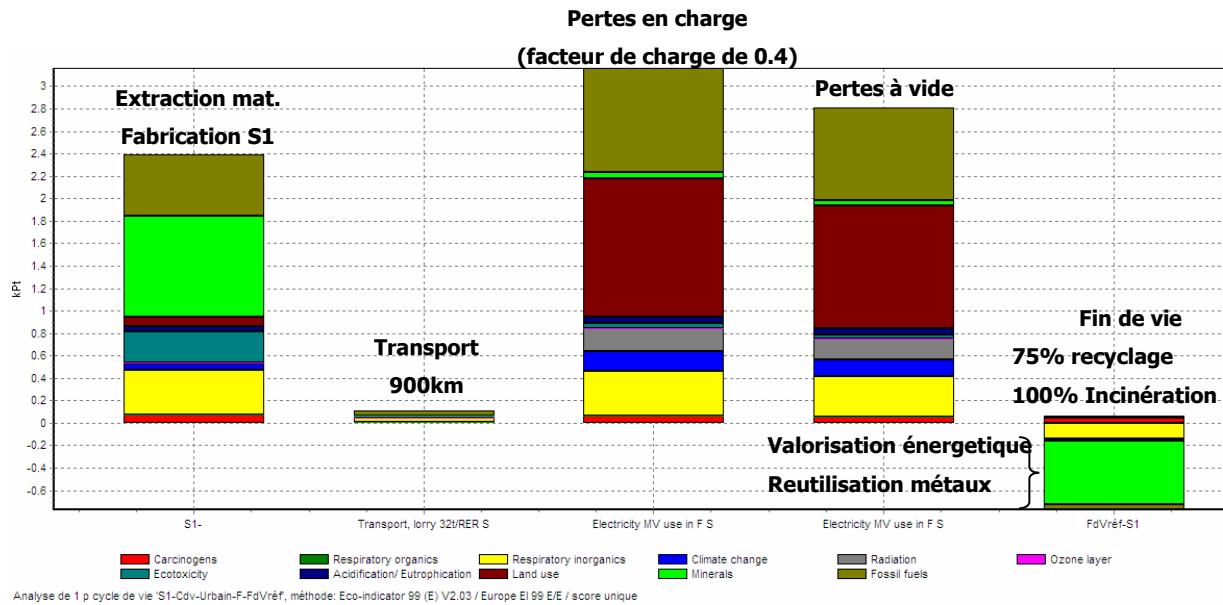


Figure 44. Analyse de cycle de vie de référence du système 1

- Comparaison de deux systèmes sur l'ensemble du cycle de vie

La différence des impacts sur l'environnement des deux systèmes selon le scénario de référence (900 km de transport, 40% de taux de pertes, modèle d'électricité français, et fin de vie à 75% recyclage et 25 % en incinération) n'est pas significative. L'écart est de 0,08 kPt pour un impact global sur l'environnement de 7,85 kPt pour le système 2 (Tableau 43). Parmi les impacts les plus significatifs pour les deux systèmes il y a l'utilisation des combustibles fossiles, l'écotoxicité et les effets respiratoires dus aux substances inorganiques. Ces données s'expliquent notamment par l'utilisation du cuivre et les procédés nécessaires à la production d'électricité. Les tendances des résultats de cette comparaison ont été vérifiées en utilisant plusieurs méthodes disponibles dans le logiciel Simapro. Les résultats obtenus grâce à quatre méthodes présentées dans le Tableau 43 montrent que le système 1 est à chaque fois plus favorable si nous réfléchissons en termes d'impacts environnementaux globaux.

Impacts totaux Méthodes	Eco-indicateur 99 Pt	EDIP/UMIP Pt	Eco-points Pt	EPS 2000 Pt
Système 1	7.77E+03	1.64E+03	8.33E+07	1.22E+05
Système 2	7.85E+03	2.13E+03	9.07E+07	1.24E+05

Tableau 43. Analyse de sensibilité des résultats de la comparaison des systèmes grâce à plusieurs méthodes d'évaluation

- Comparaison des trois postes de transformation

En comparant les trois postes de transformation (Ecobloc, PSSB et PSS A) sur les phases d'extraction de matières et de fabrication, nous pouvons observer que l'Ecobloc (410 Pt) est moins impactant que le PSS B (550 Pt). Les impacts du PSS B sont plus particulièrement dus à l'armoire haute tension (125 Pt), essentiellement au mécanisme de coupure- cellule HTA (60 Pt pour le cuivre et 20 Pt pour le traitement de surface galvanisé) et à l'enveloppe (70 Pt). Nous pouvons déterminer que les bilans entre les PSS A et Ecobloc sont presque équivalents puisqu'il existe un écart de moins de 10 Pt en faveur du PSS A.

- Comparaison des enveloppes

De même, les enveloppes des trois postes ont été comparées. Cette analyse montre que l'enveloppe en acier et aluminium de l'Ecobloc est préférable du point de vue environnemental que les enveloppes en béton et acier des PSS A et PSS B. Le facteur par rapport à l'impact global du PSS B est de 50% (plus de 35 Pt d'écart).

- Comparaison des systèmes de coupure

Etant donné que le sectionneur et la cellule HTA ne peuvent pas être comparés puisque tous les deux sont constitués des mêmes matières premières. La seule variable constitue le SF₆ ou l'azote. Les modélisations montrent que la cellule HTA (111 Pt) représente 50 % plus d'impactant que le sectionneur (216 Pt). Cette comparaison du système de coupure utilisant du SF₆ (gaz 18 fois plus impactant que l'azote) est beaucoup moins impactante si on prend en compte l'ensemble du cycle de vie. Penser à toutes les étapes du produit permet d'éviter le transfert de pollution car dans la phase d'utilisation les impacts de la cellule HTA sont beaucoup plus impactantes.

- Comparaison des scénarios de fin de vie sur les deux systèmes

La comparaison des trois scénarios de fin de vie (75% recyclage métaux et incinération ; 100% recyclage métaux, 100% régénération d'huile minérale et incinération et remanufacturing de composantes et recyclage des bobines) qui ont été déterminés pour l'étude montre que le remanufacturing est le plus favorable pour les deux systèmes (La Figure 45 montre la comparaison entre ces scénarios pour le système 1). Cette première étude a pris en compte le remanufacturing des composantes en acier tels que la cuve, le couvercle et les plaques ferro-magnétiques. Nous avons émis l'hypothèse que le remanufacturing des composantes ne pourrait être réalisé qu'une fois afin de maintenir l'efficacité de l'acier pour une durée de 30 ans. L'optimum est de remanufacturer plusieurs fois les composantes en acier, par exemple si nous prenons 5 cycles de vie (c'est à dire remettre à neuf les composantes 4 fois), l'impact global est réduit de un tiers par rapport au scénario de référence.

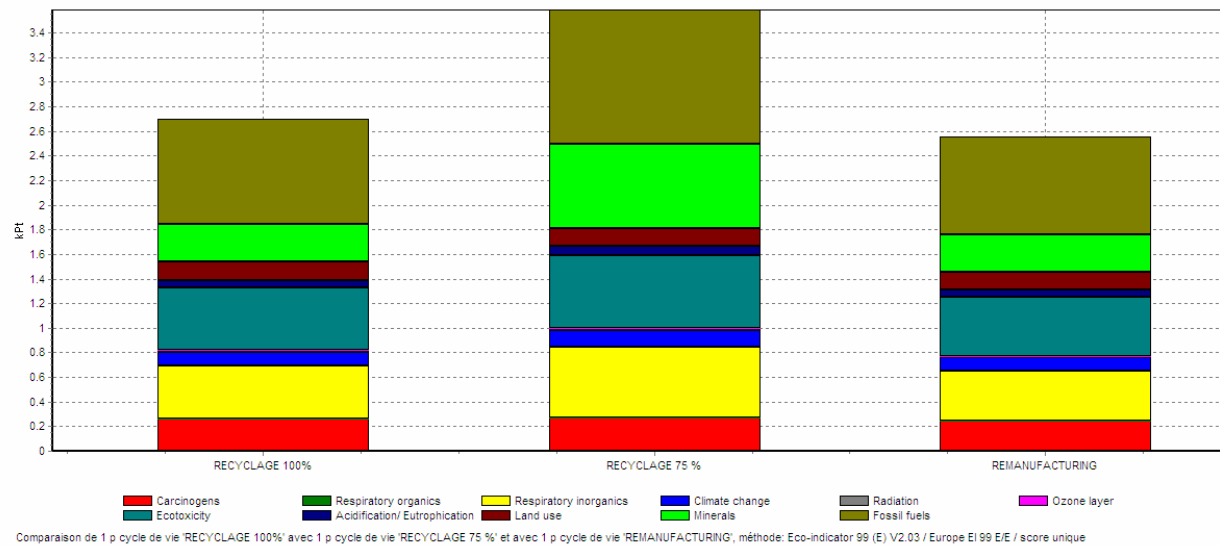


Figure 45. Comparaison des scénarios de fin de vie du système 1 en prenant en compte deux cycles de vie pour le scénario de remanufacturing

- Autres résultats de l'ACV

Le bac de rétention en acier a été comparé aux fosses des PSS de type A et B. Cette comparaison indique que l'option des fosses en béton est moins impactante que la fabrication et extraction de l'acier pour le bac de l'Ecobloc.

Pour un transformateur de 100 kVA, l'extraction du cuivre et la fabrication du bobinage en cuivre représentent approximativement 50% des impacts environnementaux du transformateur pour ces deux phases du cycle de vie.

La peinture pour les enveloppes en époxy ou aluzinc est plus favorable du point de vue environnemental par rapport à la galvanisation.

11.2.1.5. Comparaison des transformateurs de 100 kVA

D'après les premiers constats, les impacts les plus importants sont liés directement au transformateur tant au niveau des phases extraction/fabrication qu'au niveau de la phase d'utilisation. C'est pour cela qu'une analyse de cycle de vie comparative a été réalisée sur trois transformateurs d'une puissance de 100kVA selon le scénario de référence (900 km ; 0.4 de facteur de pertes en charge ; recyclage à 75% des métaux et incinération). Un transformateur de référence caractérisé par des pertes à vide de 1475 W et des pertes à charge de 210 W, a été comparé à deux transformateurs de même puissance mais en réduisant sur l'un les pertes à vide de 30% et sur l'autre les pertes en charge de 30%. L'évaluation montre que les transformateurs à un taux de pertes réduites de 30% sont plus

favorables au respect de l'environnement. Les impacts globaux pour le transformateur sont de 1.15 kPt par rapport à 1.32 kPt pour le transformateur de référence.

11.2.1.6. Comparaison des transformateurs de 400 kVA

Afin d'affiner les hypothèses d'optimisation des pertes en charge une étude a été réalisée sur un transformateur de 400kVA selon le scénario de référence et caractérisé par 610 W de pertes à vide et 4600 W de pertes en charge, pour une réduction de pertes en charge de 4140 W (10%), 3680 W (20 %), 3220 W (30%) et 2760 W (40%).

La Figure 46 illustre les impacts en phase d'utilisation, considérée comme la plus significatives. Le transformateur présentant le bilan le moins impactant est celui ayant les pertes en charges réduites de 40%.

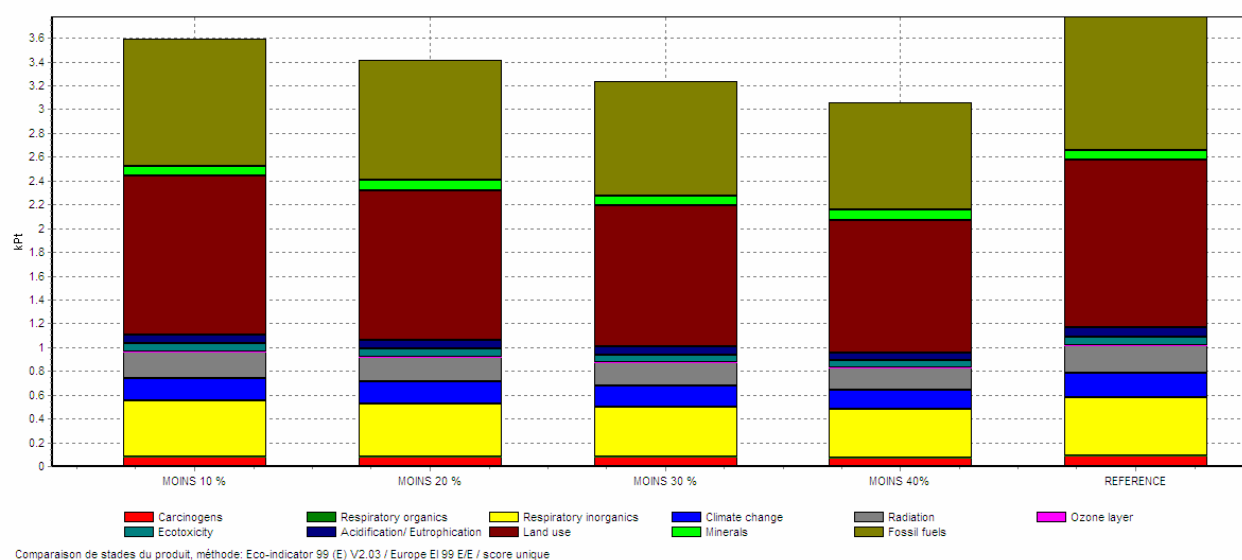


Figure 46. Comparaison des transformateurs 400kVA avec différentes pertes en charges

La réduction des impacts globaux est linéaire par rapport au taux de pertes en charge : 3.78 kPt pour des pertes en charge de 4600 W, 3.59 kPt pour des pertes en charge de 4140 W, 3.42 kPt pour des pertes en charge 3680 W, 3.23 kPt pour des pertes en charge de 3220 W et 3.06 kPt pour des pertes en charge de 2760 W.

11.2.1.7. Discussion sur l'utilisation d'un outil d'ACV

Selon Coté, les ACV seront à terme des outils pouvant constituer un atout pour les PME désireuses de se positionner sur le marché et de différencier de la concurrence en intégrant une démarche d'éco-conception [Coté 05]. Le travail préliminaire réalisé chez Transfix et fondé sur l'ACV a permis de dresser le bilan environnemental de plusieurs produits

(transformateurs de différentes puissances et différentes pertes, différents postes de transformation, des systèmes de coupure du réseau en cas de défaillance du matériel,...). Les modélisations étaient présentées régulièrement au groupe de coordination composé des acteurs de différentes fonctions, au cours des réunions programmées mensuelles. Le groupe de coordination a proposé un grand nombre de recommandations d'améliorations afin de réduire les impacts des produits. La dynamique du groupe de coordination a favorisé les propositions d'explorer différentes stratégies, d'approfondir des analyses, de comparer d'autres produits. Une liste de propositions d'axes d'améliorations pour les produits étudiés a été dressée grâce aux échanges réalisés lors des réunions sur les résultats d'ACV.

Dans le cas de Transfix, nous constatons que la réalisation des ACV grâce au logiciel Simapro a permis de :

- obtenir des résultats pragmatiques et des modélisations intelligibles par les futurs usagers du nouvel outil d'éco-conception,
- sensibiliser les futurs usagers sur les enjeux de l'éco-conception,
- faire évoluer les points de vue des différents acteurs en termes d'environnement, de techniques de conception et de marché,
- introduire un raisonnement « cycle de vie » dans la conception des produits,
- prouver la transparence des résultats en s'appuyant sur des bases scientifiques,
- mieux connaître les points forts et les points faibles de leurs produits,
- orienter les améliorations vers les points les plus sensibles déterminés lors de la conception,
- comprendre que l'éco-conception doit être une démarche progressive pouvant aller de la re-conception à l'innovation des produits.

Au cours de ce travail d'ACV, le responsable marketing de l'entreprise a eu l'opportunité de répondre à un appel d'offre en s'inspirant des réflexions portées sur la faisabilité du remanufacturing. Les différentes modélisations du processus de remanufacturing ont été un critère parmi d'autres qui ont permis à Transfix de gagner le marché. De ce fait, nous avons la conviction que les réflexions réalisées, à partir des ACV, ont permis de renforcer l'intérêt de l'éco-conception dans la stratégie de l'entreprise. L'utilisation d'un outil expert, dans la phase de lancement, a permis de fonder des bases solides sur lesquelles le processus d'intégration de l'éco-conception a pu s'appuyer. Malgré l'utilité de l'outil d'ACV, les concepteurs considéraient la méthode comme complexe et nécessitant la compétence d'un expert. Ce constat conforte notre intuition et celle de Le Pochat [Le Pochat 07] sur le fait que

les outils d'éco-conception restent encore complexes et qu'ils nécessitent un expert pour les rendre utilisables. Cela représente une barrière pour l'intégration de l'éco-conception dans les PME.

11.2.2. Analyse de pratiques de conception

Dans cette étape nous avons analysé les pratiques de conception pour identifier celles qui seront concernées par la dimension environnementale et l'outil auquel cette dimension pourra être intégrée.

11.2.2.1. *Le choix de l'outil de conception destiné à intégrer le volet environnemental*

Transfix dispose d'un certain nombre d'outils d'aide à la conception. Parmi d'autres la société utilise un logiciel de conception assisté par ordinateur (solidworks), un logiciel de gestion de production interne et une macro Excel (appelée « feuille de calcul »).

- Logiciel de Gestion

Ce logiciel de gestion contient les données concernant le temps de fabrication d'un composant, les procédés de fabrication pour le composant, les nomenclatures de produits, le temps alloué pour la fabrication de chaque composant, le suivi des achats, les renseignements sur les fournisseurs, etc.

- Macro Excel « feuille de calcul »

La feuille de calcul permet de réaliser les principaux calculs et elle intervient en amont de la conception (calcul des devis, planification, définition du produit) jusqu'à la conception détaillée du produit. La macro Excel contient toutes les données techniques d'un produit ainsi que les données économiques. Les données concernant les principales matières, leur poids ainsi que les caractéristiques des produits sont spécifiés dans cette macro Excel. La feuille de calcul est utilisée quotidiennement par les calculateurs, les concepteurs, les projeteurs et les commerciaux (cf. Figure 47).

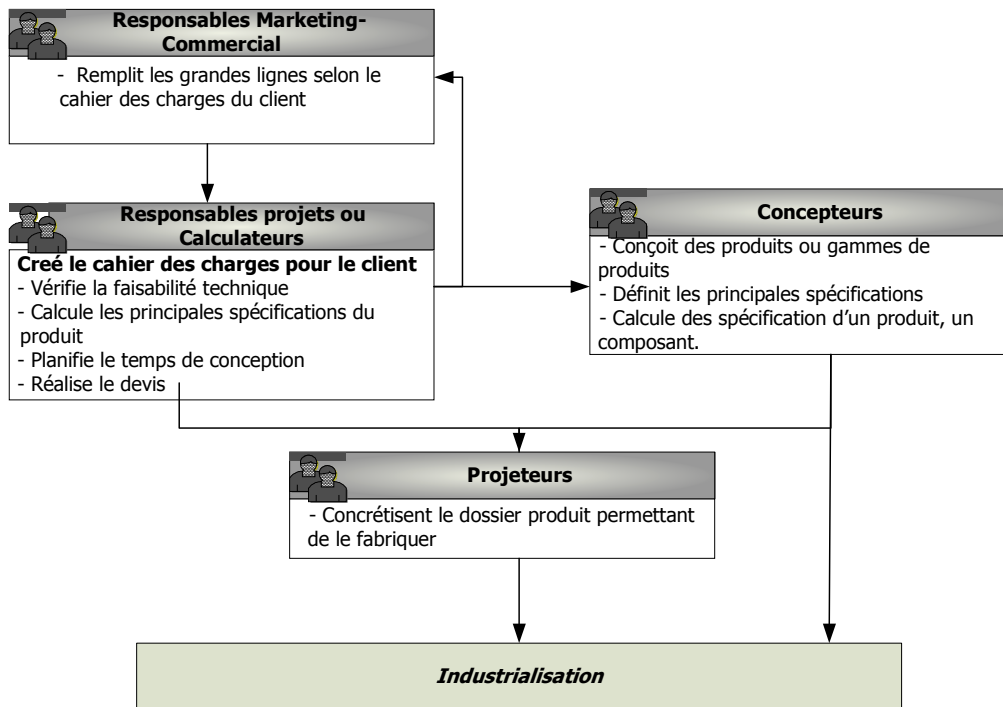


Figure 47. Circuit de la feuille de calcul dans le bureau d'études

L'identification des principaux outils utilisés dans le processus de conception a permis d'orienter les développements et les fonctions de l'outil d'aide qui sera intégré dans les projets futurs. La feuille de calcul a été choisie afin d'intégrer la dimension environnementale dans les pratiques de conception. Celle-ci contient un certain nombre de données (matières, poids des composants, principales informations techniques, coûts) qui sont nécessaires pour alimenter l'outil d'éco-conception.

11.2.3. Stratégie participative pour le développement de l'outil d'évaluation environnementale interactif « Ecotransfix »

Nous avons mené une démarche de conception participative de l'outil d'évaluation environnementale interactive avec des acteurs représentatifs du processus de conception. La Figure 48 montre la méthode déployée dans la construction d'un processus d'intégration de l'environnement dans les pratiques de conception de Transfix qui sera détaillée dans le paragraphe 11.2.3.

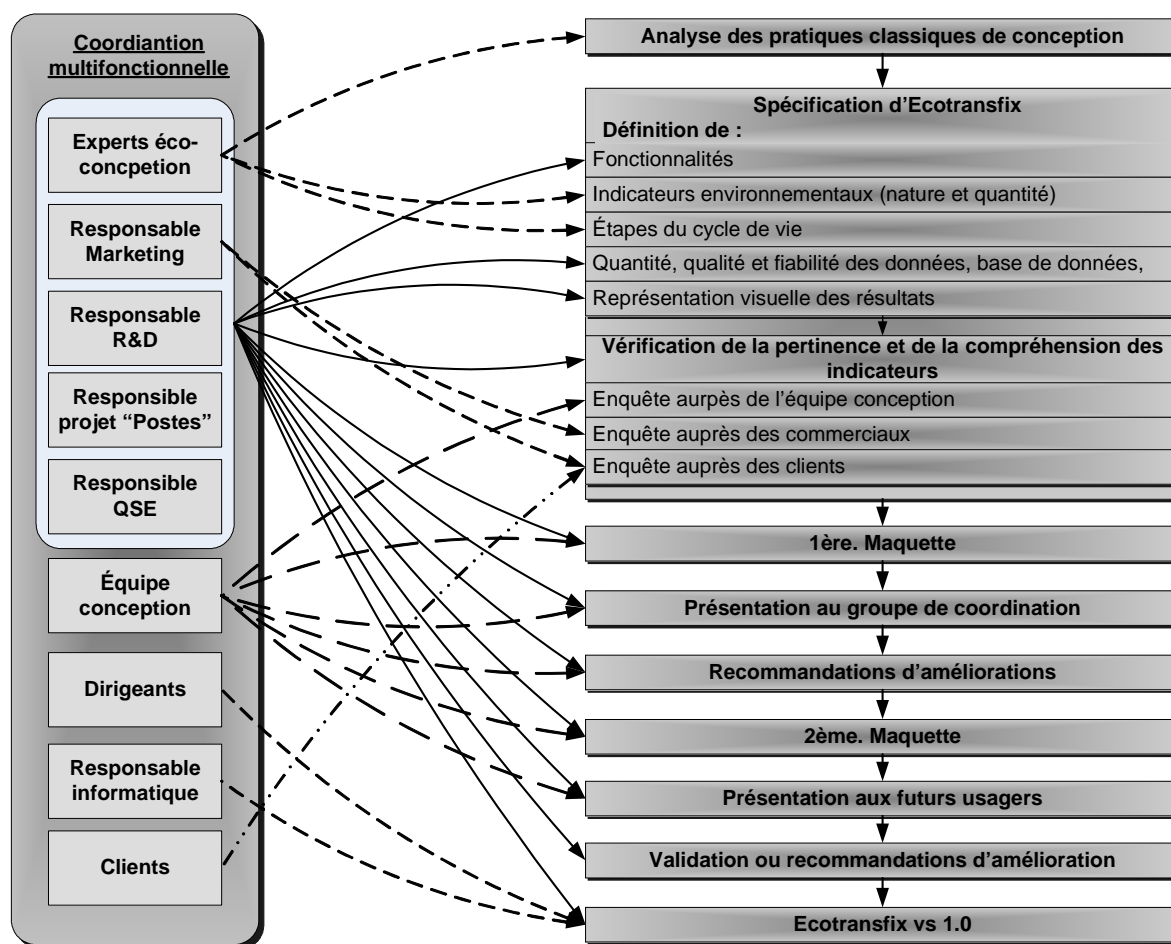


Figure 48. Méthode de co-conception d'Ecotransfix

11.2.3.1. Le groupe de coordination

Transfix a favorisé un comportement proactif en permettant à différents acteurs de participer tout au long du processus d'intégration de l'environnement aux pratiques de conception. Le projet d'intégration de l'éco-conception de l'entreprise a été soutenu par le vice-directeur de l'entreprise, également responsable de la production. Ce dernier a favorisé la prise de contact entre le responsable QSE et les experts éco-conception. Suite à cet échange, nous avons constitué un groupe de coordination composé par six acteurs concernés par le processus de conception :

- le responsable R&D,
- le responsable marketing,
- le responsable QSE (qualité, sécurité, environnement),
- le responsable projet « postes de transformation »
- les experts éco-conception externes.

Le groupe de coordination s'est réuni approximativement une fois par mois. Comme nous l'avons vu précédemment, les réunions collectives ont favorisé l'émergence d'idées dans la recherche de solutions afin de réduire les impacts environnementaux des produits étudiés grâce à des analyses de cycle de vie. Toutefois, le rôle principal du groupe de coordination multifonctionnel était de développer un outil compatible avec la feuille de calcul de l'entreprise.

Le Tableau 44 présente la structure du processus d'intégration de l'éco-conception et montre les rôles des différents acteurs dans la mise en œuvre des actions.

Qui	Rôle
Dirigeants Le vice-directeur/ responsable production	Déclare et encourage l'engagement de l'entreprise Alloue des ressources humaines et matérielles Valide les lignes directrices de la démarche d'éco-conception
R&D - BE Le responsable R&D Le responsable projet "Postes" Deux concepteurs	Facilite l'implication des concepteurs Contribue à la cohérence entre la démarche d'éco-conception et le processus de conception Assure les connaissances techniques Participe au développement d'Ecotransfix Propose des solutions et axes d'amélioration de la qualité écologique du produit Approuve les choix et veille à la cohérence avec l'organisation de l'entreprise Fournit les connaissances techniques et gère les aspects techniques du projet Participe au développement d'Ecotransfix Propose des solutions et axes d'amélioration des produits Personne facilitant la création contacts, la recherche d'informations,... Anticipe les formations Facilite les échanges entre l'expert et l'équipe conception Implique et motive les concepteurs dans l'évolution de la démarche d'éco-conception Valide les choix Diffuse l'outil Assure la mise à jour, l'amélioration continue de l'outil et anticipe les besoins Assure le suivi de la mise en œuvre du processus d'éco-conception et l'améliore Définit les critères d'évaluation des indicateurs Valide les choix concernant l'outil Test et manipule les prototypes et Ecotransfix version 1 Propose des solutions et améliorations à intégrer dans l'outil
Marketing Le responsable Marketing Le commercial	Favorise la connaissance du marché Contribue à intégrer les demandes des clients et analyses des coûts Favorise les échanges entre les experts éco-conception avec les clients et les fournisseurs. Participe au développement d'Ecotransfix Propose des solutions et des axes d'amélioration des produits Valide les choix Assure la communication aux clients grâce à la fiche marketing d'Ecotransfix Diffuse l'enquête concernant l'identification des indicateurs pertinents
QSE Le responsable QSE	Alloue des ressources financières Définit les objectifs et cibles environnementaux Participe au développement d'Ecotransfix Propose des solutions et des axes d'amélioration Valide les choix
Experts éco-conception externes Deux experts	Pilote le processus d'intégration Fournit les outils d'éco-conception experts et réalise les ACV Facilite la diffusion des connaissances concernant l'environnement, l'ACV, etc Pilote la démarche de co-conception (planning, cibles,...) Définit les étapes et met en œuvre le processus Développe les prototypes et Ecotransfix version 1 Analyse les pratiques des concepteurs et propose les étapes pour concevoir Ecotransfix Assure la formation des individus et la communication

Tableau 44. Structure participant à la construction du Cheval de Troie Méthodologique

11.2.3.2. *La spécification de l'outil d'évaluation environnementale interactive*

En vue de réaliser une spécification détaillée de l'outil du cheval de Troie adapté aux pratiques de conception de Transfix, l'intégrateur a défini trois principales exigences à respecter lors de son développement :

- L'outil doit être compatible et intégré à la macro-Excel en respectant un certain nombre de conditions : le temps d'utilisation optimisé, l'accessibilité technique à tous les utilisateurs, l'utilisation d'indicateurs compréhensible par toutes les parties prenantes, une représentation visuelle et interactive des résultats, etc.
- L'outil doit permettre d'agir sur les impacts environnementaux ni trop en amont, ni trop en aval du processus de conception,
- L'outil doit remplir au moins deux fonctions complémentaires : l'évaluation environnementale et la capitalisation des connaissances.

L'équipe multifonctionnelle a permis de développer une dynamique de création et d'échange d'idées, une stratégie d'éco-conception proactive. De ce fait, le cahier des charges de l'outil cheval de Troie adapté à Transfix a été défini par le groupe de coordination. L'outil du cheval de Troie ayant comme fonction principale l'évaluation environnementale interactive a été appelé « EcoTransfix ». Les principales réflexions menées par le groupe de coordination portaient sur : le nombre d'indicateurs d'évaluation de la performance environnementale, la nature des indicateurs, les phases du cycle de vie à prendre en compte, le nombre de données à intégrer (gammes de produits, matériaux), la base de données à créer, les représentations visuelles des résultats, la fiabilité des données,...

- Définition des fonctions de l'outil

Le groupe de coordination a contribué à la définition détaillée des fonctions de l'outil. Dès le lancement du processus d'éco-conception, l'intégrateur a suggéré le développement d'un outil d'évaluation environnementale permettant l'équipe conception de prendre en compte le critère environnemental dans les pratiques classiques. Le responsable Marketing a exprimé le besoin d'avoir un support de communication pour les clients concernant les profils environnementaux des produits de l'entreprise. Le responsable projet « Postes » et un concepteur ont manifesté l'utilité de capitaliser les résultats des analyses réalisés pour les utiliser comme référence dans les futures évaluations. C'est ainsi que le groupe de coordination a défini les trois fonctions complémentaires de l'outil à développer :

- l'évaluation environnementale des produits,
- la capitalisation des résultats,
- la valorisation commerciale de l'approche du produit.

- Définition des indicateurs d'évaluation environnementale

L'intégrateur a choisi de déterminer les indicateurs selon trois dimensions essentielles : le raisonnement sur l'ensemble du cycle de vie, l'évaluation multicritère et l'évolution vers des critères de développement durable. Les résultats des ACV réalisés sur plusieurs systèmes ont permis d'identifier préalablement les indicateurs significatifs et pertinents dans le contexte de l'entreprise. Une liste d'indicateurs a été proposée au groupe de coordination par l'intégrateur. Le groupe de coordination a été impliqué dans la réflexion sur des indicateurs d'évaluation environnementale et notamment leur appellation. Dans ce processus, huit indicateurs de la liste, représentatifs du contexte environnemental des produits, ont été retenus.

Pour vérifier la pertinence de ce choix, nous avons décidé de diffuser un questionnaire auprès des commerciaux des entreprises clients. Le questionnaire avait comme objectif de jauger le niveau de compréhension des commerciaux concernant une trentaine d'indicateurs environnementaux. Les indicateurs ont été quantifiés selon 5 niveaux (extrêmement compréhensible, très compréhensible, assez compréhensible, peu compréhensible, pas compréhensible du tout) que nous avons noté de 1 à 5. Le responsable commercial a envoyé le questionnaire à ses clients par courrier électronique. Ce dernier a pu collecter 13 réponses. Les résultats de notre enquête montrent que les indicateurs suivants sont les plus intelligibles pour les clients :

- changement climatique,
- sécurité des opérateurs,
- énergie consommée ;
- utilisation des sols,
- taux de recyclabilité,
- niveau d'intensité acoustique,
- intégration paysagère,
- gaz à effets de serre,
- gêne visuelle.

Les indicateurs considérés comme les moins compréhensibles par les clients sont :

- l'eutrophisation,
- l'acidification,
- les effets respiratoires,
- la quantité de radiation émise.

Chaque commercial a choisi les indicateurs les plus pertinents qu'il pouvait utiliser dans la communication avec ses clients et qui étaient adaptés à leur contexte industriel. Parmi tous

les indicateurs, la majorité des commerciaux a choisi l'énergie consommée (92.3%), les nuisances sonores (84.6%), la gêne visuelle (76.9%), la sécurité des opérateurs (76.9%), le taux de recyclabilité (76.9%). Nous avons croisé les résultats de l'enquête avec les exigences que l'intégrateur et le groupe de coordination ont fixées. Ainsi, nous avons décidé de retenir huit indicateurs respectant les trois dimensions fondamentales définies préalablement : multi étapes, multicritère et critères de durabilité. Les indicateurs d'énergie consommée, de nuisances sonores, de gêne visuelle, de sécurité, de taux de recyclabilité, de raréfaction des minerais, de changement climatique et de toxicité ont été conservés pour dresser les écoprofiles des produits.

Indicateurs déterminés par le groupe de coordination	Indicateurs les plus compréhensibles pour les 13 clients	Indicateurs identifiés comme pertinents par les clients	Indicateurs pertinents au contexte de Transfix et compréhensibles retenus
bruit, sécurité, intégration paysagère, taux de valorisabilité, gaz à effet de serre, raréfaction des minerais, écotoxicité, couche d'ozone.	changement climatique, sécurité des opérateurs, énergie consommée, utilisation des sols, taux de recyclabilité, niveau d'intensité acoustique, intégration paysagère, gaz à effets de serre, gêne visuelle	énergie consommée, nuisances sonores, gêne visuelle, sécurité des opérateurs, taux de recyclabilité	énergie consommée, nuisances sonores, gêne visuelle, sécurité, taux de recyclabilité, raréfaction des minerais, changement climatique toxicité

Tableau 45. Identification et détermination des indicateurs d'évaluation à intégrer dans l'outil Ecotransfix

L'indicateur de toxicité combine les phénomènes d'eutrophisation, d'écotoxicité, des effets respiratoires et des substances chimiques ayant une action cancérigène. Les calculs des indicateurs de toxicité, de changement climatique et de raréfaction des minerais ont été réalisés grâce à des données existantes dans la base de données Ecoinvent et une cotation déterminée par l'intégrateur. La cotation permet de transformer les unités de la base de données Ecoinvent en une échelle de 1 à 10, favorisant ainsi la représentation graphique et la comparaison entre le produit de référence et le produit à évaluer. Les calculs des autres indicateurs tels que les nuisances sonores, gêne visuelle et la sécurité des opérateurs se basent sur une méthode de cotation définie par le responsable projet « Postes » et un concepteur. Ces deux acteurs accompagnés de l'intégrateur ont réalisé des brainstormings afin de déterminer dix critères d'évaluation pour chacun de ces trois indicateurs. Les critères

d'évaluation ont été spécifiés grâce aux exigences des différentes normes, aux objectifs de qualité environnementale définis pour les produits Transfix, etc. La cotation des critères des indicateurs concernant la sécurité, les nuisances sonores et la gêne visuelle permet de noter chaque indicateur sur une échelle de 1 à 10 également.

- Détermination des étapes du cycle de vie à intégrer

L'intégrateur a proposé de prendre en compte les principales étapes du cycle de vie : l'extraction de matières, la fabrication, le transport, l'utilisation et la fin de vie. La phase d'installation a été exclue car ses impacts environnementaux sont peu visibles par rapport aux autres phases du cycle de vie et notamment de la phase d'utilisation. L'intégrateur a suggéré d'intégrer dans la phase Transport l'utilisation d'un camion grue qui pourrait être utilisé dans le cas de l'analyse d'un produit nécessitant une excavation pour son installation. Le groupe de coordination a donné son accord pour la prise en compte des cinq principales étapes.

- Définition des données à intégrer et capitalisation des résultats

Le groupe de coordination a décidé d'utiliser des données nécessaires à l'évaluation environnementale grâce à des inventaires existants dans le commerce. Les données permettant de réaliser les inventaires des produits de la société Transfix s'appuient spécialement sur les valeurs d'Ecoinvent. De ce fait, nous avons décidé d'intégrer dans cette base de données les valeurs des matières, des procédés de fabrication, des scénarios de fin de vie, etc. représentatifs des produits fabriqués aujourd'hui. Certaines données non disponibles dans ces inventaires ont été complétées par les informations collectées chez les fournisseurs. Nous avons également introduit des valeurs qui pourraient être utilisées dans le développement des nouvelles gammes, notamment les données environnementales de nouvelles matières et des scénarios de fin de vie envisageables.

Un autre point défini lors des réunions du groupe concernait la capitalisation des analyses de cycle de vie qui allaient être réalisées. L'objectif était de favoriser l'accès de l'équipe conception à une base de données afin que les concepteurs puissent valoriser par la suite le travail déjà réalisé et d'améliorer en continu la prise en compte de l'environnement.

- Détermination de la représentation graphique des résultats

Un aspect important soulevé par le groupe de coordination concernait la représentation des résultats afin que ces derniers soient intelligibles soit par les concepteurs soit par les

clients. La présentation des résultats sous forme de diagramme radar a été suggérée par l'intégrateur et approuvée par le groupe de coordination.

11.2.3.3. La validation du cahier des charges et le développement de l'outil

- Validation du cahier des charges

Comme nous avons vu dans le paragraphe précédent, l'explicitation participative des besoins et des attentes du groupe de coordination a permis de détailler les principales fonctions de l'outil, les indicateurs d'évaluation, le type de résultats à obtenir, la représentation graphique des résultats, l'ergonomie et la présentation de chaque feuille. Ainsi l'intégrateur, à l'aide du groupe de coordination, a défini un cahier des charges détaillé de l'outil d'évaluation environnementale interactive.

- Développement des prototypes et de la première version de l'outil « Ecotransfix »

Après la définition détaillée du cahier des charges, l'intégrateur a développé les deux prototypes. Cette étape s'est déroulée sur une période de trois mois.

A partir du cahier des charges préliminaire, le premier prototype de l'outil a été développé. Ce prototype est présenté dans la Figure 49.

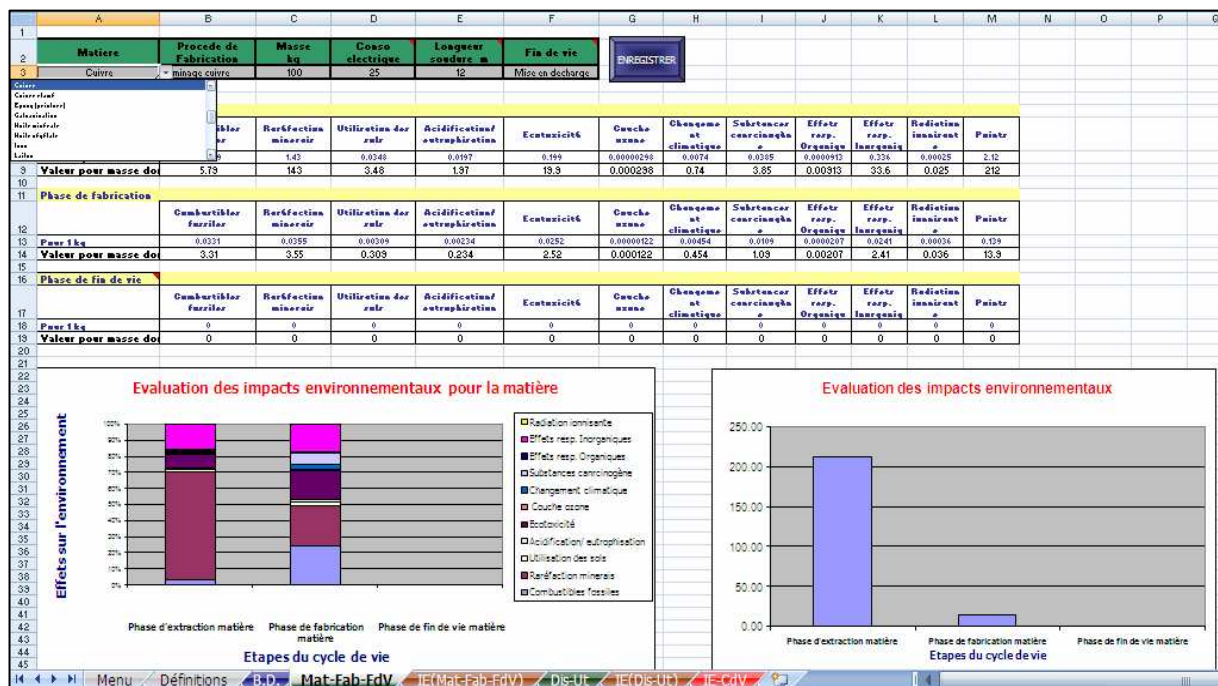


Figure 49. Premier prototype de l'outil d'évaluation environnementale interactive

La partie environnementale du dossier Excel était composée d'une base de données et des feuilles suivantes : deux de saisie des informations, deux de présentations des résultats intermédiaires et une de synthèse des résultats de l'ensemble du cycle de vie. Pour ce premier prototype les indicateurs de la méthode Eco-indicateur ont été utilisés, afin de réduire la saisie des données, d'optimiser le temps et de simplifier les actions des concepteurs. Dans la première feuille de saisie, les données sur les matières, les procédés de fabrication et la fin de vie devaient être remplis. Dans une deuxième feuille, les informations sur le transport du produit vers le client et la phase d'utilisation nécessitaient d'être complétées. La saisie a été construite de façon à pouvoir remplir les données matière par matière. Dans un premier temps, cette option semblait simplifier les actions à réaliser et améliorer la représentation visuelle de chaque feuille.

La Figure 50 présente le deuxième prototype de l'outil du cheval de Troie.

PARTIE ACTIVE					Pertes à vide	Pertes en charge	Taux de charge	Durée de vie en années	Pertes totales en kWh pour X années	
4						210	1455	0.4	30	116043.024
5	Matiere	Procède de Fabrication	Masse kg	Fia de vie	Recycla ble	Masse total produit en kg		Distance en Km	Energie utilisé	classe de poste ?
6	Acier	laminage acier (1 kg)	198	Recyclage Acier	OUI	595	900			
7	Alu	X	1	Mise en décharge	NON					
8	Alu	X	3.3	Mise en décharge	OUI					
9	Alu	laminage aluminium	15	Recyclage Aluminium	OUI					
10	Alu	X	2	Mise en décharge	NON					
11	Alu	X	1.6	Mise en décharge	NON					
12	Papier	X	5	Mise en décharge	NON					
13	Epoxy (peinture)	X	2	Mise en décharge	NON					
14	X	X	0	X	X					
15	X	X	0	X	X					
16	X	X	0	X	X					
17	X	X	0	X	X					
18	X	X	0	X	X					
19	CUVE-COUCVERCLE-ONDES									
20	Matiere	Procède de Fabrication	Masse kg	Fia de vie	Recycla ble					
21	Acier	Laminage acier (1 kg)	145	Recyclage Acier	OUI					
22	Huile minérale	X	159	Recyclage Huile	OUI					
23	X	X	0	X	X					
24	X	X	0	X	X					
25	X	X	0	X	X					
26	X	X	0	X	X					
27	X	X	0	X	X					
28	X	X	0	X	X					
29	X	X	0	X	X					
30	X	X	0	X	X					
31	X	X	0	X	X					
32	X	X	0	X	X					
33	X	X	0	X	X					
34	MECANISMES COUPURE- CELLULE RTA-TIPI									
35	Matiere	Procède de Fabrication	Masse kg	Fia de vie	Recycla ble					
36	X	X	0	X	X					
37	X	X	0	X	X					
38	X	X	0	X	X					
39	X	X	0	X	X					
40	X	X	0	X	X					
41	X	X	0	X	X					
42	X	X	0	X	X					
43	X	X	0	X	X					
44	X	X	0	X	X					

CRITERE NUISSANCES SONORES	Concerné	Criticité
Disponibilité de préparations de bruit dans le formulaire	OUI	0
Rapport de prévision de bruit sans graph.	NON	1
Prévision des courbes pondérées fréquence	OUI	0
Prévision des courbes pondérées logarithm.	NON	1
Bruit < 30 dB mesuré par rapport au son de référence	NON	1
Bruit < 35 dB mesuré par rapport au son de référence	NON	1
Bruit < 40 dB mesuré par rapport au son de référence	NON	1
Bruit < 45 dB mesuré par rapport au son de référence	NON	1
Bruit < 50 dB mesuré par rapport au son de référence	NON	1
Bruit < 55 dB mesuré par rapport au son de référence	NON	1
Bruit < 60 dB mesuré par rapport au son de référence	NON	1
Bruit < 65 dB mesuré par rapport au son de référence	NON	1
Bruit < 70 dB mesuré par rapport au son de référence	OUI	0
Bruit < 75 dB mesuré par rapport au son de référence	OUI	0
CRITERE GENE VISUELLE		
La palette de couleurs permet la reconnaissance de son produit client/interloc.	NON	1
La couleur de produit est < 3.1 m²	NON	1
La couleur de produit est < 3.2 m²	OUI	0
La couleur de produit est < 3.3 m²	OUI	0
La hauteur est < 3.1 m	NON	1
La hauteur est < 3.2 m	OUI	0
La hauteur est < 3.25 m	OUI	0
Il existe une analytique de design dans le cahier de charges	NON	1
Le design a été généré dans le développement	NON	1
Le design a été généré pour un produit existant	NON	1
CRITERE SECURITE		
Disponibilité prévision d'écran EY [TP-C]	OUI	0
Disponibilité prévision d'écran EY	OUI	0
IPXX / IP25	OUI	0
SPécialité RTA/TY	NON	1
Indicateur d'état de tension	NON	1
Prévision contre les arêtes saillantes	OUI	0

Figure 50. Feuille de saisie du deuxième prototype de l'outil

Le deuxième prototype a essayé de répondre aux besoins des concepteurs d'avoir dans un même tableau l'ensemble des données à saisir. Les résultats des étapes intermédiaires et de l'ensemble du cycle de vie sont présentés à la fin du tableau dans la même feuille. La représentation graphique et un tableau chiffré par indicateur sur l'ensemble du cycle de vie

est visualisé dans la feuille « Résultats ». La fiche marketing présente la synthèse de la méthodologie utilisée, les définitions des indicateurs, les chiffres par étape du cycle de vie et la représentation graphique de l'ensemble du cycle de vie.

La première version d'Ecotransfix est présentée dans la Figure 51.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2	Référence produit :	Enregistrer dans la base			Base Résultats		Paissance :	ECOTRANSFIX					
4	PARTIE ACTIVE						Pertes à vide	Pertes en charge	Taux de charge	Durée de vie en années	Pertes totales en kWh pour X années		
5	Matériau	Procédé de Fabrication	Masse kg	Fin de vie	Recyclable		210	1455	0.4	30	116049.024		
6	Actier	Laminage acier (1 kg)	133	Recyclage Acier	OUI								
7	Cadre	Laminage cadre	75	Recyclage Aluminium	OUI								
8	Mulle miscrales	X	153	Incineration Mullis	OUI								
9	X	X		X	X								
10	X	X		X	X								
11	X	X		X	X								
12	X	X		X	X								
13	X	X		X	X								
14	X	X		X	X								
15	X	X		X	X								
16	X	X		X	X								
17	X	X		X	X								
18	X	X		X	X								
19	CUVE-COUCRERLE-ONDES												
20	Matériau	Procédé de Fabrication	Masse kg	Fin de vie	Recyclable								
21	Actier	Laminage acier (1 kg)	120	Recyclage Acier	OUI								
22	X	X		X	X								
23	X	X		X	X								
24	X	X		X	X								
25	X	X		X	X								
26	X	X		X	X								
27	X	X		X	X								
28	X	X		X	X								
29	X	X		X	X								
30	X	X		X	X								
31	X	X		X	X								
32	X	X		X	X								
33	X	X		X	X								
34	MECANISMES COUPEUR- CELLULE HTA-TIPI												
35	Matériau	Procédé de Fabrication	Masse kg	Fin de vie	Recyclable								
36	X	X	0	X	X								
37	X	X	0	X	X								
38	X	X	0	X	X								
39	X	X	0	X	X								
40	X	X	0	X	X								
41	X	X	0	X	X								
42	X	X	0	X	X								
43	X	X	0	X	X								
44	X	X	0	X	X								
45	X	X	0	X	X								
46	X	X	0	X	X								
47	X	X	0	X	X								
48	X	X	0	X	X								
49	X	X	0	X	X								
50	X	X	0	X	X								
51	X	X	0	X	X								
52	X	X	0	X	X								
53	X	X	0	X	X								
54	X	X	0	X	X								
55	X	X	0	X	X								
56	X	X	0	X	X								
57	X	X	0	X	X								
58	X	X	0	X	X								
59	X	X	0	X	X								
60	X	X	0	X	X								
61	X	X	0	X	X								
62	X	X	0	X	X								
63	X	X	0	X	X								
64	X	X	0	X	X								
65	X	X	0	X	X								
66	X	X	0	X	X								
67	X	X	0	X	X								
68	X	X	0	X	X								
69	X	X	0	X	X								
70	X	X	0	X	X								
71	X	X	0	X	X								
72	X	X	0	X	X								
73	X	X	0	X	X								
74	X	X	0	X	X								
75	X	X	0	X	X								
76	X	X	0	X	X								
77	X	X	0	X	X								
78	X	X	0	X	X								
79	X	X	0	X	X								
80	X	X	0	X	X								
81	X	X	0	X	X								
82	X	X	0	X	X								
83	X	X	0	X	X								
84	X	X	0	X	X								
85	X	X	0	X	X								
86	X	X	0	X	X								
87	X	X	0	X	X								
88	X	X	0	X	X								
89	X	X	0	X	X								
90	X	X	0	X	X								
91	X	X	0	X	X								
92	X	X	0	X	X								
93	X	X	0	X	X								
94	X	X	0	X	X								
95	X	X	0	X	X								
96	X	X	0	X	X								
97	X	X	0	X	X								
98	X	X	0	X	X								
99	X	X	0	X	X								
100	X	X	0	X	X								

Figure 51. Ecotransfix version 1

La feuille de saisie d'Ecotransfix a été simplifiée grâce à la recherche automatique des données dans la feuille de calcul et le lien entre deux informations réduisant le nombre des cases à remplir. Dans la feuille de résultats, le concepteur peut choisir, pour comparer le produit à étudier, un produit de référence disponible dans la base de données d'évaluations environnementales grâce à une liste déroulante. Enfin, la fiche Marketing est complétée automatiquement et présente des données quantitatives pour chaque indicateur et étape du cycle de vie. Les principales caractéristiques liées à la dimension environnementale du produit ont été ajoutées comme l'intensité acoustique, le taux de recyclabilité, les consommations énergétiques pour une durée de vie du produit, les émissions en équivalent CO², etc.

Les programmations de la récupération des résultats de l'outil vers une base de données et l'exportation des données vers l'outil ont été réalisées par le responsable informatique de l'entreprise.

- Evaluation des prototypes et recommandation des modifications proposées par les usagers

Le groupe de coordination a été consulté à peu près une fois par mois pour valider les prototypes intermédiaires. L'outil d'évaluation environnementale interactive proposé aux deux concepteurs était encore dénommé « prototype ». Cette distinction a donné au groupe de coordination et aux deux concepteurs la liberté de proposer des améliorations, voire des nouvelles fonctionnalités pendant les réunions collectives.

Lors des réunions, l'intégrateur a évalué Ecotransfix directement en s'appuyant sur son application dans les projets qui avaient déjà été étudiés avec Simapro et dont les résultats avaient été présentés au groupe de coordination. Les remarques et recommandations sur les prototypes, suggérées lors des réunions, ont été prises en compte et intégrées à l'application par l'intégrateur.

Le groupe de coordination a été consulté à partir d'un prototype à l'image du cahier des charges préliminaire. La présentation et l'utilisation du premier prototype ont permis de définir plus en détail l'ergonomie, la complexité des fonctions, les cotations des critères (sécurité, gêne visuelle et nuisances sonores) et le temps à consacrer à l'évaluation environnementale dans un projet de conception.

A travers la démonstration de ce deuxième prototype, l'intégrateur a consulté le groupe de coordination et les deux concepteurs présents lors de la réunion, qui ont à leur tour proposé des modifications. Cette consultation a permis également de mieux évaluer les problèmes et d'apporter des solutions compatibles avec les besoins des futurs usagers. Le tableau à saisir a été simplifié, la feuille marketing a été enrichie et la présentation a été améliorée grâce aux suggestions des participants à cette réunion. Un des concepteurs ayant participé à la spécification des critères d'évaluation, a conseillé de créer une base de données pour tous les produits étudiés qui sera directement liée à l'outil. L'idée était que l'utilisateur de l'outil puisse, d'un côté, transférer un profil environnemental déjà étudié pour le comparer avec un nouveau produit et, de l'autre, enregistrer toutes les évaluations réalisées sur un produit afin d'éviter du travail supplémentaire aux concepteurs développant des produits similaires. De ce fait, le responsable informatique de l'entreprise a développé un programme permettant d'enregistrer systématiquement les calculs dans une base de données et d'accéder par un simple clic à cette base de données pour exporter les informations du produit choisi comme référence pour l'évaluation.

La première version d'Ecotransfix a pris en considération les principales demandes du groupe de coordination et des concepteurs : la saisie de toutes les données sur un seul

tableau, la séparation de la saisie des données par composante du produit, l'accessibilité aux données du produit de référence sur lequel le concepteur décidera de baser son bilan environnemental et la capitalisation des différentes évaluations dans une base des données.

- Validation de la première version d'Ecotransfix

Le groupe de coordination a contribué à la définition détaillée du cahier des charges de l'outil, à l'évaluation des prototypes et à la validation du prototype final d'Ecotransfix qui a été effectuée en suggérant des améliorations minimales portant plutôt sur la présentation. Ensuite, lors d'une réunion collective, Ecotransfix version 1 a été présenté au groupe de coordination, au responsable production, au responsable achats, à trois responsables projets et à un concepteur.

A présent, la « feuille de calcul », intégrant Ecotransfix, permet d'intégrer au cœur du processus de conception la variable environnementale sur le même plan que les variables techniques et économiques (cf. Figure 52).

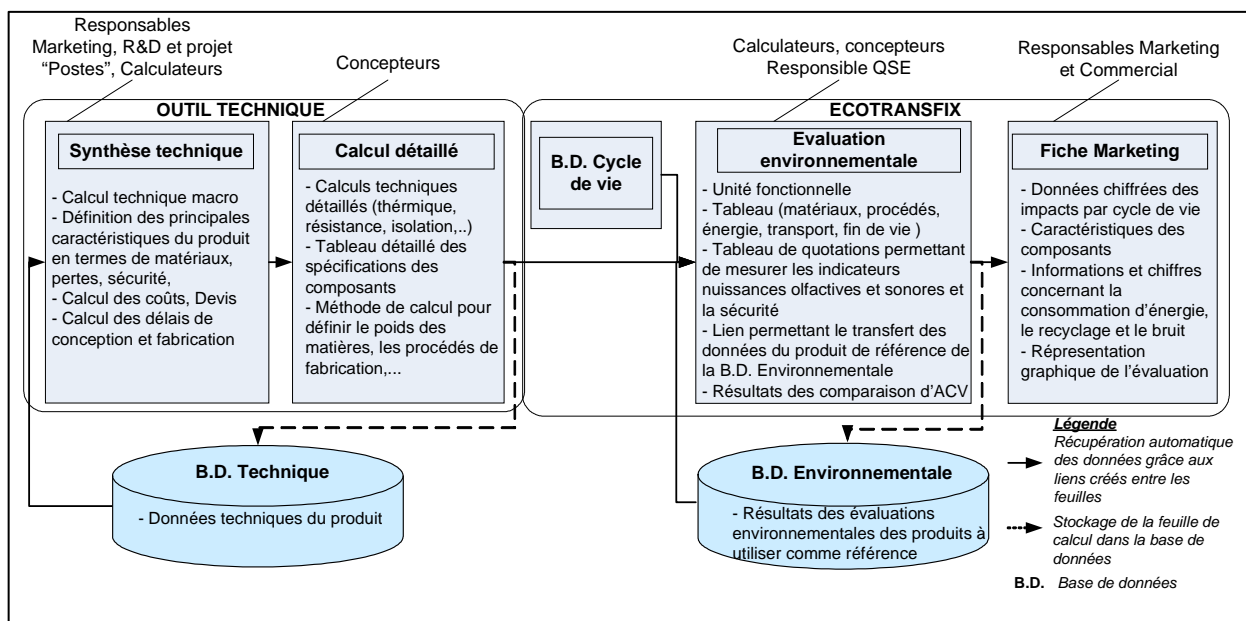


Figure 52. Feuille de calcul intégrant les feuilles techniques et Ecotransfix

11.2.4. Utilisation effective de l'outil Ecotransfix dans des projets

Ce paragraphe se focalise sur trois projets étudiés grâce à l'outil d'évaluation environnementale interactive « Ecotransfix ».

11.2.4.1. Stratégie 1 : la substitution de matière

Les cours de certaines matières, utilisées dans la fabrication d'un transformateur, sont en augmentation constante. La substitution de matière a été considérée comme un axe de réflexion pertinent. Ce afin de pallier les problèmes économiques en améliorant la qualité écologique des produits. Des évaluations comparatives ont été réalisées sur un transformateur de puissance de 100kVA. Plus précisément dans ce paragraphe, nous étudierons un transformateur de puissance de 100 kVA pour des tensions primaires de 15KV ou 20KV et une tension secondaire de 410V.

- Description des transformateurs étudiés et des hypothèses d'évaluation

Un transformateur est majoritairement constitué de matières métalliques et d'huile minérale. C'est dans ce contexte que le projet « substitution de matières » consistait à identifier les matières pouvant être intégrées dans les appareils pour les rendre plus respectueux de l'environnement. Les hypothèses de transport proposées permettent de représenter la situation moyenne de distribution sur le marché français, c'est-à-dire une distance de 900 km en camion-grue 32 tonnes. Pour la phase d'utilisation il a été choisi de prendre une production d'énergie en France (un mix d'électricité). Les pertes déterminées à 210 W de pertes à vide et à 1475 W de pertes en charge ont été calculées pour une durée de vie du poste de 30 ans caractérisée par une charge moyenne de 40%. Comme la réglementation s'oriente de plus en plus sur la fin de vie, nous avons pris le scénario de recyclage des métaux à 100 %, régénération de l'huile et incinération du reste.

Dans un premier temps nous avons substitué à l'une des matières métalliques du conducteur (Cuivre) par de l'aluminium permettant de respecter les caractéristiques du produit définies plus haut : taux de pertes, sécurité, durée de vie,...

Les transformateurs à bobinage cuivre et aluminium ont été calculés par un concepteur qui a réalisé également des études de faisabilité. Le Tableau 46 montre la composition des ces deux transformateurs.

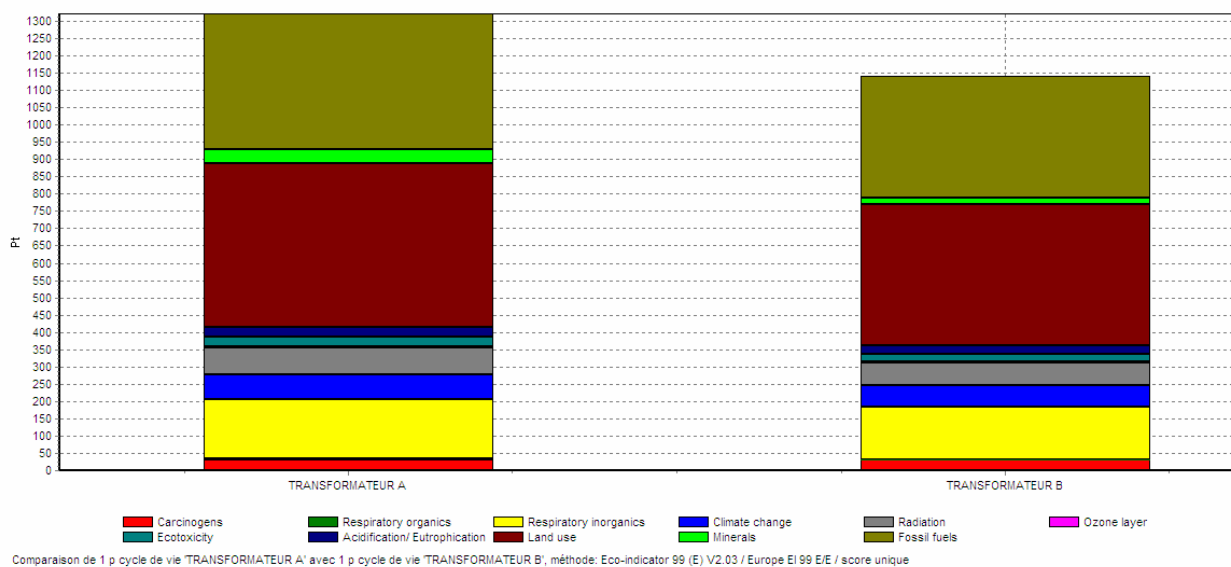
Transformateur A - Cuivre	Transformateur B- Aluminium
Cuivre ~ 100 Kg	Aluminium ~ 70 Kg
Tôle magnétique ~ 180 Kg	Tôle magnétique ~ 200 Kg
Acier ~ 120 Kg	Acier ~ 140 Kg
Huile minérale ~ 110 Kg	Huile minérale ~ 150 Kg
Isolants ~10 Kg	Isolants ~10 Kg
Traitement surface ~ 4 Kg	Traitement surface ~ 4 Kg

Tableau 46. Composition des deux transformateurs étudiés

Nous constatons que le transformateur à bobinage aluminium contient moins de matière de conducteur mais plus d'acier et tôles magnétiques. Le transformateur B comporte plus de matière et par conséquent il est plus lourd, ce qui devrait impacter également sur le transport.

- Résultats de l'évaluation environnementale

La Figure 53 montre les résultats de l'analyse comparative concernant la substitution de matière d'un transformateur de référence de 100 kVA réalisé à l'aide de la méthode Eco-indicateur 99.



Transformateur A= conducteur en Cuivre ; Transformateur B= conducteur en Aluminium

Figure 53. Comparaison des transformateurs composés de conducteurs différents (aluminium et cuivre)

Les résultats obtenus grâce à l'outil EcoTransfix sont présentés dans la Figure 54.

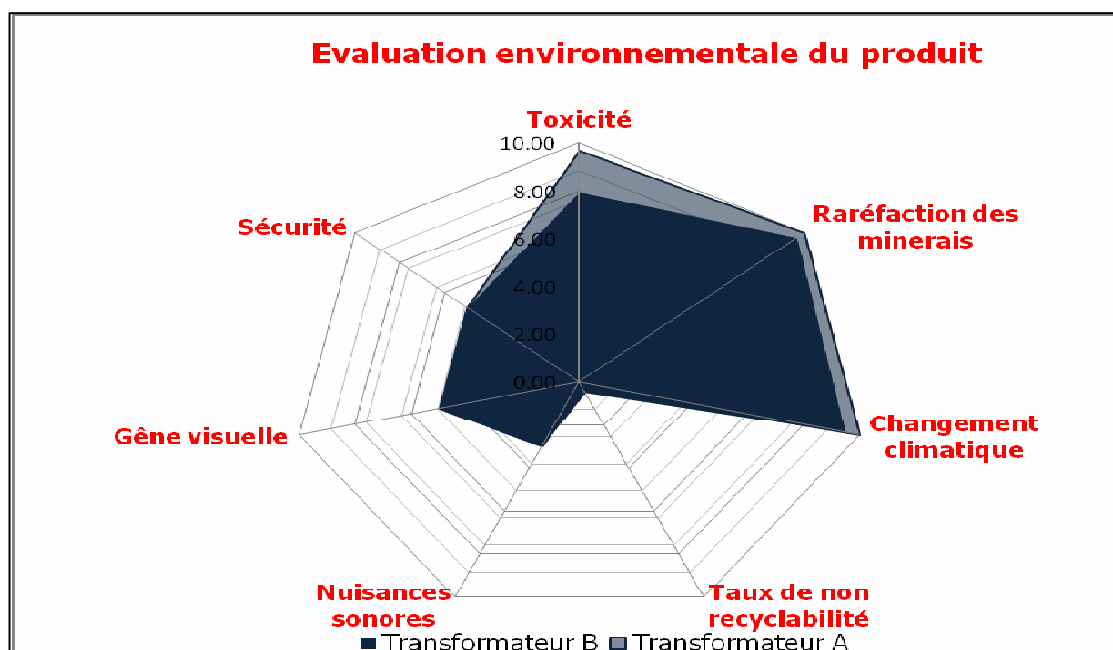


Figure 54. Comparaison des deux transformateurs à conducteurs différents par Ecotransfix

L'analyse réalisée avec quatre méthodes disponibles sur Simapro a permis de vérifier les résultats obtenus avec Ecotransfix. Le bilan environnemental est plus favorable pour le transformateur à bobinage aluminium. Tout d'abord, nous avons réalisé une analyse sur les étapes d'extraction de matières et la fabrication des transformateurs. Ensuite, nous avons comparé les profils environnementaux de ces transformateurs en prenant en compte l'ensemble du cycle de vie (cf. Tableau 47).

Impacts totaux Méthodes	Eco-indicateur 99 Pt	EDIP/UMIP Pt	Eco-point Pt	EPS 2000 Pt
Transformateur A (extraction et fabrication)	375	58,4	2,95E6	3,12E4
Transformateur B (extraction et fabrication)	<u>161</u>	<u>34</u>	<u>2,16E6</u>	<u>1,74E3</u>
Transformateur A (cycle de vie)	1,32E3	148	1,29E7	1.46E4
Transformateur B (cycle de vie)	<u>1,14E3</u>	148	<u>1,16E7</u>	<u>9,86E3</u>

Tableau 47. Analyse de sensibilité des résultats de la comparaison des transformateurs à conducteurs différents grâce à plusieurs méthodes d'évaluation

Ce transformateur, constitué de bobines en cuivre est plus impactant que le transformateur constitué de bobines aluminium, même s'il contient une quantité moins importante d'acier. Cet écart est encore plus notable si nous considérons seulement les étapes d'extraction de matières et la fabrication.

L'évaluation environnementale réalisée sur cette comparaison de deux transformateurs d'une puissance de 100KVA permet de déterminer que l'utilisation d'aluminium pour le bobinage est plus favorable en termes de bilan environnemental et économique.

11.2.4.2. *Stratégie 2 : la réduction de la consommation énergétique*

Les résultats observés dans les différentes gammes de produits étudiées, montrent que l'utilisation est la phase la plus significative en termes d'impacts environnementaux globaux. Comme nous l'avons présenté précédemment, il existe deux types de pertes d'énergie au sein d'un transformateur : les pertes à vide (pertes dans le circuit) et les pertes en charge (pertes dans les bobines). Les pertes en charge dépendent du facteur de charge qui est variable et que nous avons fixé à 40 % comme référence.

- Description du système étudié

En se fondant sur le même produit de référence, un concepteur a calculé et conçu un transformateur à pertes à vide réduites de 30 %. Nous constatons que réduire les pertes signifie augmenter l'utilisation des métaux. Dans cette étude nous avons comparé un transformateur de 100 kVA de référence avec un transformateur à pertes à vide réduites. Pour cette comparaison nous avons pris également une distance de transport de 900 km en camion-grue 32 tonnes. L'appareil à pertes réduites caractérisé par 145 W de pertes à vide et 1475 W de pertes en charge a été calculé pour une durée de vie du poste de 30 ans caractérisé par une charge moyenne de 40%. Comme la réglementation s'oriente de plus en plus sur la fin de vie, nous avons pris le scénario de recyclage des métaux à 100 %, régénération de l'huile et incinération du reste.

- Résultats de l'évaluation environnementale

L'évaluation réalisée sur les deux appareils comparés montre que le transformateur avec un taux de pertes à vide réduit de 30% est celui qui est le moins impactant. La Figure 55 présente les résultats de cette étude comparative obtenus avec l'outil d'évaluation environnementale interactif de Transfix.

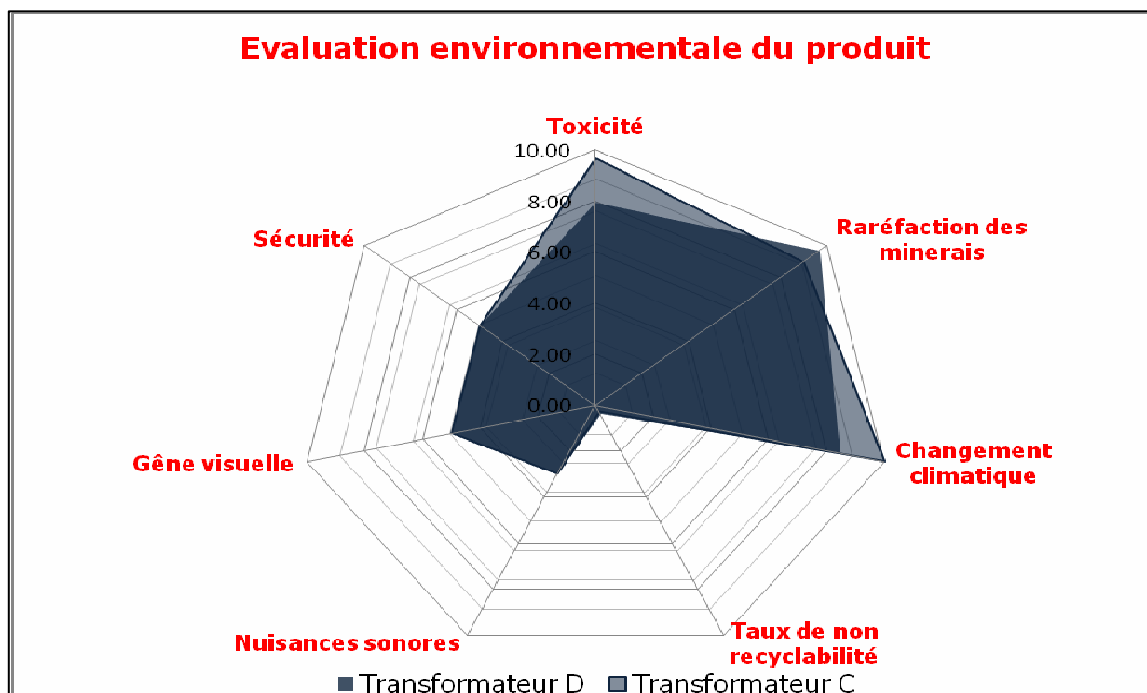


Figure 55. Comparaison des deux transformateurs à conducteurs différents par Ecotransfix

Cette stratégie est applicable à moyen terme puisque le prix de vente d'un transformateur dépend de la quantité et la nature de la matière première et c'est le client qui choisit les caractéristiques du produit qu'il souhaite acheter. Il est évident qu'il y a un retour d'investissement si la consommation énergétique est considérée pour une durée de 30 ans. Cependant les clients ne sont souvent pas prêts à payer plus cher lors de l'achat même si cela signifie des économies liées aux pertes d'énergie sur 30 ans. À l'horizon 2008, Transfix compte investir dans un projet de recherche en partenariat avec la société Electricité de France concernant la conception d'appareils à pertes réduites.

11.2.4.3. Stratégie 3 : la valorisation des produits en fin de vie

La comparaison des trois scénarios de fin de vie (incinération, recyclage et remanufacturing) réalisée avec le logiciel Simapro avait montré que le remanufacturing est le plus favorable du point de vue environnemental.

- Description de l'étude

Dans cette logique, Transfix a proposé de valoriser les parties actives des anciens transformateurs poteaux d'un de ses clients. Ces transformateurs datent des années 90. L'offre réalisée par le responsable Marketing de Transfix a consisté à proposer la valorisation de la partie active de ces anciens transformateurs, composant le plus impactant en terme

environnemental. Si nous prenons en compte les seules phases d'extraction de matière et de fabrication, les impacts environnementaux de la partie active représentent environ la moitié des impacts de l'ensemble du transformateur. La solution de remanufacturing proposée par Transfix est réalisée en partenariat avec une société située à proximité de la zone géographique du client. Concrètement, Transfix fournit les enveloppes des transformateurs avec les différentes fonctions de sécurité, ainsi que les enveloppes des postes. Le sous-traitant procède au démontage des anciens transformateurs, à la récupération de la partie active, la remise à niveau, la remise en cuve, le remplissage d'huile et vérification de son état. Cette solution permet d'allonger la durée de vie des anciens transformateurs de 20 ans (cf. Figure 56).

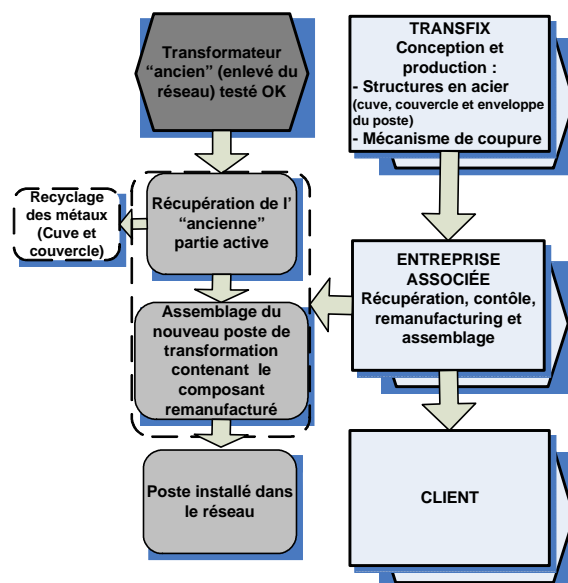


Figure 56. Circuit de récupération et remanufacturing des transformateurs

- Résultats de l'évaluation environnementale

Les Figure 57 et Figure 58 confirment que l'option remanufacturing est plus favorable du point de vue environnemental.

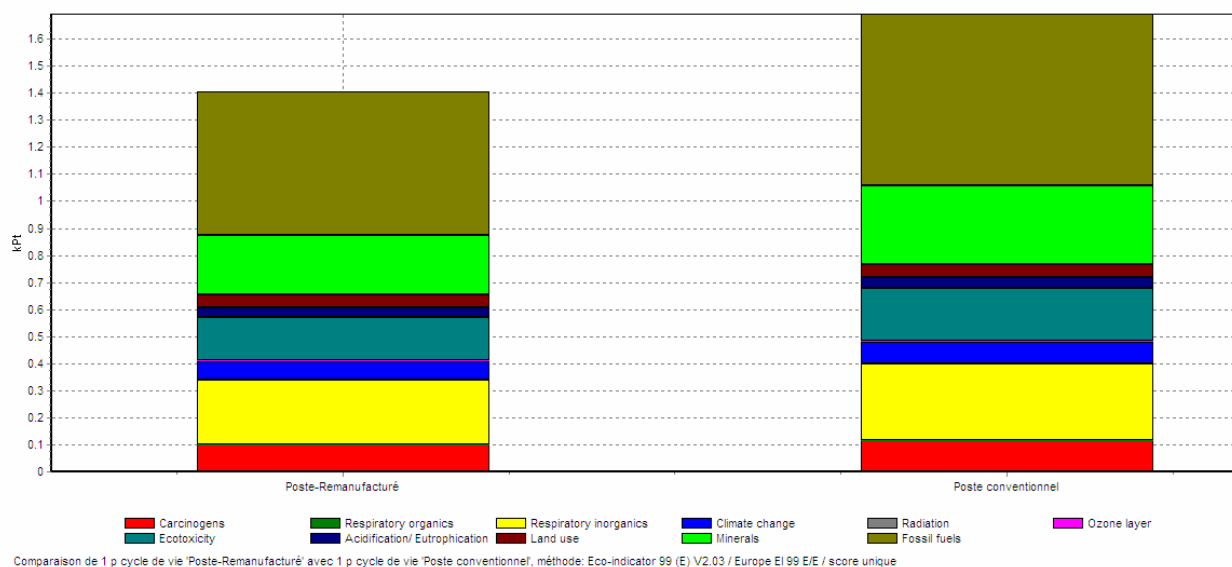


Figure 57. Résultats de la comparaison entre le poste conventionnel et le poste remanufacturé obtenus avec Simapro

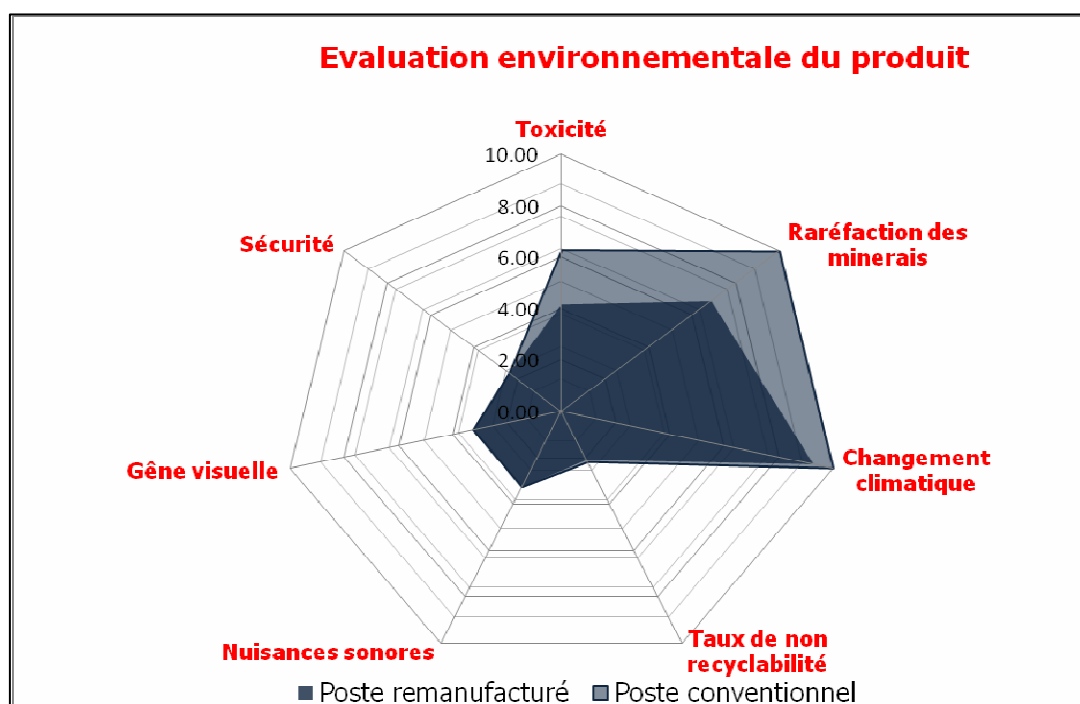


Figure 58. Résultats de la comparaison entre les deux postes avec EcoTransfix

11.2.4.4. *Discussion sur l'utilisation de l'outil*

Les trois choix de conception présentés ont été étudiés afin de réduire considérablement les impacts sur l'environnement. Les solutions ont été évaluées selon l'outil d'évaluation co-conçus au sein de Transfix. Grâce aux résultats obtenus à l'aide d'Ecotransfix, les acteurs disposent aujourd'hui des connaissances, qui pourront dès lors servir de base à Transfix pour ses futurs développements ou la re-conception de la gamme des produits existants.

11.2.5. Préconisations pour des améliorations de l'outil et évolution de l'organisation

Ecotransfix est un outil qui se doit d'évoluer continuellement. Un des axes d'amélioration indispensable par la suite est la construction d'indicateurs de développement durable (santé humaine, production équitable des richesses et solidaire, conditions de travail). Un quart des données nécessaires à l'évaluation environnementale est accessible via les liens avec la feuille de calcul et l'accès au trois quarts des informations reste délicat du point de vue des concepteurs. De ce fait, nous proposons de constituer des liaisons avec des outils internes à l'entreprise contenant ces informations nécessaires. Nous pourrions envisager une exportation des données à partir du logiciel de gestion, par exemple.

Ainsi, en termes de fonctionnalités, Ecotransfix devra intégrer une fonction de support à l'innovation et une autre fonction d'aide à la décision des achats et des choix des fournisseurs.

Au niveau stratégique nous préconisons la création dans le système de management de la qualité un processus «éco-conception».

11.3. Evaluation de l'efficacité du mécanisme du cheval de Troie dans l'intégration de l'éco-conception chez Transfix

Dans cette thèse nous postulons que le mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique favorise l'intégration de l'éco-conception en entreprise. Pour vérifier la validité de cette hypothèse, nous mesurons la cohérence du mécanisme dans le contexte de l'entreprise Transfix, à travers trois indicateurs : opérationnalité de l'outil d'évaluation environnementale interactif, degré de propagation de l'outil, et évolution de la perception de l'environnement.

Une enquête a facilité l'évaluation de l'efficacité du mécanisme au sein de Transfix. L'enquête a été réalisée au mois de septembre 2007 auprès des acteurs ayant participé au projet d'éco-conception. Un questionnaire composé de 34 questions a été distribué :

- aux quatre participants du groupe de coordination (les responsables R&D, Marketing, QSE et projet « Postes »),

- aux trois responsables du bureau d'études,
- aux deux concepteurs ayant participé aux recommandations pour l'amélioration de l'outil.

Les questions fermées ont été évalués sur cinq échelons.

11.3.1. Opérationnalité de l'outil

Cet indicateur mesure la pertinence des résultats fournis par l'outil ainsi que sa cohérence avec les besoins des utilisateurs. Pour analyser la pertinence de l'outil, une enquête nous a permis d'évaluer la compatibilité cognitive de l'outil avec les besoins collectifs.

- Évaluation de l'outil d'ACV expert existant dans le commerce

Huit des neuf acteurs enquêtés considèrent les outils d'ACV existant dans le commerce comme « compliqués ». Quatre d'entre eux considèrent l'outil comme peu convivial et donc difficile à utiliser par une personne non experte. Un acteur le considère comme un outil lourd à appliquer pour une pratique quotidienne, du fait qu'il nécessite de renseigner un nombre important de données. Un autre avoue être surtout intéressé par les résultats plutôt que par la méthodologie qui semble complexe. Cela est complété par l'avis d'un acteur qui considère que les résultats semblent intéressants, mais qu'en raison de la complexité de l'outil expert, ces résultats restent difficiles à expliquer aux clients.

Quatre personnes considèrent l'utilisation d'un outil expert pendant le lancement d'un projet d'éco-conception comme assez important et quatre autres comme très important.

A 66.7% les acteurs de la conception considèrent que l'utilisation d'un outil expert est adaptée ; notamment dans le cas où l'entreprise compte une ou plusieurs personnes formées pour l'utiliser. Seulement quatre personnes recommandent l'achat et l'utilisation d'un outil expert en éco-conception.

- Fonctions principales d'Ecotransfix

Toutes les personnes sondées s'accordent à dire que l'une des trois fonctions principales d'Ecotransfix est d'analyser les impacts environnementaux sur l'ensemble du cycle de vie, afin d'orienter les concepteurs de manière objective sur les choix de conception. La deuxième fonction identifiée par sept individus est la communication de la démarche auprès des clients afin d'améliorer l'image de Transfix auprès d'eux. Deux personnes s'accordent à dire qu'une des fonctions de l'outil consiste à favoriser la sensibilisation des usagers aux dimensions environnementales. Sept acteurs considèrent que l'outil permet de concevoir un

produit à qualité écologique performant et un seul pense que l'utilisation de l'outil facilitera une modification ponctuelle du produit.

Cinq personnes interrogées considèrent Ecotransfix comme un outil tout à fait ou plutôt compatible avec la feuille de calcul. Quatre personnes ont répondu que la compatibilité dépend du produit étudié. Un responsable du BE et un concepteur s'accordent à dire qu'Ecotransfix requiert beaucoup plus de données que celles disponibles dans la feuille de calcul. Toutefois sept acteurs disent avoir la plupart des données nécessaires à saisir dans Ecotransfix en amont d'un projet.

L'outil remplit trois fonctions (évaluation environnementale, capitalisation des connaissances et valorisation commerciale), tout en étant intégré aux méthodes de conception de Transfix.

- Cohérence des résultats

De même, nous avons comparé les résultats fournis par Ecotransfix avec les modélisations obtenues à l'aide de quatre méthodes (Eco-indicateur 99, EDIP/UMIP, Ecopoint et EPS 2000) disponibles dans le logiciel Simapro 7.0. Nous avons constaté une similitude entre les résultats obtenus avec les cinq méthodes (ce malgré la disparité des unités de valeur) sur trois projets étudiés. Ecotransfix s'appuie sur des indicateurs, des règles, des configurations et des bases de données qui sont amenés à évoluer et a été conçu dans un esprit évolutif.

- La démarche de co-conception

La co-conception de l'outil fournit la possibilité de réaliser des mises à jour et de développer d'autres fonctionnalités pour répondre explicitement aux besoins des usagers.

11.3.2. Degré de propagation de l'outil

Selon Lindahl le succès des outils se mesure par deux critères : degré d'usage et degré d'appropriation [Lindhal 06].

- Utilisation dans trois projets

Nous avons choisi le degré d'usage comme premier indicateur, afin de confirmer le degré de propagation d'Ecotransfix. En deux mois d'existence, l'outil a été utilisé sur trois projets que nous avons présentés dans le paragraphe 11.2.4.

- Appropriation de l'outil

Grâce à notre enquête, nous avons également analysé le degré d'appropriation afin de mesurer le degré de propagation de l'outil.

Les neuf acteurs considèrent que les résultats de l'outil sont utiles et exploitables dans tout projet. Cinq acteurs considèrent qu'Ecotransfix est un outil « intégré » dans les pratiques de conception de Transfix. Sept personnes disent avoir une bonne confiance contre deux ayant une confiance moyenne dans les résultats obtenus par l'outil Ecotransfix. Huit déclarent qu'ils vont conseiller l'outil à d'autres personnes.

La majorité des acteurs enquêtés envisage aujourd'hui des applications dans leurs pratiques quotidiennes. Deux responsables comptent diffuser la fiche marketing aux clients afin de communiquer sur la prise en compte de la dimension environnementale dans la conception des produits. Quatre individus estiment qu'Ecotransfix sera introduit pour toutes les études de faisabilité, dans le développement de nouveaux produits et de nouvelles gammes. Un responsable du BE admet son utilité à l'horizon 2008 dans le développement de la nouvelle gamme d'appareils à pertes et émissions de CO₂ réduites. La totalité des sondés déclare avoir l'intention d'utiliser l'outil dans les projets futurs.

Le nombre de personnes ayant connaissance de l'outil et l'utilisant s'élève à dix. Pour six d'entre elles, l'outil devrait être utilisé pour chaque phase de calcul de faisabilité et pour toute nouvelle gamme de produit. Cinq acteurs pensent que l'outil peut être utilisé par approximativement dix personnes et trois autres personnes que l'ensemble des services techniques, marketing et commercial peut l'utiliser.

- La démarche de co-conception

Quatre des six personnes ayant répondu ont précisé que les principales étapes menées dans le projet coïncidaient avec les trois principales étapes suivantes : définition du cahier des charges, validation de l'outil et présentation à l'équipe. Une personne insiste sur la définition des systèmes à étudier, la simulation des différents scénarios déterminés et l'analyse grâce aux graphiques. Un des enquêtés insiste sur l'importance de définir les besoins par rapport à leurs pratiques, l'identification des indicateurs, le choix des critères d'évaluation des trois indicateurs (nuisances sonores, gêne visuelle et sécurité) et d'avoir un échange itératif avec le groupe participant au projet. La présentation du projet et notamment de l'outil représente une étape importante pour trois personnes.

Le Tableau 48, présente la caractérisation de l'importance des actions conduites dans le développement d'Ecotransfix.

Actions	Pas du tout important	Peu important	Assez important	Très important	Extrêmement important
Définitions des principales fonctions	0%	0%	0%	88,9%	11,1%
Spécification du cycle de vie, des indicateurs et des données des produits, représentation graphique	0%	0%	0%	77,8%	22,2%
Validation de la compréhension et de la pertinence des indicateurs auprès des commerciaux grâce au questionnaire	0%	0%	22,2%	66,7%	11,1%
Présentations intermédiaires de l'outil (différents prototypes) après l'intégration de recommandations réalisées en réunion	0%	0%	22,2%	66,7%	11,1%
Proposition des améliorations par les acteurs du BE	0%	0%	33,3%	55,6%	11,1%
Choix des indicateurs environnementaux en réunion	0%	0%	11,1%	88,9%	0%
Choix des critères d'évaluation des indicateurs (nuisance visuelle, bruit et sécurité) par les acteurs du BE	0%	0%	0%	100%	0%
Spécification des besoins en équipe	0%	0%	33,3%	55,6%	11,1%

Tableau 48. Caractérisation des actions mobilisées dans la co-conception d'Ecotransfix

Les résultats de cette question confirment la pertinence de la spécification collective du cahier des charges de l'outil. Nous constatons que les différents acteurs ayant participé à l'explicitation des besoins considèrent comme importantes toutes les étapes de la démarche d'éco-conception. De ce fait, nous avons la conviction que la démarche sera déployée intuitivement lors de la conception d'un nouvel outil ou de l'évolution d'Ecotransfix.

Trois personnes ont pu préciser les principales étapes à suivre pour la conception d'un nouvel outil d'éco-conception : spécification du cahier des charges en équipe, définition des indicateurs, identification des critères, détermination de l'interface des résultats en essayant de respecter au mieux la compatibilité avec leur outil de conception.

Ces résultats nous montrent qu'Ecotransfix est utilisé par un certain nombre d'acteurs, mais également que son utilisation sera plus importante à moyen terme. Nous pensons que pour les personnes ayant participé au groupe de coordination l'outil est devenu autonome.

11.3.3. Evolution de la perception de l'environnement

Nous évaluerons cet indicateur selon trois phases définies par Millet et al : contrainte, critère et valeur [MILLET ET AL. 03]. Ces trois phases permettent de caractériser la façon de considérer la dimension environnementale en entreprise.

Chez Transfix, nous constatons une meilleure maîtrise de la dimension environnementale sur l'ensemble du cycle de vie de produits grâce à l'utilisation d'« Ecotransfix ».

- Niveau technique

Au niveau technique, le critère environnemental a été intégré dans l'instrument de gestion utilisé pour le développement des nouveaux projets.

- Niveau organisationnel

Huit acteurs interrogés sont d'accord sur l'intérêt de la participation du responsable achat et du responsable communication dans le groupe de coordination chargé de l'élaboration de la démarche d'éco-conception de l'entreprise. Il semble également pertinent d'intégrer à la démarche, des représentants des services des méthodes et de production. Un acteur est convaincu que des délégués de la production auraient à jouer un rôle important au sein du groupe de coordination. Il apparaît également pertinent d'intégrer dans la réflexion de la démarche les représentants des services suivants :

- Achats,
- Production,
- Communication,
- Méthodes.

Fonctions	Nombre de citations
Production	5
Communication	7
Achats	8
Méthodes	5
Prestataires	3
Ressources humaines	1
Comptabilité et finances	0
Direction	4
Juridique	0

Tableau 49. Principales fonctions à faire participer dans la construction de la démarche d'éco-conception

- Niveau stratégique

Trois des neuf interviewés qualifient comme très important le projet d'éco-conception en fonction des autres objectifs stratégiques visés par l'entreprise et les six autres comme assez important.

Les acteurs sont d'accord pour intégrer la démarche d'éco-conception dans la lettre de projet qui est le manuel chapeau pour le déploiement d'un projet. La majorité des acteurs considère important d'intégrer les aspects d'éco-conception dans la politique générale de

l'entreprise et également dans le processus « concevoir » défini dans le système de management de la qualité.

Où intégrer Ecotransfix ?	Nombre de citations
La politique générale de l'entreprise	6
Le système de la qualité comme processus support	4
La lettre de projet	5
Les différentes procédures	2
Le processus « vendre »	2
Le processus « concevoir »	8
Le processus « produit »	3

Tableau 50. Propositions de l'intégration de l'éco-conception dans le fonctionnement de l'entreprise

88,3 % des acteurs considèrent qu'à moyen terme la dimension environnementale sera intégrée au même titre que les autres aspects techniques, économiques, autres. Une seule personne est d'avis contraire.

Ces constats montrent que l'environnement est perçu au sein de Transfix comme un critère devant être géré sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit. Toutefois, l'entreprise considérée s'achemine durablement vers une intégration des valeurs de développement durable dans la stratégie d'entreprise.

Pour piloter la pérennité du processus, nous avons construit une trajectoire type d'intégration permettant de créer une dynamique de progression continue sur le long terme. Le processus proposé pour Transfix est fondé sur la combinaison de trois trajectoires élémentaires : l'utilisation progressive des outils d'éco-conception, le changement dynamique de l'organisation de l'entreprise et le développement d'une stratégie d'entreprise fondée sur des valeurs éthiques et de gouvernance.

PARTIE IV : APPORTS ET PERSPECTIVES

Cette partie porte sur les contributions de notre travail de recherche dans le domaine de l'intégration de l'environnement en conception, notamment dans les PME. Dans un premier temps, la mise en œuvre du Cheval de Troie Méthodologique sera commentée. Nous proposerons ensuite un outil prospectif de choix des trajectoires que nous avons imaginé dans le but de faciliter le pilotage d'un processus d'intégration de l'éco-conception. Nous présenterons enfin les avantages et les limites de son application et nous proposerons des perspectives de recherche.

Chapitre 12 : Apports de la recherche

Dans le contexte actuel des modes de développement et de consommation de notre société, la prise en compte des aspects environnementaux dans l'activité industrielle est indispensable. Le milieu industriel joue un rôle fondamental dans l'élaboration et la mise en œuvre des transformations visant des systèmes plus compatibles avec le développement durable. Les impacts environnementaux sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit sont en partie déterminés lors de la conception. De ce fait, l'activité de conception est une phase cruciale si l'on souhaite répondre aux enjeux environnementaux. Nos travaux se sont focalisés sur les difficultés d'introduire la dimension environnementale dans le processus de conception, de l'introduction initiale jusqu'à l'intégration complète. Ces travaux visent donc à proposer un outil de pilotage facilitant l'intégration de la dimension environnementale dans le processus de conception.

Notre problématique a permis d'identifier les principales difficultés auxquelles les entreprises sont confrontées :

- L'appréhension de la dimension environnementale par les acteurs concernés en conception,
- l'usage et l'appropriation des outils et méthodes d'éco-conception,
- l'harmonisation des pratiques collectives,
- l'amorçage d'un processus d'apprentissage organisationnel,
- la transformation des valeurs de l'entreprise.

Pour répondre à cette problématique, nous avons proposé de mettre à disposition de l'intégrateur un outil de pilotage facilitant la mise en œuvre du processus d'intégration de l'environnement, ainsi que la maîtrise de la création des connaissances sur le long terme. Cette approche proposée s'inscrit dans le long terme, car l'intégration de l'environnement suppose une transformation organisationnelle basée sur une vitesse d'apprentissage faible. Nous avons ainsi établi des modèles de trajectoires aidant l'intégrateur dans le choix, l'étalement dans le temps et la mise en œuvre de la grande diversité d'actions à engager pour intégrer l'environnement dans une organisation. Nos propositions se sont focalisées sur un modèle de trajectoire particulière (celle fondée sur l'utilisation d'outils et méthodes d'éco-conception). Pour cette dernière, nous avons développé un mécanisme d'intégration innovant : le mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique. Nous l'avons appelé ainsi en

référence au mythe classique de la Guerre de Troie et aux programmes informatiques cachés car l'armée grecque, comme ces programmes, une fois à l'intérieur de la cible, opèrent et acquièrent le contrôle des transformations. Le concept du Cheval de Troie illustre le principe fondamental du mécanisme qui consiste à introduire un prétexte de travail collaboratif (l'outil d'éco-conception à co-construire) sous une forme appropriable pour favoriser la propagation des connaissances en éco-conception à tous les niveaux de l'entreprise.

Ce mécanisme, mis à disposition de l'intégrateur de l'éco-conception dans une PME, tient compte à la fois :

- de l'élaboration des outils et méthodes adaptés à l'entreprise,
- de l'implication nécessaire des parties prenantes et leurs interactions,
- de la conduite d'un processus d'apprentissage visant la création des valeurs.

Nous avons pu mettre à l'épreuve l'existence de modèles de trajectoires et mesurer la capacité du mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique à favoriser l'intégration de l'environnement dans le milieu industriel.

Dans un premier temps, nous avons réalisé un travail d'enquête auprès des experts et entreprises précurseurs dans le domaine de l'éco-conception, ce qui nous a permis de valider l'existence de modèles de trajectoires d'intégration et nous a conduit à identifier trois catégories de trajectoires élémentaires :

- les trajectoires « méthodologiques » fondées sur l'utilisation d'outils et méthodes d'éco-conception (introduction d'instruments d'évaluation environnementale de plus en plus exhaustifs),
- les trajectoires « relationnelles » basées sur la prise en compte des parties prenantes (allant du niveau individuel à l'intégration de l'ensemble des acteurs internes et externes),
- les trajectoires « décisionnelles et informationnelles » fondées sur la spécification des objectifs, la répartition des responsabilités et la gestion des flux d'informations.

Les esquisses de ces modèles élémentaires ont été dressées à l'issue de notre première expérimentation et ont permis de faire émerger le mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique comme outil de pilotage de l'intégration pour la trajectoire « utilisation d'outils et méthodes d'éco-conception ».

Dans un deuxième temps, nous avons testé ce mécanisme au sein de la société Transfix, une PME française. Nous avons pu ainsi valider :

- la pertinence de mettre à disposition des individus un outil adapté à l'entreprise,
- l'importance de co-concevoir ou co-modifier l'outil grâce une coordination multifonctionnelle,
- la nécessité de procéder en cycle d'apprentissage organisationnel continu (approche évolutive), afin que le processus maintienne une harmonie dans les pratiques de conception malgré leurs transformations et remises en causes successives.

Les résultats de notre travail de recherche semblent montrer l'efficacité du mécanisme du Cheval de Troie méthodologique, comme mécanisme déclencheur de l'intégration de l'environnement en conception. Ces résultats nous permettent affirmer que nos apports scientifiques fournissent des réponses aux difficultés que nous avons mises en évidence dans notre problématique.

12.1. Apports de recherche : un outil de pilotage composé d'un mécanisme de déclenchement et d'un mécanisme d'intégration globale

Les résultats de notre protocole expérimental ont permis de mettre en évidence que l'intégration de l'environnement en conception nécessite un mécanisme déclencheur du processus. Dans le cas de Transfix, la conception d'un outil approprié et son usage effectif ont favorisé l'acquisition des connaissances et la capacité à utiliser ces connaissances dans les pratiques traditionnelles de conception. Le seul déploiement d'un mécanisme d'amorçage, même s'il réussit à internaliser les connaissances et à développer une véritable volonté de pérennisation au sein de l'entreprise, semble insuffisant pour réussir un processus d'intégration qui s'inscrit dans la durée. Les pratiques, les structures et les stratégies de l'entreprise sont en évolution constante, ce qui requiert un dispositif permettant de pérenniser le processus d'intégration ainsi initié. L'intégration réussie de la dimension environnementale en conception résulte d'un processus global. De ce fait, nous proposons de répondre à ce problème de pérennisation du processus d'intégration par la mise en œuvre d'un mécanisme d'intégration globale.

12.1.1. Le mécanisme de déclenchement du processus d'intégration

Les constats réalisés grâce au protocole expérimental, nous permettent de définir les trajectoires esquissées comme des mécanismes capables d'initialiser un processus

d'intégration. La première expérimentation montre qu'il existe une large gamme de trajectoires élémentaires, donc plusieurs possibilités de déclencher un processus d'éco-conception. L'amorçage d'un processus d'intégration de l'environnement en conception s'appuie selon nous sur l'introduction des instruments (12.1.1.1), la prise en compte des parties prenantes (12.1.1.2) ou la mise en place d'un système décisionnel et informationnel (12.1.1.3).

12.1.1.1. Un système méthodologique favorisant l'appropriation d'outils et méthodes

Nous avons vu que les outils et méthodes d'éco-conception sont fondamentaux pour inciter l'équipe de conception à considérer la dimension environnementale dans les projets. L'appropriation des outils et méthodes adaptés aux besoins des acteurs de la conception permet de rendre explicite la dimension environnementale et facilite donc sa prise en compte au même titre que les autres critères de conception. Cette appropriation facilite l'acquisition de connaissances environnementales et de ce fait se traduit par une harmonisation des pratiques collectives conduisant l'entreprise à opérationnaliser la prise en compte de la dimension environnementale dans les produits conçus. Le développement de produits plus respectueux de l'environnement, aboutissement de l'approche méthodologique, est la principale preuve de transformation des valeurs de l'entreprise.

Ce système opérationnel suppose une double progression. La première consistant en une progression d'éléments méthodologiques basiques vers des systèmes d'outils environnementaux couvrant l'ensemble du processus de conception et l'ensemble des effets environnementaux. La seconde progression porte sur la nature des outils considérés : des outils d'analyse environnementale (permettant d'obtenir une photographie précise des problèmes environnementaux) vers des outils d'amélioration/innovation environnementale basée sur des approches créatives.

12.1.1.2. Un système relationnel favorisant la participation des parties prenantes

Un des constats que nous avons réalisés dans la problématique de l'intégration de l'éco-conception en entreprise est l'importance de l'aspect humain dans la mise en place d'une approche environnementale produit. Le travail de réflexion et d'analyse réalisé par un groupe de coordination pluridisciplinaire semble être un atout. Dans le cas de Transfix, la participation des différents acteurs a permis d'intégrer les besoins et les exigences de chacun, facilitant ainsi l'appropriation de l'outil. Le groupe de coordination a une influence forte dans la diffusion de l'éco-conception à tous les niveaux de l'organisation. Autrement dit, la réussite de la diffusion des connaissances environnementales est en relation avec la capacité à comprendre, satisfaire et communiquer avec les parties prenantes. L'éco-

conception peut être à l'origine de nouveaux types de relations permettant de satisfaire les différentes parties.

Ce système relationnel suppose de prendre en compte progressivement les parties prenantes : en commençant par la prise en compte de quelques acteurs internes jusqu'à considérer l'ensemble des acteurs internes et externes (clients, fournisseurs,...). L'objectif est de satisfaire les besoins des parties prenantes en leur offrant l'accès à l'information dans un premier temps et en les invitant progressivement à participer aux prises de décision.

12.1.1.3. Un système décisionnel et informationnel facilitant la création des valeurs

L'état de l'art nous a permis de constater que l'intégration de l'environnement en conception doit être considérée comme un processus d'apprentissage organisationnel. Il est clair pour nous que le processus d'intégration requiert de répondre aux problèmes suivants : accessibilité aux informations, coordination de groupes pluridisciplinaires, définition des responsabilités, communication multidirectionnelle et gestion des connaissances.

Le système décisionnel et informationnel permet de mettre en relief la nécessité de faire émerger de nouvelles connaissances et de nouvelles valeurs orientant de façon prépondérante la stratégie de l'entreprise.

12.1.2. Proposition d'un mécanisme d'intégration globale

Le processus d'apprentissage déclenché par le déploiement du mécanisme doit être pérennisé par la mise en œuvre d'un processus plus global. Cette phase demande un suivi de l'évolution du processus d'intégration de l'environnement en conception et peut sembler moins essentiel, notamment pour les PME qui sont souvent attachées aux résultats concrets à moyen terme. Négliger ce fait serait dommageable, car la valorisation de la démarche est bénéfique à tous les points de vue.

Les trois catégories de trajectoires élémentaires sont complémentaires et représentent les différentes dimensions nécessaires à la réussite d'un processus d'intégration. Le mécanisme d'intégration globale s'appuie sur les trois catégories de trajectoires que nous avons distinguées.

Le mécanisme d'intégration globale que nous proposons, nécessite la combinaison des trois catégories de trajectoires élémentaires afin de pérenniser le processus. De ce fait, nous avons construit un système gradué à trois dimensions destiné à piloter ou réorienter les processus d'intégration de l'environnement en conception (cf. Figure 59). Le système prend en compte les aspects fondamentaux sur trois axes :

- L'axe méthodologique au travers duquel l'appropriation des instruments d'éco-conception rend explicite la dimension environnementale au sein de l'entreprise,
- L'axe relationnel fondé sur la participation des parties prenantes et leur coordination, afin de favoriser la diffusion de la dimension environnementale à tous les niveaux de l'organisation et créer une harmonisation des pratiques collectives.
- L'axe décisionnel et informationnel à travers laquelle l'assignation des objectifs aux acteurs concernés et la gestion de l'information concourent à créer des nouvelles valeurs directrices transformant les pratiques de l'entreprise ayant un impact vis-à-vis de l'environnement.

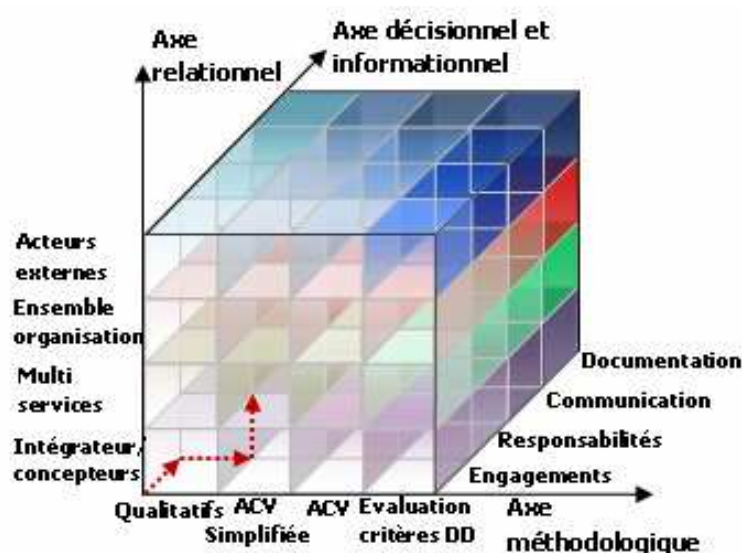


Figure 59. Proposition de l'outil d'aide au pilotage d'un processus d'intégration de l'environnement en conception : mécanisme d'intégration globale

Ce mécanisme est un guide qui permet de progresser étape par étape, de la prise en compte des contraintes environnementales en conception à la mise en œuvre d'un système innovant basé sur de nouvelles valeurs de développement pour l'entreprise.

Au sein d'un espace à trois dimensions, il existe une multitude de possibilités de progression. Chaque cheminement dans l'espace à trois dimensions représente une trajectoire d'intégration. Une entreprise donnée, avec son secteur industriel, ses ressources, son histoire, ... devra déterminer sa trajectoire d'intégration idéale.

12.2. Conclusion des apports

Notre travail de recherche apporte une contribution à un besoin réel du milieu industriel actuel. Le principal apport scientifique est la mise à disposition des chercheurs et des entreprises d'une approche complète visant à remédier aux difficultés rencontrées dans le domaine de l'éco-conception. Nous proposons un outil d'aide au pilotage susceptible d'apporter des réponses au besoin de maîtriser le processus d'intégration de l'environnement en conception de façon pérenne. Ce type d'approche constitue une originalité de nos travaux de recherche. L'outil d'aide au pilotage se compose d'un mécanisme de déclenchement de la diffusion de l'éco-conception et d'un mécanisme d'intégration globale.

Chapitre 13 : Limites et perspectives

13.1. Limites des travaux de recherche

Nous avons expérimenté le mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique dans une entreprise française sur une période de deux ans. L'outil Ecotransfix a été utilisé sur trois projets. Cependant, nous ne pouvons pas vérifier si l'usage effectif de l'outil sera assuré dans le long terme, ni s'il sera mis à jour et amélioré par la suite. L'efficacité repose fortement sur l'évolution du contexte de l'entreprise (modifications structurelles, stratégiques, des pratiques, ...). Nous pensons également avoir bénéficié de la participation des individus motivés et réactifs à la démarche. Ceci a sans doute facilité l'amorçage d'un processus d'apprentissage organisationnel. Dans d'autres entreprises, le travail en commun et le dialogue auraient pu être plus difficiles entre les parties prenantes. Cette démarche participative est certainement un facteur bénéfique quant à l'efficacité d'usage d'Ecotransfix et à la création de connaissances environnementales actionnables en conception. Pour l'instant, nous reposons nos observations sur les déclarations d'intentions et sur la perception des acteurs qui ont été collectées à l'aide de l'enquête réalisée à la fin de notre intervention au sein de l'entreprise. De même, la réussite de l'intégration de l'environnement en conception chez Transfix ne peut pas être vérifiée aujourd'hui car, comme nous l'avons fait remarquer, l'intégration est un processus s'inscrivant sur une période de plusieurs d'années consécutives.

Ces observations ne remettent pas en cause les principes de fonctionnement du mécanisme : la méthode de conception explicite favorisant l'appropriation des outils et méthodes d'éco-conception, la mise en œuvre d'une démarche participative et la diffusion des connaissances à l'ensemble de l'organisation. L'existence des modèles de trajectoires comme vecteur d'intégration de l'environnement n'a pas été contestée. Nous n'avions pas comme objectif le déploiement de l'ensemble des esquisses de trajectoires et leur validation. Nous sommes cependant persuadés que la pérennité de l'intégration requiert un mécanisme tirant partie de la grande diversité des leviers d'action et d'une démarche d'apprentissage organisationnelle. Les modèles de trajectoires sont particulièrement importants dans notre démarche. Néanmoins, du point de vue expérimental, la construction des modèles de trajectoires soulève certaines difficultés comme la description détaillée de chaque trajectoire et le dispositif de sélection des trajectoires. Ces limites s'expliquent d'une part par la faible taille de l'échantillon utilisé pour les dresser (69 entreprises) et d'autre part par le temps imposé pour cette recherche en thèse de doctorat.

L'ensemble des limites ne remet pas en cause l'intérêt des propositions que nous avons défendues dans ce document. Toutefois, les limites permettent d'orienter les perspectives de recherche.

13.2. Perspectives de recherche

Le problème d'intégration de l'environnement en conception est présent dans toutes les entreprises. Les résultats et limites de nos travaux pendant ces trois années nous confortent sur le besoin de poursuivre le travail de recherche afin d'aider les entreprises à maîtriser et à pérenniser leurs processus d'intégration.

Nous avons pu constater dans notre deuxième expérimentation que le déploiement du mécanisme du Cheval de Troie Méthodologique représentait une aide pour piloter le lancement du processus d'intégration de l'environnement en conception. De ce fait, il nous semble intéressant de poursuivre les expérimentations sur le mécanisme de Cheval de Troie Méthodologique, mais aussi de tester également les deux autres trajectoires élémentaires : la trajectoire fondée sur la prise en compte des parties prenantes et la trajectoire fondée sur un système décisionnel et informationnel.

Face à la diversité des trajectoires et la nécessité pour une entreprise de définir un mode de progression adapté, il nous semble essentiel d'explorer et de déterminer les éléments orientant le choix d'un modèle de trajectoire sur un espace à trois dimensions. Autrement dit, il serait intéressant de définir une méthodologie destinée aux entreprises pour faciliter l'identification d'une trajectoire idéale en fonction du contexte de l'entreprise (taille, secteur d'activité, organisation, structure, pratiques usuelles, objectifs,...). De même, le mécanisme de pilotage a été présenté de façon générique, il nécessite donc d'être spécifié pour construire en détail chaque modèle de trajectoire. Une échelle précise pour chaque axe doit être proposée sous forme d'action à mobiliser. Il semble essentiel de développer des propositions d'actions spécifiques à chaque trajectoire qui seraient précisées dans un guide à usage des entreprises. Sur le long terme, il semble intéressant de créer une base de données traçant les trajectoires de plusieurs entreprises. Ceci devient possible car les entreprises sont de plus en plus disposées à communiquer et valoriser leurs démarches d'éco-conception. Nous pouvons imaginer un pilotage via une interface informatique et le stockage des données et des études proposant des exemples concrets, via internet.

Dans le cadre du Cheval de Troie Méthodologique que nous avons proposé, il nous semble pertinent de conduire des réflexions approfondies sur les outils et méthodes simplifiées

d'évaluation environnementale. Ceci conduirait à développer par exemple des indicateurs permettant de mesurer la performance des trois dimensions du développement durable (économique, sociale et environnementale) lors de la conception des produits. Dans cette logique, nous pouvons imaginer un outil d'évaluation dont les données seraient enrichies et saisies par les parties intéressées de l'entreprise concernée, voire d'intégrer des dispositifs d'évaluations des choix en matière d'innovation et de stratégie d'entreprise au regard des enjeux de développement durable. La concrétisation pourrait se traduire par des fonctionnalités favorisant l'évaluation comparative entre la « matérialisation » du produit et le développement du service (product service system). Un autre axe qui mérite d'être exploré est celui de la prise en compte de parties prenantes (clients, fournisseurs, filières de traitement, etc.) dans la construction collaborative d'un outil simplifié.

Les réponses à ces besoins, forcément complexes et révolutionnaires ... et donc particulièrement intéressantes, imposent nécessairement un partenariat entre industriels et chercheurs, qu'il nous reviendra de développer dans les montages de nos futurs programmes de recherche à l'Université de technologie de Troyes.

BIBLIOGRAPHIE

ADEME, (1999), « Conception de produits et environnement : 90 exemples d'éco-conception », ADEME Editions, Paris, 1999.

ADEME, (2003), « L'éco-conception en actions,», ADEME Editions, Paris, 2003.

ADEME, (2004), Colloque Filières et Recyclage 2004,
<http://www.ademe.fr/entreprises/dechets/dechets/docs/ecoconception.pdf>

ADEME, (2006), « L'éco-conception en actions,», 2^{ème} édition, ADEME Editions, Paris, 2006.

AMMENBERG J., SUNDIN E., (2005) « Products in environmental management systems: drivers, barriers and experiences », *Journal of Cleaner Production*, 13, (2005), 405-415.

AOE T., « Eco-efficiency and ecodesign in electrical and electronic products », *Journal of Cleaner Production*, 2006, XX, pp. 1-9.

ARDILLY P., (2004) *sous la direction* « Échantillonnage et méthodes d'enquêtes », Edition Dunod, 2004, ISBN : 2-10-007477-6.

ARGYRIS C, SCHÖN D., (1978) « Organizational Learning: a theory of action perspective », *Journal Adison Wesley*, Reading, Mass, 1978.

ARGYRIS C., SCHÖN D.A., (1996) « Organizational Learning II: Theory and Practice », Addison-Wesley Publishing Company, N° 0-201-62983-6.

ARGYRIS C., (2000) « Savoir pour Agir, Surmonter les obstacles d'apprentissage organisationnel », Dunod, Paris, 2000.

AUTISSIER D. MOUTOT J-M., « Pratiques de la conduite du changement – Comment passer du discours à l'action », Dunod, Paris, 2003, ISBN 2 10 007054 1.

BASSETTI A.L, (2002) « Gestion du changement, gestion de projet : convergence-divergence. Cas des risques en conception et mise en place d'une organisation de management de l'environnement », Thèse de Doctorat, ENSAM Centre de Paris, 2002.

BAUMANN H., BOONS F. AND BRAGD A., (2002) « Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives », *Journal of Cleaner Production*, 2002, 10, 409–425.

BELLINI B., (2004) « Un nouvel enjeu stratégique pour l'entreprise : La prise en compte de la protection de l'environnement dans son management », 2004.
<http://www.strategie-aims.com/dd03/comdd/bellini.pdf>

BENETTO E., (2005) « Analyse du cycle de vie – réalisation de l'inventaire », *techniques de l'Ingénieur*, G 5 510.

BLANCHET A., GOTMAN A., (2006) « L'enquête et ses méthodes – L'entretien », Armand Collin, 2006, ISBN : 2-200-34234-9.

BOKS C., (2005) « The soft side of ecodesign », *Journal of Cleaner Production*, 2005, 14, pp. 1346-1356.

- BOEGLIN N., (2002) « L'intégration croissante de l'environnement dans la conception des produits ou le développement des démarches d'éco-conception », *Revue Annuelle des Arts et métiers*, 2002, 457-465.
- BOEGLIN N., (2005) « La promotion de la qualité écologique des produits et les écolabels », *techniques de l'Ingénieur*, G 6 250.
- BRUN E., SAILLET F., (2005) « Etude sur l'éco-conception – état de l'art dans le domaine de l'éco-conception », Etude rédigé à la demande du ministère de l'industrie- SQUALPI, AFNOR, mars 2005.
www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=76CF53C2E78D3010EEC75E46001D305D1137763808170.pdf
- BREZET J.C. AND VAN HEMEL C., (1997) « Ecodesign – A promising approach to sustainable production and consumption ». UNEP, United Nations Publication, 1997.
- BUTEL-BELLINI B., JANIN M., (2004) « Eco-conception : état de l'art des outils disponibles », *Techniques de l'Ingénieur, Traté Environnement*, 2004, G 6 010.
- BYGGETH S. AND HOCHSCHORNER E., « Handling trade-offs in Ecodesign tools for sustainable product development and procurement », *Journal of Cleaner Production*, 2005, 14, pp. 1420-1430.
- COOPENS C., (1999) « Elaboration d'un outil d'aide à la conception pour améliorer la valorisation des véhicules usagers », Thèse de doctoract de l'ENSAM, 1999.
- COTE C., (2005) « Analyse comparative de deux méthodes d'analyse de cycle de vie simplifiés utilisables pour la conception des produits », Mémoire de Maîtrise, Faculté des études supérieures, Université de Montréal, Canada 2005.
- CRUL M., (2003) « Ecodesign in central America », PhD Thesis, Delft University of Technology, Norvège, 2003.
- DE SINGLY F., (2005) « L'enquête et ses méthodes : Le questionnaire », Armand Colin pour la deuxième édition, 2005, ISBN : 2-200-34108-3.
- DEWULF W., (2003) « A Pro-Active Approach to Ecodesign: Methods and Tools, Ecodesign in central America », , PhD Thesis Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, 2003, ISBN 90-5682-419-8.
- ERKMAN S., (1998) « Vers une écologie industrielle –comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle », Ed. Charles Léopold Mayer, Paris, 1998.
- FENNETEAU. H., (2002) « Enquête: Entretien et questionnaire », Edition Dunod, Paris, 2002, ISBN 2-10-00-5792-8.
- FRESNER J., (2004) « Small and medium sized enterprises and experiences with environmental management », *Journal of Cleaner Production*, 2004, 12, pp. 545-547.
- FRYXELL. G. E. AND VRYZA M., (1999) « Managing environmental issues across multiple functions: an empirical study of corporate environmental departments and functional co-ordination », *Journal of Environmental Management*, 55, 1999, pp. 39-56.

GRISEL. L. AND OSSET P., (2004) « L'Analyse du cycle de Vie d'un produit ou d'un service – applications et mise en pratique », AFNOR, 2004, ISBN : 2-12-475091-7.

GRUNSTEIN M. ROSENTHAL-SABROUX C. ET PACHULSKI A., (2003) « Reinforcing decision aid by capitalizing on company's knowledge: future prospects », *European Journal of Operational Research*, 145, 2003, pp. 256-272.

GRUNSTEIN M., (2006) « Vers un modèle Globale de Knowledge Management pour l'Entreprise (MGKME) », rapport de recherche, Révision 5.1. octobre 2006.
<http://perso.orange.fr/michel.grunstein>

JANIN M., (2000) « Démarche d'éco-conception en entreprise, un enjeu : construire la cohérence entre outils et processus », PhD thesis, ENSAM, Chambéry, France, 2000.

JESWIT J., HAUSCHILD M., (2004) « EcoDesign and future environmental impacts », *Journal Materials and Design*, 2004.

JOHANSSON G., (2000) « Success factors for Integration of Ecodesign in Product Development - A Review of the State-of-the-Art », Paper presented at the Conference Eco Efficiency 2000 - Towards Sustainable Economic Growth, Theme: Product Development, Innovation and Design, pp. 19-21.

JOHANSSON G., WIDHEDEN J. AND BERGENDAHL C.G., (2001) « Green is the colour of the money, commercial success stories from ecodesign », Green pack report 2001-02,
http://www.greenpack.org/results/Reports/Green_is_the_colour_of_money.pdf

JOLLIET O., SAADE M. AND CRETTEZ P., (2005) « Analyse du cycle de vie – Comprendre et réaliser un écobilan », Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, EPFL, 2005, ISBN : 2-88074-568-3.

KAHLA K.B., (1999) « Les analyses du changement organisationnel ». Article présenté au colloque « La flexibilité: condition de survie? » organisé par l'ISCAE, Tunis, 10-11 mars, 1999. <http://credo.iquebec.com/lesana~1.rtf>

KALIFA K., (2005) « Analyse du cycle de vie - Méthodes d'évaluation des impacts ». *Techniques de l'Ingénieur G 5 615*.

KARLSSON R., LUTTROPP C., (2006) « EcoDesign : What's happening ? An overview of the subject area of EcoDesign and of the papers in this special issue ». *Journal of Cleaner Production*, 2006, 14, 1291-1298.

KAZAZIAN T., (2003) « Design et développement durable : Il y aura l'âge des choses légères ». Victoires Editions, 2003, ISBN : 978-2908056600.

KEMP R. PARTO S. AND GISBSON R.B, (2005) « Governance for sustainable development: moving from theory to practice ». *International Journal sustainable development*, Vol.8, Nos.1/2, 2005.

KJAERHEIM G., (2005) « Cleaner production and sustainability », *Journal of Cleaner Production*, 13, (2005), 329-339.

- LAKEMOND N. BERGGREN C., (2005) « Co-locating NPD ? The need for combining project focus and organizational integration », *Technovation*, xx, 2005.
- LEBORGNE R., (1998), « De l'utilité à l'utilisation des analyses de cycle de vie chez un constructeur automobile ». Thèse de doctorat de l'ENSAM Paris, 1999.
- LEBORGNE R. ET FEILLARD P., (2005), « Analyse du cycle de vie – Application dans l'industrie automobile ». *Techniques de l'ingénieur, traité Environnement*, G 5 8000, 2005..
- LE POCHAT S., (2004) « Intégration de l'éco-conception dans les PME : proposition d'une méthode d'appropriation de savoir-faire pour la conception environnementale », Thèse de Doctorat, ENSAM, Paris, 2004.
- LE POCHAT S. BERTOLUCI G. AND FROELICH D., (2007) « Integrating ecodesign by conducting changes in SMEs », *Journal of Cleaner Production*, 2007, 15, 671-680.
- LEWIS H., GERTSAKIS J. AND AL., (2007) « Design + environment – a global guide to designing greener goods », *Journal of Cleaner Production*, 2007, 15, 671-680.
- LINDAHL M., (2001) « Environmental effect analysis-how does the method stand in relation to lessons learned from the use of other design for environment methods », *Proceedings EcoDesign 2001 : second International Symposium on Environmentally Conscious design and Inverse Manufacturing*, Tokyo, Japan, 11-15 December 2001, 864-869.
- LINDAHL M. SKOGLUND L. AND AL., (2003) « Use and perception of Design for Environment (DfE) in Small and Medium Sized Enterprises in Sweden », *Proceedings EcoDesign 2003: third International Symposium on Environmentally Conscious design and Inverse Manufacturing*, Tokyo, Japan, 8-10 December 2003.
- LINDAHL M. AND AKERMARK A.M., (2004) « Experience of and requirements on methods for product development- An interview survey at a major Swedish vehicle company », *Manuscript for journal paper*, Linköping, Sweden, 2004.
- LINDAHL M., (2006) « Engineering designers' experience of design for environment methods and tools - Requirement definitions from an interview study », *Journal of Cleaner Production*, 2006, 487-496.
- LOFTHOUSE V., (2004) « Investigation into the role of core industrial designers in ecodesign projects », *Design Studies*, Mars 2004, Vol 25 No.2, 215-227.
- LOFTHOUSE V., (2006) « Ecodesign tools for designers: defining the requirements », *Journal of Cleaner Production*, 2006, 14, 1386-1395.
- LOPEZ M.A., (2004) « Intégration des contraintes de remanufacturabilité en conception de produits », Thèse de Doctorat, INPG, 2004, Grenoble.
- LOPEZ R., (2006) « D'un système de management de la qualité basé sur l'amélioration à un système de management de la qualité basé sur les connaissances », Thèse de Doctorat, INPG, 2006, Grenoble.

LORiot C., (2003) « Implementing environmentally conscious product development in the Canadian industries : an industrial design systemic perspective », Master, Lund University, 2003, Suède.

LUTTROPP C. AND LAGERSTEDT J., (2006) « EcoDesign and the ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development », *Journal of Cleaner Production*, 2006, 14, 1396-1408.

MERCIER-LAURENT E., (2003) « Innovation globale à partir des connaissances », *Technologies Internationales*, n°94, mai 2003.

MERCIER-LAURENT E., FLORES J.C., (2003) « Schneider electric, le KM occupe le terrain de sa filiale Merlin Gerin Loire », *Veille Magazine*, n°68, octobre 2003.

MACDONALD J.P., (2005) « Strategic sustainable development using the ISO 14000 standard », *Journal of Cleaner Production*, 13, 2005, 631-643.

MARTINET A.CH. AND REYNAUD E., (2004) « Stratégies d'Entreprise et Ecologie », Ed. Economica, Paris. 2004.

MEINDERS H. AND MEUFFELS M., (2001) « Product Chain Responsibility — An Industry Perspective, *Corporate Environmental Strategy* », 2001, Vol. 8, No. 4, 348 – 354.

MILLET D., JACQUESON L., BISTAGNINO L., CAMOUS R., AOUSSAT A., (2001), *Etats de lieux des outils méthodologiques environnementaux: proposition d'une nouvelle classification basée sur les niveaux de transformation de l'entreprise. 4ème Congrès International de Génie Industriel*, Marseille, France, juin 2001.

MILLET D. (SOUS LA DIRECTION), COPPENS C., JACQUESON L., LE BORGNE R., TONNELIER P., (2003) « Intégration de l'environnement en conception », Ed. Hermes, Paris, 2003.

MILLET D., MINEL S. AND VALLETTE T., (2006) « Intégration de l'ergonomie dans la conception de produits mécaniques », chapitre 10, *Ingénierie de la conception et cycle de vie des produits*, Lavoisier, 2006, ISBN 2-7462-1214-5.

MINEL S., (2001) « Démarche de conception collaborative et proposition d'outil de transfert de données métiers », Thèse de Doctorat, ENSAM, Paris 2001.

NISSINEN A. AND AL, (2007) « Developing benchmarks for consumer-oriented life cycle assessment-based environmental information on products, services and consumption patterns », *Journal of Cleaner Production*, 2007,15, 538-549.

NONAKA I. UMEMOTO K ET SENOO D., (1996) « From information processing to Knowledge Creation: A Paradigm Shift in Business Management », *Technology In Society*, Vol.18,pp. 203-218, 1996.

PERRIN F., Millet D., Camous R., Aoussat A., (2004) « Negotiated process of change, double loop learning and involvement of the method's future users: three factors of new methods integration success », *IDMME Conference*, 2004, Bath.

- PERRIN F., (2005) « Proposition d'une démarche d'intégration de nouvelles méthodes en conception : éléments pour la définition du rôle de l'intégrateur Methodes », Thèse de Doctorat en Génie Industriel, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers Centre de Paris.
- PERSONNE M., (1998) « Contribution à la méthodologie d'intégration de l'environnement dans les PME-PMI : évaluation des performances environnementales », Thèse de Doctorat, INSA, Lyon.
- PUJARI D., WRIGHT G. AND PEATTIE K., (2003) « Green and competitive Influence on environmental new product development performance », *Journal of business Research*, 2003, 53, pp. 657-671.
- PUJARI D., a. (2004) « Eco-innovation and new product development: understanding the influences on market performance », *Technovation*, 2004,XX,1-10.
- PUJARI D., PEATTIE K., WRIGHT G., b. (2004) « Organizational antecedents of environmental responsiveness in industrial new product development », *Industrial Marketing Management*, 33, 2004, 381-391.
- PUYOU J.B, « Démarches d'éco-conception en entreprise », *Techniques de l'ingénieur*, G 6050.
- RESTREPO T, (2006) « Intégration d'outils CSCW en développement de produits : les mécanismes d'explicitation participative des besoins et d'accrochage comme vecteurs d'apprentissage. », Thèse de Doctorat, Génie Industriel, ENSAM, Centre de Paris, 2006.
- REYES T., MILLET D. AND JOAN M., (2007) « Development of ecodesign integration trajectories: two surveys and LCA case of study with a power distribution product », 13th International Conference on Engineering Design ICED'07, 28 – 31 august 2007, Paris, France.
- REX E., BAUMANN H., (2007) « Beyond ecolabels : what green marketing can learn from conventional marketing », *Journal of Cleaner Production*, 2007,15, 567-576.
- ROUSSEAU P., (2005) « Analyse du cycle de vie », *Techniques de l'Ingénieur*, G 5 500.
- ROUSSEAU P., (2005) « Analyse du cycle de vie – Evaluation des impacts », *Techniques de l'Ingénieur*, G 5 605.
- SCHUPPE J., (2002) « Lifecycle Assessment (LCA) White paper », International SEMATECH, 2002. www.sematech.org
- SIEGENTHALER C.P., BRAUNSWIG A., OETTERLI G. AND FURTER S., (2005) « LCA Software Guide 2005 – Market Overview – software Portraits », ÖBU, ISBN: 3-908233-29-1.
- SIMON ET AL., (1998), *Ecodesign Navigator*, Manchester Metropolitan University and Cranfield University, UK. <http://sun1.mpce.srtu.mmu.ac.uk>
- SONG M., NEELEY S. AND ZHAO Y., (1996), « Managing R&D-Marketing integration in the New Product development Process », *Industrial Marketing Management*, 25, 545-553, 1996.

STOYELL J.L., KANE G., NORMAN P.W. AND RITCHEY I., (2001) « Analyzing design activities which affect the life-cycle environmental performance of large made-to-order products », *Design Studies*, Vol 22 No 1, January 2001.

SUNDIN E., (2004) « Product and Process design for successful remanufacturing, *Linkoping Studies in Science and Technology* », Linkopings Universitet, dissertation No. 9062004, 2004, Sweden.

TINGSTRÖM J., SWANSTRÖM L., KARLSSON R., (2006) « Sustainability management in product development projects – the ABB experience », *Journal of Cleaner Production*, 2006, 14, 1377-1385.

TUKKER A., HAAG E., EDER P., (2000) « Eco-design: European state of the art : Comparative analysis and conclusions, » and « Eco-design: Part II: Strategies for dissemination to SMEs », Prepared for the European Commission, ESTO, IPTS, Espagne.
<ftp://ftp.jrc.es/pub/EURdoc/eur19583en.pdf>

VAN HEMEL C. AND CRAMER J., (2002) « Barriers and stimuli for ecodesign in SMEs », *Journal of Cleaner Production*, 2002, 10, pp. 439-453.

VENTERE J., (1995) « La qualité écologique des produits – des écobilans aux écolabels », Edition sang de la Terre, AFNOR, 1995.

ZUTSHI A. AND SOHAL A., (2004) « Environmental management system adoption by Australasian organisations : part 1 : reasons, benefits and impediments », *Technovation*, 2004, 24, pp. 335-357.