



**HAL**  
open science

# Intégration du critère de dioxyde de carbone dans la localisation des industries : le cas du cluster industriel du Havre

Yann Musset

► **To cite this version:**

Yann Musset. Intégration du critère de dioxyde de carbone dans la localisation des industries : le cas du cluster industriel du Havre. Gestion et management. Université du Havre, 2014. Français. NNT : 2014LEHA0022 . tel-01297502

**HAL Id: tel-01297502**

**<https://theses.hal.science/tel-01297502>**

Submitted on 4 Apr 2016

**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.

UNIVERSITÉ DU HAVRE  
NORMANDIE UNIVERSITÉ  
ÉCOLE DOCTORALE ÉCONOMIE-GESTION NORMANDIE (ED 242)  
NORMANDIE INNOVATION, MARCHÉ, ENTREPRISE, CONSOMMATION (NIMEC)

# Intégration du critère de dioxyde de carbone dans la localisation des industries : le cas du cluster industriel du Havre

---

Yann MUSSET

Thèse présentée et soutenue publiquement à l'Université du Havre  
pour l'obtention du  
**DOCTORAT EN SCIENCES DE GESTION**  
2 octobre 2014

## Composition du jury

Directeur de thèse : GRANDVAL Samuel, Maître de Conférences HDR,  
Université du Havre

Rapporteurs : SMIDA Ali, Professeur des universités  
Université Paris 13 Sorbonne Paris Cité  
SLIM Assen, Maître de Conférences HDR, Institut  
National des Langues et Civilisations Orientales

Suffragants : CLODIC Denis, Directeur de Recherche Émérite  
MINES ParisTech  
PRIETO Marc, Professeur-HDR, ESSCA Paris  
SBIHI Abdelkader, Professeur  
École de Management de Normandie

*« Plus on apprend, plus on sait qu'on  
est ignorant. »*

## Remerciement

Venant d'une culture et d'un mode de pensée différent, j'ai souvent été confronté à des situations inhabituelles. Mais j'ai eu la chance d'être très bien accueilli en France, à l'Université du Havre, à l'Institut Supérieur d'Études Logistiques (ISEL), à l'école doctorale économie-gestion Normandie et plus particulièrement au sein du laboratoire NIMEC.

J'exprime donc d'abord une très grande gratitude à l'égard de M. Pascal REGHEM, Président de l'Université du Havre, ainsi qu'à M. Édouard REPERT, directeur de l'ISEL et à M. Fabrice LE VIGOUREUX, directeur de l'ED économie-gestion Normandie, puis à l'ensemble du corps professoral de ces composants pour avoir eu la gentillesse de m'accueillir si chaleureusement dans la période de ma thèse.

J'exprime également toute ma gratitude aux Professeurs Ali SMIDA et M. Assen SLIM, pour avoir accepté de porter une appréciation sur ce travail en tant que rapporteurs, ainsi qu'aux Professeurs Marc PRIETO et Professeur Abdelkader SBIHI, pour avoir bien voulu participer au jury de soutenance.

Je remercie également M. Denis CLODIC, titulaire de la Chaire CTSC. Il m'a permis de garder confiance en moi grâce à ses encouragements. Mes remerciements sont aussi pour ses soutiens méthodologiques très pertinents et indispensables dans l'accomplissement de mes missions.

J'adresse aussi mes remerciements à mes chers collègues de la Chaire CTSC, Joëlle ANDRIANARIJAONA, Bernard GERARD, William BORDEAUX, Michel GIMENEZ pour toute l'aide qu'ils m'ont apportée et pour l'ambiance très agréable dans laquelle nous avons travaillé.

Je voudrais remercier tout particulièrement le Professeur Charles-Henri FREDOUET, encadrant de cette thèse ; il a été mon mentor et mon guide dans toutes les grandes étapes de ma recherche. Je n'oublierai jamais le professionnalisme dont il a fait preuve à mon égard.

J'adresse aussi mes remerciements à deux chers collègues, M. Frank GUERIN et Mme Marie-Laure BARON qui ont su prendre sur leur précieux temps personnel pour m'aider à perfectionner mon niveau académique.

Je tiens à remercier très sincèrement l'ensemble des professionnels qui ont eu la gentillesse de participer à cette étude lors de différents entretiens.

Ensuite, je voudrais remercier M. Samuel GRANDVAL qui est mon directeur de thèse. J'ai éprouvé un réel plaisir à travailler avec lui. Ses conseils, toujours justes et judicieux, m'ont été d'une aide précieuse. Et je peux dire aujourd'hui tout mon respect, toute mon admiration et surtout toute mon amitié pour Samuel, qui a été un partenaire indéniable du succès de cette thèse.

Merci à ma famille.

## Résumé

Les problèmes environnementaux, notamment ceux qui, liés au réchauffement global, ont attiré de plus en plus l'attention des décideurs de l'entreprise. Leurs préoccupations sur ces problèmes les conduisent à une réflexion de réorganisation de leurs activités. Pour les entreprises industrielles qui doivent faire face au problème des émissions de CO<sub>2</sub>, le soutien de gouvernement local qui concerne la gestion des émissions de CO<sub>2</sub> devient non négligeable. Dans cette thèse, nous interviewons 50 décideurs de l'industrie, le gouvernement et la communauté universitaire. L'importance du problème des émissions de CO<sub>2</sub> dans le choix de site est globalement évaluée. Nos observations suggèrent que le problème du CO<sub>2</sub> est un facteur mineur dans la localisation des sites. Il peut être intégré dans le coût global. Pour les autorités locales, il n'est pas nécessaire d'investir dans les infrastructures de traitement des émissions de CO<sub>2</sub> à l'heure actuelle. Nos résultats fournissent ainsi une meilleure compréhension du problème des émissions de CO<sub>2</sub> pour les décideurs des industries locales.

**Mots clés :** localisation des industries, décision de localisation, CTSC.

## Abstract

Environmental problems, especially those related to the global warming have attracted extensive attention from the decision makers of companies. Their concerns on the environmental problems lead them to a reform of the mode of management. For the decision makers from industry who have to face the CO<sub>2</sub> problem, whether they can be supported by the local government with respect to managing CO<sub>2</sub> emissions becomes non trivial. In this thesis, we interviewed 50 decision makers from industries, government, and academic community. The significance of the CO<sub>2</sub> problem in site selection is comprehensively evaluated. Our observations suggest that the CO<sub>2</sub> problem is a minor factor. It can be measured by the cost. For the local government, there is no need to invest in the infrastructures of CO<sub>2</sub> treatment at present. Our results thus provide a better understanding of the CO<sub>2</sub> problem for the decision makers of local industries.

**Keywords:** industrial site selection, location decision, CCS.

# Sommaire

CHAPITRE 1. INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	2
PARTIE I : CADRE THÉORIQUE SUR LA LOCALISATION .....	32
CHAPITRE 2. DÉCISIONS DE LOCALISATION DES SITES INDUSTRIELS.....	33
PARTIE II : PROBLÉMATISATION ET LA MÉTHODE DE RECHERCHE.....	66
CHAPITRE 3. MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE .....	67
CHAPITRE 4. DONNÉES RECUEILLES.....	80
PARTIE III : RÉSULTATS, DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS .....	86
CHAPITRE 5. DÉCISION DE LOCALISATION ET FACTEUR CO <sub>2</sub> .....	87
CHAPITRE 6. UN CONSTAT SUR LES THÉORIES DE LA DÉCISION DE LOCALISATION .....	123
CHAPITRE 7. PRÉCONISATIONS ET RECOMMANDATIONS .....	133
CHAPITRE 8. CONCLUSION GÉNÉRALE.....	136
BIBLIOGRAPHIE.....	147
LISTE DE FIGURES.....	154
LISTE DE TABLEAUX.....	156
TABLE DES MATIÈRES.....	157
GLOSSAIRE.....	161
ANNEXES .....	162
ANNEXE I : PROJETS CTSC EN EUROPE.....	163
ANNEXE II. ACCORD DE CONFIDENTIALITÉ .....	166
ANNEXE III. GUIDE D'ENTRETIEN.....	169

## Chapitre 1. Introduction générale

Cette thèse est effectuée au sein du laboratoire NIMEC (Normandie Innovation, Marché, Entreprise, Consommation) à l'Université du Havre. Elle est sous la direction de l'École doctorale économie-gestion Normandie (ED 242).

Le commanditaire de ce projet de recherche est la Chaire d'enseignement et de recherche « Captage, Transport et Stockage du CO<sub>2</sub> (Chaire CTSC<sup>1</sup> ».

Cette thèse s'inscrit dans le domaine des sciences de gestion.

Comme le dit Malherbe (Malherbe, 2006), « *On ne vit plus, on gère la vie* », la gestion est omniprésente dans notre vie professionnelle et privée. Aujourd'hui, nous gérons non seulement les organisations et les ressources rares (l'économie), mais aussi sa santé, son temps.

Qu'est-ce que c'est la « gestion » ? Comment nous pouvons comprendre le domaine de connaissance des « sciences de gestion » ? Pour Malherbe (Malherbe, 2006), le champ dit « gestion » peut être décomposé en trois parties :

- les pratiques de gestion
- les techniques de gestion et
- les « sciences de gestion » qui regroupent les connaissances des pratiques et des techniques de gestion.

Les sciences de gestion étudient les organisations dans toutes leurs dimensions en vue de dégager des lois générales de la gestion de celles-ci (de Swarte, 2011). Son objectif est d'optimiser des ressources de façon à réduire les coûts et à maximiser les intérêts des parties prenantes. (MAHFOUD, 2010)

Ce chapitre introductif présente d'abord le contexte de cette recherche, c'est-à-dire pourquoi ce sujet intéresse les gestionnaires puis, la question centrale de la thèse à laquelle nous essayons de fournir une réponse.

### 1.1. Contexte environnemental

Aujourd'hui, le monde est confronté à trois crises majeures : la crise financière dans une relation entre l'Homme et les biens, la crise de croyance dans une relation entre l'Homme et lui-même et la crise écologique dans une relation entre l'Homme et la nature.

Dans cette dernière dimension, une nouvelle problématique incontournable interroge les activités humaines au niveau mondial, la dégradation de l'environnement. Les interventions anthropiques, surtout depuis la révolution industrielle, impactent et

---

<sup>1</sup> Site Internet : [www.chaire-ctsc.fr](http://www.chaire-ctsc.fr)

modifient gravement l'écosystème. Les pollutions de l'air, de l'eau, de la terre font disparaître de nombreuses espèces animales et végétales. Ces dommages écologiques et environnementaux deviennent irréversibles.

Dans ce contexte environnemental cruel, il va falloir comprendre, dans le domaine de gestion comme dans les autres domaines, comment l'aspect environnemental va modifier les comportements anthropiques, y compris les activités économiques.

Pour le but économique, la société a ignoré souvent les conséquences sur les ressources naturelles, jusqu'au jour où les scientifiques ont prouvé que la survie humaine elle-même était en danger. Pour faire face à ce danger urgent, les États, qui sont traditionnellement les organisateurs économiques, sociaux et militaires, commencent à penser à une autre dimension : l'environnement naturel. Désormais, on considère que le développement des activités humaines ne peut pas fonctionner au détriment de l'environnement, c'est la conception du développement durable.

Parmi des différents problèmes environnementaux issus des activités humaines, la dégradation climatique est un consensus scientifiquement prouvé dans ces années récentes (GIEC, 2007). L'augmentation des gaz à effet de serre (GES) rapide et mal contrôlée est néfaste car elle entraîne des désordres climatiques (Bonneville, 2010).

### **1.1.1. Réchauffement climatique**

Comme présenté plus haut, les émissions des gaz à effet de serre (GES), présentées et mesurées en équivalence des émissions de CO<sub>2</sub>, sont soulignées de plus en plus dans notre société. Selon les rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)<sup>2</sup> (GIEC, 2007), le réchauffement climatique est un fait scientifique, et il mérite une attention du plus haut niveau. La réduction des gaz à effet de serre devient une nécessité et la lutte contre le réchauffement climatique est un enjeu majeur pour nos sociétés contemporaines.

Le GIEC prévoit qu'une hausse des températures supérieure à 2 °C pourrait avoir des conséquences néfastes sur l'environnement et les activités humaines. Dans ce cadre, l'Europe et la France ont fait de la réduction des émissions des gaz à effet de serre une priorité. Pour limiter à 2 °C au maximum la hausse de la température d'ici à 2030, il faudra réduire les émissions mondiales de carbone de 6 gigatonnes par an.

Les conséquences du réchauffement climatique sous différents aspects sont présentées dans le rapport de GIEC. Cependant, le prix prévisionnel lié aux dommages subis lors de catastrophes d'origine naturelle ou consécutives au réchauffement climatique n'a pas été présenté. Or, *« pour évaluer l'impact potentiel sur l'environnement de ses projets, le décideur public doit pouvoir calculer le bénéfice net potentiel de chacune des mesures qu'il*

---

<sup>2</sup> GIEC : connu par l'appellation anglais « IPCC ».

*envisage de mettre en place.* » (Prieto et Slim, 2009). Nous espérons qu'il y aura des valorisations monétaires des dommages liés au réchauffement climatique dans le prochain rapport du GIEC.

### **1.1.2. Engagements politiques**

En 1972, la Conférence des Nations Unies sur l'environnement a adopté une série de principes pour une gestion écologiquement rationnelle de l'environnement. Cette « Déclaration de Stockholm » a placé les questions écologiques au rang des préoccupations internationales et a marqué le début d'un dialogue entre pays industrialisés et pays en développement concernant le lien qui existe entre la croissance économique, la pollution de l'indivis mondial (l'air, l'eau, les océans) et le bien-être des peuples dans le monde entier.

En juin 1992, à Rio de Janeiro (Brésil), la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, connue sous le nom de Sommet « planète Terre », a adopté une déclaration qui a fait progresser le concept des droits et des responsabilités des pays dans le domaine de l'environnement. La Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement témoigne de deux grandes préoccupations apparues pendant l'intervalle de 20 années séparant ces deux conférences : la détérioration de l'environnement, notamment de sa capacité à entretenir la vie, et l'interdépendance de plus en plus manifeste entre le progrès économique à long terme et la nécessité d'une protection de l'environnement. Nous pouvons considérer que cette conférence marque le début des accords du monde entier. (ONU, s. d.)

Signé en 1997, le Protocole de Kyoto, dans le cadre d'*United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC)<sup>3</sup> est le début des accords pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub>. Depuis ce protocole, les États membres s'engagent à respecter différents objectifs afin d'appliquer les solutions locales respectivement.

En France, l'objectif de réduction du CO<sub>2</sub> est traduit par le « Facteur 4 », c'est-à-dire l'objectif de diviser par quatre les émissions françaises de CO<sub>2</sub> d'ici 2050.

Il convient de préciser que ces accords sont des accords volontaires. Il est difficile que ces accords soient applicables s'il n'y a pas de réglementations, c'est-à-dire des obligations, mises en place à l'échelle de la région ou du pays.

### **1.1.3. Contexte réglementaire**

#### ***1.1.3.1. À l'échelle européenne***

En Europe, en traduisant les enjeux environnementaux aux enjeux économiques, en 2003, l'Union Européenne met en place un système d'échange des droits d'émissions de gaz à

---

<sup>3</sup> En français : Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques.

effet de serre en vue de réduire ceux-ci dans la Communauté de façon économiquement efficace (LE PARLEMENT EUROPÉEN ET LE CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE, 2003) dans la Directive 2003/87/CE. À l'aide de ce système, la Communauté et les États membres pourront respecter mieux encore les engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre pris dans le cadre du protocole de Kyoto.

Ce système communautaire d'échange de quotas d'émission (SCEQE), depuis 2005, vise à mettre en place des outils concrets pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> dans les activités industrielles. Concrètement, il existe un marché européen de quotas de CO<sub>2</sub>, un quota correspond à une tonne de CO<sub>2</sub>. Un certain nombre de quotas est distribué à chaque installation industrielle selon son secteur d'activité, sa capacité de production, etc. Si cette installation émet plus de CO<sub>2</sub> que ce nombre de quotas, elle doit acheter des quotas supplémentaires dans le marché du CO<sub>2</sub>; en revanche, si elle émet moins, elle peut revendre les quotas restants sur le même marché. Ce système traduit les objectifs environnementaux en objectifs économiques. Il est appliqué dans les secteurs industriels émetteurs de CO<sub>2</sub>, tels que les secteurs d'énergie, de raffinerie, de cimenterie, de sidérurgie, etc.

À compter du 1<sup>er</sup> janvier 2005, chaque pays membre de l'Union Européenne se voit allouer des quotas carbone, par le biais d'un Plan National d'Allocation des Quotas (PNAQ). Ce plan segmente la répartition de ces tonnes d'émission carbone par secteur d'activité, puis à l'intérieur de ces secteurs. Un quota de CO<sub>2</sub> est une autorisation administrative qui donne le droit, pour un site industriel, d'émettre une tonne de dioxyde de carbone. Ces quotas sont négociables et échangeables en Europe, sur le marché européen du carbone. Les entreprises ont le droit de dépasser les quotas qui leur ont été fixés, à condition d'acheter les quotas d'autres entreprises qui n'atteignent pas le seuil d'émissions fixé. Une bourse internationale du carbone, appelée BlueNext, a été lancée début 2008 : des quotas carbone pourront désormais être échangés entre pays hors Union Européenne.

Ce système est vertueux à deux titres : d'abord, il garantit que les efforts de réduction d'émissions sont mis en œuvre par les installations industrielles où ils sont le moins coûteux. Ensuite, il garantit un contrôle strict des quantités de CO<sub>2</sub> émises par les plus grosses installations européennes.

### ***Pour qui ?***

À partir du 1<sup>er</sup> janvier 2005, toute installation réalisant une des activités reprises à l'Annexe I de la Directive 2003/87/CE et émettant les gaz à effet de serre spécifiés en relation avec cette activité doit posséder une autorisation délivrée à cet effet par les autorités compétentes. Dans le premier plan national d'allocations de quotas de CO<sub>2</sub> pour la période 2005 à 2007, dit PNAQ I, 11 400 sites sont concernés en Europe, dont près de 1 100 en France. Ces sites représentent 10 à 15 % de la totalité des émissions de CO<sub>2</sub> en

Europe (McKinsey, 2008). Ces installations réalisant des activités dans les secteurs de l'énergie, la production et transformation des métaux ferreux, l'industrie minérale et la fabrication de papier et de carton, etc. (MEEDDM, s. d.) Nous notons également que 14 entreprises soumises au système de quotas sont situées au Havre. Ces entreprises seront nos premiers interlocuteurs de cette recherche.

Il convient de préciser que les industries exposées à un risque élevé de fuites de carbone (délocalisation des productions dans des pays non soumis à une contrainte sur le CO<sub>2</sub>) pourront continuer à bénéficier plus longtemps que les autres industries de quotas gratuits dans le cadre du système d'échanges de quotas d'émissions de gaz à effet de serre (SCEQE). En effet, plus de 160 secteurs industriels bénéficieront de quotas de CO<sub>2</sub> gratuits jusqu'en 2027 (Roussel, 2010). Avec cette décision européenne, 164 secteurs seront exonérés : la fabrication de panneaux de bois, l'horlogerie, la fabrication d'appareils électroménagers en passant par l'industrie des fourrures, la production de vin, l'extraction de pétrole et de gaz ou encore la métallurgie et les cimenteries.

### **Prix des quotas de CO<sub>2</sub> sur le marché**

Les volumes et les valeurs du marché CO<sub>2</sub> sont présentés Figure 1-1. Nous notons qu'avec la maturité, les volumes échangés augmentent d'une manière importante et on assiste à une variation des prix.

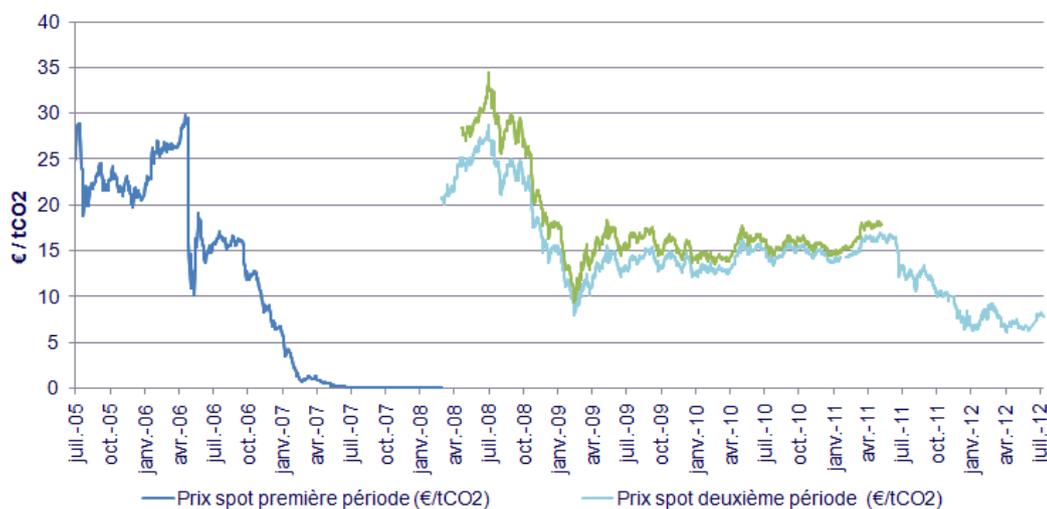


Figure 1-1 : Évolution du cours du quota de CO<sub>2</sub>  
 (Source: [www.observatoire-electricite.fr](http://www.observatoire-electricite.fr) (Observatoire de l'industrie électrique, 2012))

En avril 2006, le prix des quotas de CO<sub>2</sub> a chuté à la suite de l'annonce d'une demande structurellement inférieure à l'offre de quotas prévue par le dispositif européen, et à l'impossibilité de thésauriser les quotas émis en 2005-2007 sur la période 2008-2012. En avril 2009, ce marché des quotas de CO<sub>2</sub> a véhiculé une fraude massive à la TVA de type « carrousel », facilitée par la nature immatérielle du quota. Depuis, les pouvoirs publics européens ont pris les dispositions nécessaires pour mettre un terme à cette fraude. Le 19 janvier 2011, la Commission européenne a suspendu les registres nationaux de quotas

suite à des piratages informatiques entraînant des « vols » de quotas de CO<sub>2</sub>. Les fraudes subies depuis 2009 soulignent en particulier la nécessité d'une meilleure sécurisation des infrastructures de marché en place au niveau européen. Le marché du CO<sub>2</sub> présente des caractéristiques spécifiques qui nécessitent une évolution de son cadre de régulation pour faire émerger un signal prix robuste.

### ***Évolution du marché***

Le système de quotas devient plus contraignant avec l'entrée en vigueur de sa phase III en 2013. À partir de cette date, les producteurs d'électricité devront en principe acheter aux enchères 100 % de leurs quotas d'émissions. Il n'y aura donc a priori plus de quotas distribués gratuitement aux électriciens.

À très court terme, plus les températures sont froides, plus la consommation d'énergie augmente, plus les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production d'énergie augmentent, plus la demande de quotas de CO<sub>2</sub> augmente par rapport à l'offre, plus le prix du quota de CO<sub>2</sub> augmente.

À moyen terme, plus le prix du gaz naturel par rapport au charbon diminue, plus les producteurs tendent à privilégier le gaz au charbon pour produire de l'électricité, plus les émissions des électriciens diminuent, plus le prix du quota de CO<sub>2</sub> recule (car 1 MWh produit à partir de charbon donne lieu à davantage d'émissions de CO<sub>2</sub> que 1 MWh produit à partir de gaz naturel).

Cependant, le prix du CO<sub>2</sub> est encore négligeable à l'heure actuelle. Pourtant, pour certains rapports, grâce à la distribution et à la réduction des quotas d'émission de CO<sub>2</sub>, le prix du CO<sub>2</sub> aurait une consistance à moyen terme, ce qui incite les entreprises à réfléchir sur des stratégies d'investissement à long terme. (Coussy, 2010)

#### ***1.1.3.2. À l'échelle nationale***

Au niveau national, des réglementations pour certaines sections industrielles sont transposées en France.

Dans la LOI N° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (1), Article 19, nous pouvons citer :

*« Tout projet de construction d'une centrale à charbon devra être conçu pour pouvoir équiper celle-ci, dans les meilleurs délais, d'un dispositif de captage et stockage du dioxyde de carbone. [...] Aucune mise en service de nouvelle centrale à charbon ne sera autorisée si elle ne s'inscrit pas dans une logique complète de démonstration de captage, transport et stockage du dioxyde de carbone. » (Loi N° 2009-967, 2009)*

Dans l'Arrêté du 23 juillet 2010 relatif aux chaudières présentes dans les installations de combustion d'une puissance thermique supérieure ou égale à 20 MWth autorisées ou modifiées à compter du 1<sup>er</sup> novembre 2010, Article 13, nous pouvons citer :

*« Toute installation ou partie d'installation d'une puissance supérieure ou égale à 600 MWth dispose de suffisamment d'espace sur le site de l'installation pour permettre la mise en place des équipements nécessaires au captage et à la compression du CO<sub>2</sub>. » (AIDA, 2010)*

#### **1.1.4. Technologies pour réduire les émissions de dioxyde de carbone**

Pour gérer cette crise environnementale et faire face à ces nouvelles réglementations, des actions rapides et efficaces doivent être mises en place au niveau mondial afin d'empêcher les émissions de GES, en particulier le CO<sub>2</sub>.

Les engagements des différents pays et régions sont difficiles à atteindre, aucune solution technique prise isolément ne permettra de réduire suffisamment les émissions pour parvenir à la stabilisation, mais une gamme de mesures d'atténuation sera nécessaire (GIEC, 2005). Plusieurs leviers doivent être actionnés simultanément (Clodic, 2010 ; Sachs, 2010) :

- la recherche de l'efficacité énergétique, la sobriété énergétique et le symbiotisme énergétique sont les voies essentielles ;
- en parallèle, il faut s'attacher à substituer les énergies fossiles par les énergies renouvelables (solaire, éolien, marines, etc.) ;
- les opérations de captage et stockage (ou bien réutilisation) du CO<sub>2</sub> émis par les activités humaines (surtout les grands émetteurs industriels en premier lieu) constituent un complément à la démarche indiquée ci-dessus.

Les deux premières voies sont curatives, c'est-à-dire qu'elles pourront résoudre le problème en sous-œuvre. Bien évidemment, le meilleur moyen de traiter un déchet est d'éviter de le créer ; aussi, le meilleur moyen de traiter le CO<sub>2</sub> est d'éviter de l'émettre. Mais ces démarches ont besoin d'évolutions technologiques majeures en amont et de changements des comportements de consommation en aval. Le temps de la mise en place sera important. Pourtant, pour agir tout de suite contre le réchauffement climatique, nous devons adopter un moyen palliatif techniquement opérationnel, les opérations de CTSC.

Selon les chercheurs de GIEC, il n'y a pas de moyen unique pour régler le problème de réchauffement climatique. Il faut utiliser tous les moyens disponibles pour stabiliser la température terrestre. Autrement dit, si les États veulent remplir leurs engagements, la solution de la technologie du CTSC doit être appliquée à l'échelle industrielle dans les secteurs les plus concernés avant 2050.

*« Le CTSC n'est pas la solution au changement climatique. Mais il n'y aura pas de solution au changement climatique sans CTSC. » -- Graeme Sweeney, président de ZEP (2011)*

Si les États veulent tirer parti des objectifs européens de réduction de gaz à effet de serre, les principaux émetteurs de carbone devront choisir une solution de captage du CO<sub>2</sub> avant 2015. Cela leur laissera le temps de valider leur technologie d'ici 2020, date fixée par l'Europe pour réduire massivement ses émissions carbonées. (MOLGA, 2011)

Avec moins d'un millier de centrales équipées à cette date, les technologies de captage du CO<sub>2</sub> contribueront au mieux à 20 % de cette réduction. Au niveau mondial, l'agence internationale de l'énergie évalue ainsi le potentiel du CTSC à 19 % du total de la réduction nécessaire des émissions à l'horizon 2050.

Un chiffre astronomique circule sur ce nouveau marché : au moins 600 milliards d'euros de chiffre d'affaires annuel à se partager pour équiper les centrales électriques à énergie fossile et les industries lourdes fortement émettrices. (MOLGA, 2011) Néanmoins, les moyens financiers prévus pour la recherche, le développement et la démonstration de cette technologie nécessitent des milliards d'euros par an pour les 15 prochaines années. (Bonneville, 2010)

### **1.1.5. Technologie du CTSC**

La technique de CTSC consiste à capter du CO<sub>2</sub> à l'issue des points d'émission des sites industriels, ensuite le transporter et le stocker dans les formations géologiques souterraines ou sous-marines.

#### **1.1.5.1. Technologies de captage du CO<sub>2</sub>**

Avant d'être transporté vers des sites de stockage géologique, le CO<sub>2</sub> doit être capté. Trois principales technologies de captage du CO<sub>2</sub> ont été retenues dans l'appel à manifestation d'intérêt de l'ADEME en 2008 : (MOLGA, 2011)

- **Le captage en postcombustion** consiste à capter le CO<sub>2</sub> directement dans les fumées en sortie de l'installation de combustion ou industrielle (haut-fourneau ou four de cimenterie par exemple).
- **Le captage en oxycombustion** consiste à faire une combustion soit à l'oxygène, soit à l'aide d'une masse oxyde. Les fumées ainsi produites contiennent essentiellement du CO<sub>2</sub> et de l'eau et sont pratiquement dépourvues d'azote.
- **Le captage en précombustion** consiste à transformer le combustible initial (pétrole, gaz, charbon, biomasse) en un mélange H<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub> et, après extraction du CO<sub>2</sub> à brûler l'hydrogène dans une installation thermique adaptée. Dans ce cas, l'installation thermique ne rejette que de l'eau à l'atmosphère. (Lecomte, Broutin et Lebas, 2009)

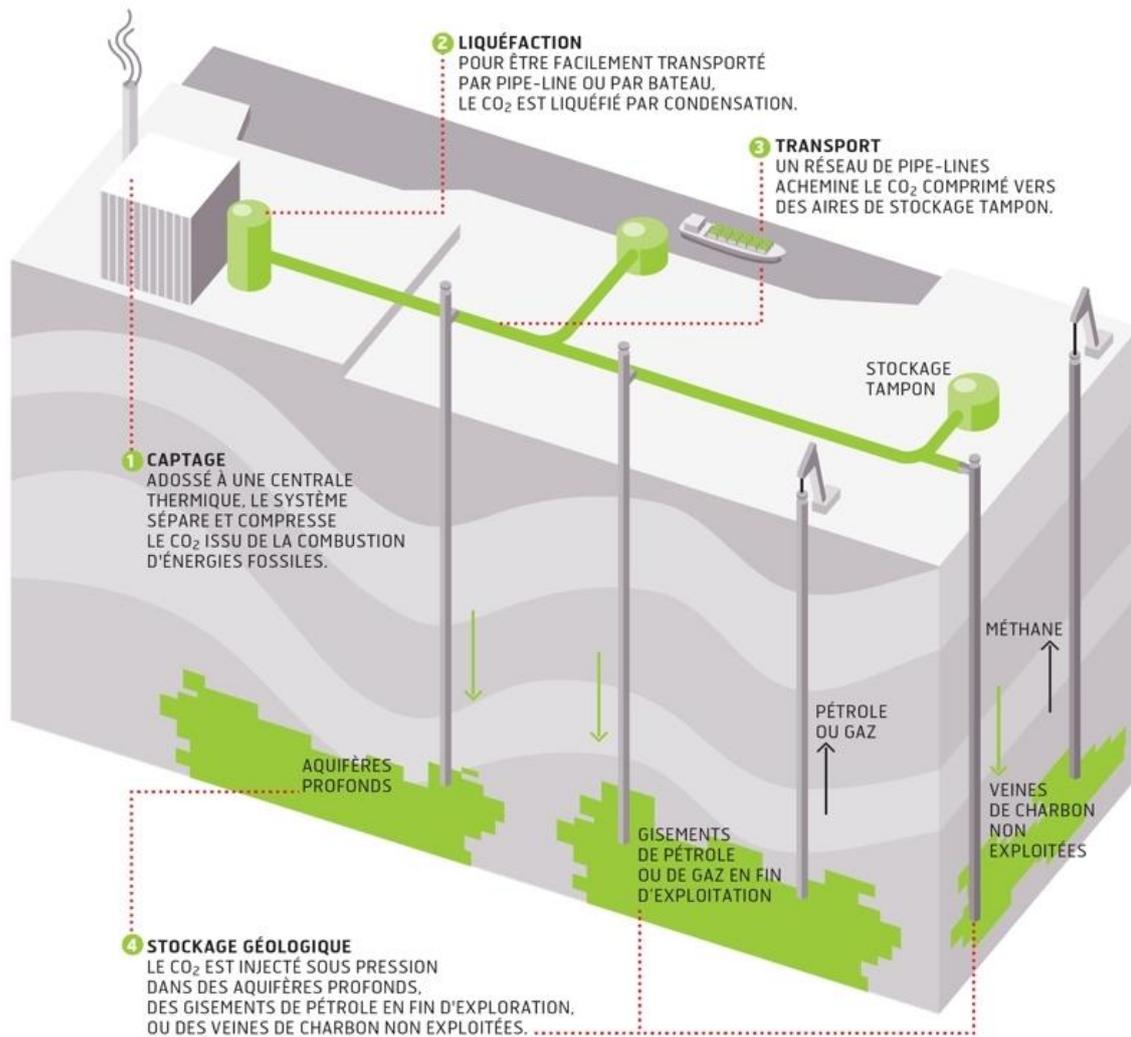


Figure 1-2 : Le principe de la technologie CTSC  
(Source: IFP/ADEME/BRGM)

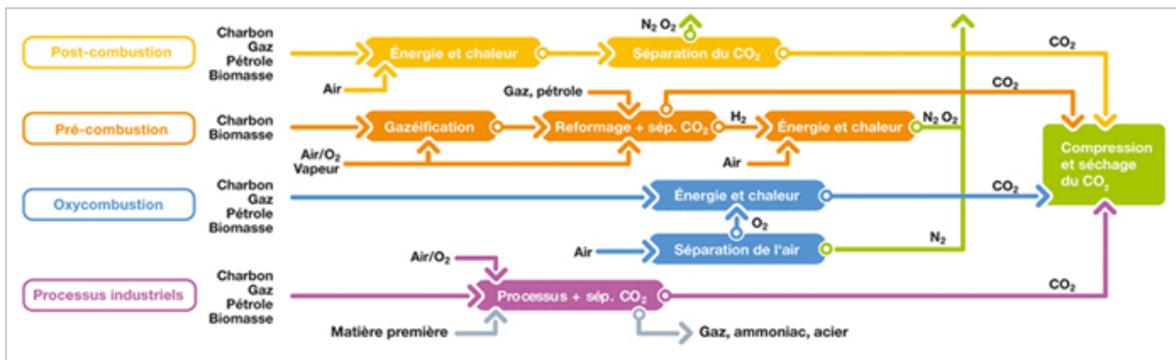


Figure 1-3 : Les technologies de captage du CO<sub>2</sub>

Le captage en postcombustion est la voie la plus envisageable car cette piste de séquestration du CO<sub>2</sub> offre le moins de pénalité énergétique et peut s'adapter facilement sur les centrales existantes, comme un jeu de construction (MOLGA, 2011). Son principe est déjà employé pour extraire le CO<sub>2</sub> du gaz naturel. Il s'agit de capter le carbone dans les

fumées à l'aide d'un solvant de synthèse, généralement une alcanolamine, ou amine, qui réagit avec le carbone acide (Lecomte, Broutin et Lebas, 2009).

Le principal intérêt de la réaction est qu'elle est réversible. Il suffit de chauffer le solvant pour briser la liaison chimique, libérer le CO<sub>2</sub> qui peut alors être comprimé, et renvoyer l'amine ainsi régénérée dans le circuit. Cette technologie ne présente aucun risque sanitaire, les familles d'amines contenant des composés aromatiques potentiellement dangereux ayant été écartées des recherches. (Lecomte, Broutin et Lebas, 2009).

La piste est prometteuse, mais pose un défi de taille aux ingénieurs : parvenir à régénérer le solvant à basse pression avec un minimum d'énergie. Selon leurs calculs, les chercheurs pensent que l'opération fera perdre au minimum 10 % d'efficacité énergétique. (MOLGA, 2011)

Les centrales électriques fonctionnant avec des énergies fossiles les plus performantes, sont les cibles prioritaires des chasseurs de carbone car elles participent à plus de 40 % des émissions polluantes.

#### ***1.1.5.2. Technologies de transport du dioxyde de carbone***

Deux voies principales existent pour transporter le CO<sub>2</sub> capté : par canalisation terrestre ou sous-marine et par bateau. Ces technologies sont mûres et ne posent pas de problème technique.

Chaque année, environ 3 000 km de canalisations transportent près de 50 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>. (Lecomte, Broutin et Lebas, 2009) À l'heure actuelle, pour les besoins de l'industrie, le CO<sub>2</sub> est acheminé dans des gazoducs à l'état supercritique.

#### ***1.1.5.3. Technologies de stockage du dioxyde de carbone***

Trois solutions de stockage sont envisagées pour assurer le confinement du CO<sub>2</sub> sur le long terme (IFP, 2010) :

- les anciens réservoirs d'hydrocarbures liquides ou gazeux,
- les aquifères salins profonds,
- les veines de charbon non exploitées.

Entre les aquifères salins profonds répartis très largement dans la croûte terrestre, les gisements d'hydrocarbures offrant de larges poches et les veines de charbon inexploitées, le sous-sol offre assez de place pour stocker le carbone. Rien qu'en mer du Nord les sites inventoriés devraient pouvoir emprisonner le CO<sub>2</sub> produit par l'Europe pendant quatre-vingts ans. (MOLGA, 2011)

Pour les écologistes, cependant, le stockage est une mauvaise solution. D'abord, nous pouvons souligner le décalage entre l'urgence de la décarbonation et le temps nécessaire pour déployer une solution massive, fiable et durable. Ensuite, certains experts estiment

que la filière aura en outre un effet pervers, puisque le captage du carbone et son transport jusqu'aux sites de stockage augmenteront les émissions, gommant les bénéfices réalisés. De plus, ils mettent également en doute l'innocuité du stockage : le CO<sub>2</sub> peut acidifier les sols et provoquer la dissolution et le relargage de métaux dans le sous-sol. Des modifications chimiques au niveau des aquifères profonds peuvent influencer la qualité des nappes phréatiques moins profondes. Enfin, on craint aussi la fissuration des aquifères liée à l'injection sous pression du CO<sub>2</sub>.

Il est confronté à des enjeux techniques et réglementaires : il doit notamment démontrer qu'il ne cause aucun dommage sur l'environnement local. (IFP, 2010)

#### **1.1.5.4. Technologies de valorisation de CO<sub>2</sub>**

Dans la technologie CTSC, la partie « stockage » provoque le plus de discussion en termes de risque et danger comme montré dans la sous-section 1.1.5.3. Au cours de ces dernières années, une voie dite valorisation ou revalorisation de CO<sub>2</sub> attire de plus en plus l'attention des chercheurs.

Le CO<sub>2</sub> peut être valorisé avec des moyens ci-après.

##### **Réutiliser chimiquement**

Nous considérons le CO<sub>2</sub> comme une matière première pour fabriquer les produits finis.

La molécule de CO<sub>2</sub> est une molécule difficile à exploiter. Elle est généralement considérée comme le bout de la chaîne énergétique. C'est-à-dire que l'énergie pour casser une molécule de CO<sub>2</sub> est supérieure à l'énergie dégagée lors de la génération de cette molécule.

Nous pouvons utiliser les caractéristiques chimiques du CO<sub>2</sub> dans les cas suivants : la photosynthèse, la synthèse d'urée, etc.

En tant qu'un GES, le CO<sub>2</sub> peut être utilisé dans la serre. Certaines plantes soumises à 0,1 % de CO<sub>2</sub> voient leur rendement photosynthétique croître de 50 %.

La région d'Almeria en Espagne a 26 500 hectares de plantés sous plastique. La réutilisation de CO<sub>2</sub> y augmente le rendement des plantations jusqu'à 20 %. « *Si l'on veut trouver une utilité au CO<sub>2</sub>, c'est bien ici qu'il faut chercher. [...] Très souvent, le manque de CO<sub>2</sub> est l'élément limitant de la productivité sous serre* », énoncé par un technicien de l'entreprise Hortichuelas d'horticulture sous serre. Dans son entreprise, des bidons de CO<sub>2</sub> liquide en provenance de centrales à charbon libèrent du gaz durant la journée pour favoriser la photosynthèse. (Guillon, 2010)

Méthode inspirée du phénomène naturel de photosynthèse, la photosynthèse industrielle consiste à utiliser l'énergie solaire concentrée pour atteindre une température qui permet d'engendrer de façon chimique une « combustion inversée ». Ce processus sert de base à

la production d'hydrocarbures liquides à partir de CO<sub>2</sub> et d'eau. D'après les chercheurs, si la première étape est la capture du CO<sub>2</sub> à partir de sources de pollution concentrée, le but ultime de cette innovation pourrait être d'extraire directement le CO<sub>2</sub> dans l'air. Cependant cette méthode va être difficile à mettre en œuvre aujourd'hui, aussi bien sur le plan technique qu'économique. (Tarnai, s. d.)

Pour la fabrication d'urée, 70 Mt/an de CO<sub>2</sub> sont utilisés au niveau mondial. (Metstor, s. d.)

L'utilisation dans la minéralisation pour MgCO<sub>3</sub> et CaCO<sub>3</sub> consiste à faire réagir le CO<sub>2</sub> avec un oxyde de magnésium MgO ou un oxyde de calcium CaO, pour obtenir un carbonate MgCO<sub>3</sub> ou CaCO<sub>3</sub>. Cette réaction se produit naturellement, mais extrêmement lentement. Potentiellement, les capacités d'oxydes sur terre sont largement suffisantes. Néanmoins, le coût énergétique, le coût financier, les dégradations environnementales assombrissent sérieusement les promesses de ces techniques, même si des niches d'utilisation pourront peut-être être trouvées. (Metstor, s. d.)

Les micro-algues et cyanobactéries sont parfois avancées comme un moyen de changer le CO<sub>2</sub> en biocarburants, divers produits comme des vitamines, sucres, silices, pigments, engrais, voire en hydrogène. Néanmoins les surfaces nécessaires sont trop importantes : même de manière optimale, il faudrait près de 10 000 ha pour stocker 1Mt/an de CO<sub>2</sub>. (Metstor, s. d.)

### ***Réutiliser physiquement***

Les caractéristiques physiques du CO<sub>2</sub> peuvent être utilisées dans les usages suivants : la réfrigération, la conservation alimentaire, les bactéricides, un additif de boissons, les extincteurs, le traitement de l'eau, la récupération assistée du pétrole (RAP), etc.

La RAP, ou *Enhanced oil recovery (EOR)* en anglais, est l'ensemble des techniques destinées à accroître les quantités d'hydrocarbures extraites d'un gisement. (Futura-Sciences, s. d.) Cette technologie permet de réutiliser et stocker le CO<sub>2</sub> simultanément.

### ***Fixer les énergies renouvelables***

Un avantage des énergies fossiles est la facilité de les stocker et de les transporter. C'est le cas du charbon pour une centrale ou du carburant pour une voiture. Nous pouvons aussi, dans ces utilisations, régler facilement la vitesse de consommation. Ce n'est pas le cas pour les énergies renouvelables.

Le principal inconvénient des énergies renouvelables (comme le solaire, l'éolien...) est la difficulté de stockage. Grâce au CO<sub>2</sub>, nous pouvons fabriquer les énergies intermédiaires (comme le CH<sub>4</sub>) qui peuvent être stockées.

Le H<sub>2</sub> permet de fixer les énergies renouvelables sous une forme transportable et stockable comme le charbon. Les énergies produites par une source comme le vent. Le H<sub>2</sub> peut directement être utilisé comme un combustible ou dans les piles à combustible pour une production d'électricité.

Nous pouvons intégrer le CO<sub>2</sub> dans ce processus. Avec H<sub>2</sub>, le CO<sub>2</sub> peut être transformé en CH<sub>4</sub> qui est aussi un combustible. Cette démarche n'améliore pas la qualité du combustible produit, elle permet tout simplement de fixer le CO<sub>2</sub> sous une forme de combustible afin de ralentir ses émissions.

Il est important de noter que la valorisation du CO<sub>2</sub> ne présente qu'une petite partie du CO<sub>2</sub> émis par les activités humaines. L'utilisation traditionnelle du CO<sub>2</sub> (comme réactif, directement, comme fertilisant) est de l'ordre de 115 Mt par an dans le monde. (Metstor, s. d.)

À Marseille, le CO<sub>2</sub> est réutilisé pour accélérer la croissance d'algues dédiées à l'alimentation animale ou à la production de biocarburants. Au total, 5 à 10 % du CO<sub>2</sub> généré dans la région pourraient être réutilisés. (Remoué et Lutzky, 2009)

Au Havre, quelques sites industriels dans le secteur chimique utilisent le CO<sub>2</sub> comme une matière première ou additive dans leurs productions. Selon l'estimation d'un pilote de projet de captage en cours<sup>4</sup>, le marché régional potentiel capté par cette installation représentera environ 5 % de CO<sub>2</sub>.

Ceci dit les émissions anthropiques ne peuvent pas être remplacées par la réutilisation du CO<sub>2</sub>. Cependant, il est préférable de réutiliser du CO<sub>2</sub> capté que de fabriquer du nouveau CO<sub>2</sub>.

#### ***1.1.5.5. Contexte politique***

L'Europe et la France soutiennent le développement en promouvant la recherche et les programmes de démonstration, ainsi qu'en instituant un cadre propice à un déploiement sûr du CTSC. Le fonds démonstrateurs européens, communément appelé NER300 (*New Entrant Reserve 300*), a été créé dans le cadre du paquet climat-énergie adopté sous la présidence française de l'Union Européenne. Il s'agit d'un dispositif majeur permettant de financer des démonstrateurs de CTSC et d'énergies renouvelables innovantes de tailles commerciales. Il est doté de 300 millions de quotas d'émissions de CO<sub>2</sub> correspondant à une aide de 4,5 à 9 milliards d'euros (pour un cours du CO<sub>2</sub> variant de 15 à 30 euros par tonne<sup>5</sup>). (ADEME, 2011)

Pourtant, les politiques locales des États membres ne sont pas toujours favorables au développement de cette technologie (Kempf, 2011) : en Allemagne, le Sénat (Bundesrat)

---

<sup>4</sup> Une entreprise anonyme.

<sup>5</sup> Le prix du CO<sub>2</sub> au marché en 2011.

a rejeté, le 23 septembre 2011, la loi portant sur les démonstrations et l'utilisation du CTSC. Aux Pays-Bas, le stockage du CO<sub>2</sub> est interdit sur terre (*onshore*), de même qu'en Autriche.

#### **1.1.5.6. Analyses économiques de la technologie CTSC**

Bien que l'objectif économique ne soit pas le premier objectif des projets CTSC, il est toujours nécessaire d'analyser les aspects économiques de ces opérations. Parce que, premièrement, les acteurs des projets CTSC, les industriels, ne peuvent pas développer les projets sans savoir précisément combien ça coûtera ; deuxièmement, pour les acteurs locaux et l'État, le coût est un indicateur primordial dans la politique et les soutiens vis-à-vis de cette technologie.

Nous différencions deux coûts dans les opérations de CTSC : les coûts fixes (coût d'installation des équipements tels que le système de captage, de gazoduc, etc.) et les coûts variables (coût d'exploitation lors du captage, transport et stockage de chaque tonne de CO<sub>2</sub>).

Le coût variable total des opérations sera la somme de l'ensemble des coûts de trois actions : captage, transport et stockage. Il est difficile d'illustrer tous les coûts précisément aujourd'hui car les technologies utilisées, les domaines industriels appliqués et les tailles des échelles des opérations sont très variés dans la phase de démonstration. Les coûts présentés ci-dessous sont donc à titre indicatif.

#### **Coûts de captage**

Le captage représente environ 70 % du coût total de la filière du fait de l'énergie consommée lors de cette étape, d'une part, et du fait des dépenses d'investissement et de fonctionnement liés aux équipements à installer, d'autre part. (IFP Énergies Nouvelles, 2010)

Une centrale électrique équipée d'un système de captage aurait besoin d'environ 10 à 40 % d'énergie de plus qu'une centrale de rendement équivalent sans captage. Ceci génère du CO<sub>2</sub> supplémentaire. On parle donc plutôt de **CO<sub>2</sub> évité** plutôt que de **CO<sub>2</sub> capté**. Ce sujet est bien expliqué dans le rapport du GIEC (GIEC, 2005).

Le coût du captage est très variable selon les différentes techniques appliquées (postcombustion, précombustion ou oxycombustion) et l'installation considérée (centrale, cimenterie, aciérie, raffinerie). À l'heure actuelle, le coût estimé du captage du CO<sub>2</sub> évité pourrait se situer entre 37 et 44 € par tonne (Coussy, 2010). Il est à noter que ce champ de coût est théorique et issu d'un ensemble d'estimations sous hypothèses.

Au havre, la première étude sur le projet de démonstration, construction et exploitation des équipements de captage du CO<sub>2</sub>, a été lancé par EDF en mai 2010 pour la période

2010-2013. La technologie appliquée est la postcombustion aux amines. Un montant de 22 M€ est prévu pour cette démonstration.

### Coûts de transport

Comme présenté paragraphe 1.1.5.2, les technologies de transport du CO<sub>2</sub> sont matures. Il est possible de transporter du CO<sub>2</sub> par gazoduc ou par bateau vers des sites de stockage en mer (*offshore*) ou sur de grandes distances. Le coût de transport est une part relativement faible du coût total du CTSC (environ 1 à 3 €/100 km pour transporter une tonne de CO<sub>2</sub> (Coussy, 2010).

Le coût du transport dépend essentiellement de deux facteurs : le volume transporté et la distance à parcourir.

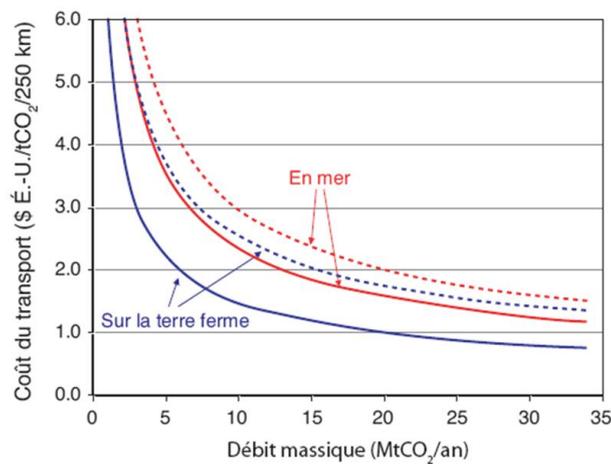


Figure 1-4 : Coût du transport en fonction du débit  
(source: GIEC, Piégeage et stockage du dioxyde de carbone, 2005, p. 30. (GIEC, 2005))

La Figure 1-4 montre le coût du transport par gazoduc sur la terre ferme et en mer, en dollars par tonne de CO<sub>2</sub> sur 250 km, en fonction du débit massique du CO<sub>2</sub>. Le graphique présente les estimations supérieures (pointillé) et les estimations inférieures (trait plein).

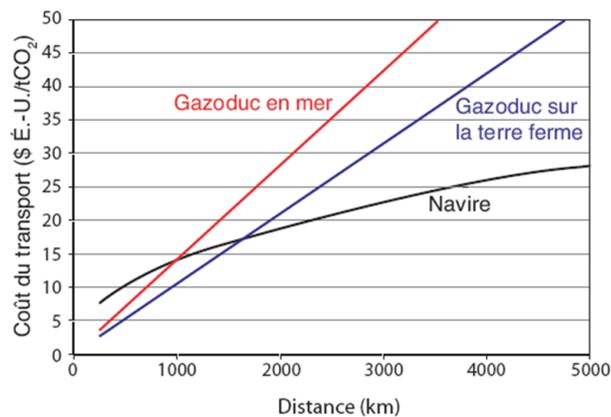


Figure 1-5 : Coût du transport en fonction de la distance  
(source: GIEC, Piégeage et stockage du dioxyde de carbone, 2005, p. 30. (GIEC, 2005))

La Figure 1-5 montre le coût, en dollars par tonne de CO<sub>2</sub> selon la distance, du transport par gazoduc sur la terre ferme, par gazoduc en mer et par navire. Le débit massique dans les conduits est de 6 Mt de CO<sub>2</sub> par an. Le coût du transport maritime comprend le stockage intermédiaire, les droits portuaires, les combustibles, le chargement et le déchargement. Il comprend aussi les frais additionnels associés à la liquéfaction, par rapport à la compression.

Nous pouvons conclure que les gazoducs sont la solution favorite pour le transport de grandes quantités de CO<sub>2</sub> sur des distances allant jusqu'à un millier de kilomètres environ. Pour des quantités inférieures à quelques millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an ou pour des distances plus importantes au-delà des mers, l'emploi de navires, le cas échéant, pourrait être plus intéressant sur le plan économique. (GIEC, 2005)

### Coûts de stockage

Le coût de stockage dépend du type de stockage géologique. Selon une étude de ECOFYS-TNO (Hendriks, Graus et van Bergen, 2004), les coûts de stockage en mer (*offshore*) sont sans surprise plus élevés de quelques euros par tonne de CO<sub>2</sub> stocké que les coûts en terre (*onshore*) (cf. Figure 1-6). Le coût du stockage dans des formations salines et dans des gisements de pétrole et de gaz naturel épuisés se situe généralement entre 0,5 et 8 dollars par tonne de CO<sub>2</sub> injecté, à quoi il faut ajouter 0,1 à 0,3 dollar par tonne de CO<sub>2</sub> pour la surveillance (GIEC, 2005).

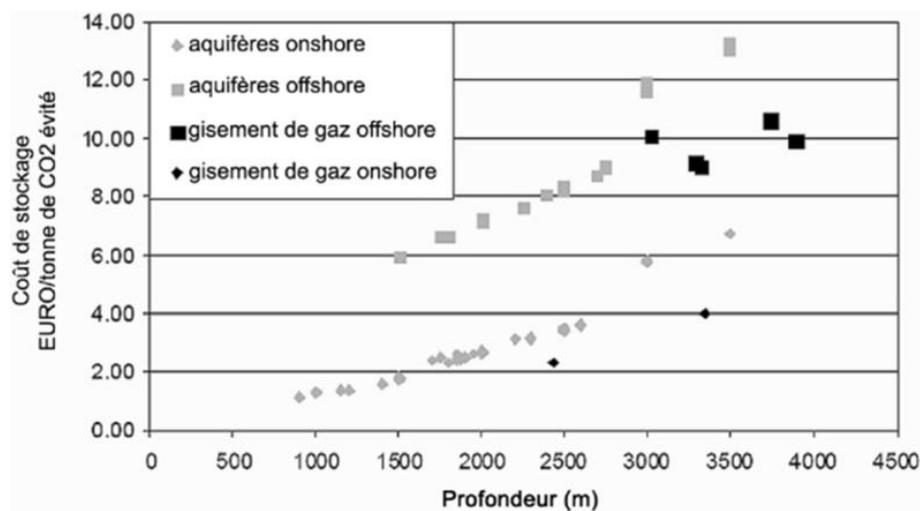


Figure 1-6 : Évaluation des coûts de stockage du CO<sub>2</sub>  
 (Source: Étude de ECOFYS-TNO (Hendriks, Graus et van Bergen, 2004))

### Coûts totaux de CTSC

Les industriels ont sorti leurs premières estimations pour le coût total en moyenne théorique en 2011 : environ 40 à 50 € par tonne de CO<sub>2</sub> évité. (MOLGA, 2011) Il convient de préciser que l'adaptation des centrales existantes avec piégeage du CO<sub>2</sub> devrait

entraîner des coûts plus élevés et, dans l'ensemble, une efficacité globale sensiblement moindre que les centrales neuves avec piégeage.

Cependant, le coût total pour les projets de démonstration peut aller facilement jusqu'à 60 à 90 €/tonne pour acquérir les premières expériences. Avec la maturité de la technologie, on espère, d'un point de vue optimiste, un coût de 30 à 45 €/tonne en 2030. Avec un coût de ce niveau, le système de CTSC peut être autofinancé pour le prix de marché du CO<sub>2</sub> d'environ 30 à 48 €/tonne selon certaines prévisions (McKinsey, 2008). Il existe d'autres scénarii pour le prix du CO<sub>2</sub>, selon l'étude de Geogreen, en 2030, le prix unitaire de CO<sub>2</sub> pourra aller jusqu'à 80 €, voire 150 € (Geogreen, 2009). En général, la mise en place du projet CTSC est avantageuse économiquement à long terme dans certaines conditions favorables seulement.

Dans le cas du Havre, comme illustré Figure 1-7, l'étude montre que des investissements et des coûts opératoires pour l'ensemble de la chaîne conduit à des valeurs ramenées à la tonne de CO<sub>2</sub> captée comprises entre 41 et 48 € (30 € pour le captage, de 5 à 7,5 € pour le transport et 6 à 10 € pour le stockage). Ce modèle intègre la solution « Récupération Assistée du Pétrole (RAP) ». Il convient de préciser que cette prévision est faite dans un contexte de captage mutualisé.

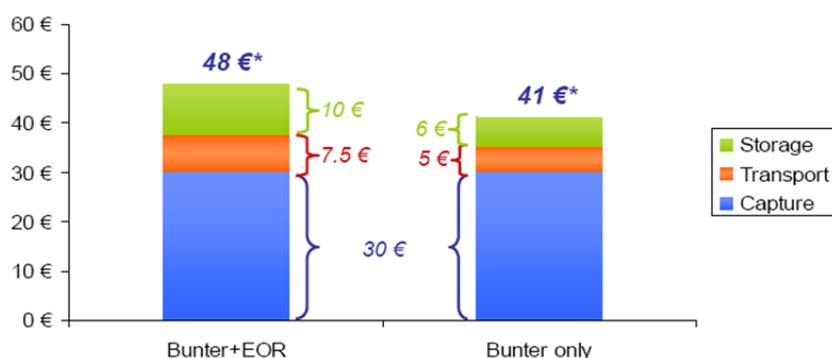


Figure 1-7 : Coût total des opérations de CTSC (avec et sans RAP) selon l'étude de Geogreen (Geogreen, 2009)

### 1.1.5.7. Projets CTSC en Europe

Deux grands programmes européens existent : « le plan de relance », doté d'un milliard d'euros pour six projets de démonstration (en Allemagne, aux Pays-Bas, en Pologne, en Espagne, en Grande-Bretagne et en Italie), et « NER300 », dont la sélection est en cours. (MOLGA, 2011) Treize démonstrateurs sont étudiés par ce programme pour choisir six projets à financer durant le second semestre 2012. (Kempf, 2011)

En France, la plupart des gros industriels s'y mettent. Depuis 2003, l'ADEME a cofinancé pas moins de 28 projets de recherche appliquée sur les technologies de captage du CO<sub>2</sub>, qui s'ajoutent à 33 autres, plus fondamentaux, soutenus par l'ANR depuis 2005.

Du point de vue d'un territoire, Le Havre n'est pas le seul terrain qui aborde des études d'aménagement relatives à la technologie CTSC. Plusieurs autres terrains, les zones industrielles et les zones portuaires ont les mêmes enjeux et problématiques telles que le projet de Rotterdam (RCI, 2011) et le projet de Tees Valley (PERSHAD, 2011), etc. Nous pouvons nous référer à leurs expériences et en tirer des enseignements (cf. Annexe I) (page 162).

Dans ces nouveaux contextes et exigences écologiques et économiques, avec la maturation des technologies de CTSC, les entreprises industrielles vont-elles rajuster leurs modes de gestion et/ou réorganiser leurs structures, notamment sur leurs décisions de localisations des sites logistiques ?

Pour les entreprises concernées, cette nouvelle contrainte environnementale nécessite des nouvelles organisations non seulement dans leurs exploitations quotidiennes, mais aussi dans leurs décisions très en amont comme les conceptions des chaînes logistiques, y compris la localisation des sites. Généralement, une entreprise localise un site selon un certain nombre de facteurs, avec lesquels elle va comparer les terrains candidats afin de trouver le meilleur terrain pour s'y installer. Nous nous interrogeons aujourd'hui : la nouvelle contrainte de CO<sub>2</sub> est-elle un nouveau facteur de localisation ?

Les autorités locales qui ont une vocation de développer leurs territoires s'intéressent également à ce problème. Pour pouvoir attirer plus d'entreprises, y compris les entreprises industrielles, les autorités locales doivent bien préparer leurs terrains pour qu'il soit plus attractif. Les facteurs de localisation deviennent donc importants dans leurs décisions d'investissements. Par exemple, si le facteur de CO<sub>2</sub> devient un facteur discriminant de localisation, un territoire doit penser à investir dans ce domaine par des infrastructures, des aides financières, etc.

Dans ce contexte, en 2009, les autorités locales du Havre telles que le port du Havre, la ville du Havre, dans le but d'augmenter l'attractivité vis à vis des grandes industries, souvent les grandes émettrices de CO<sub>2</sub>, ont commandé une étude à travers la Chaire CTSC pour étudier si le CO<sub>2</sub> sera un nouveau facteur dans la localisation des sites industriels. Cette étude permet d'aider à leurs décisions de l'investissement sur les infrastructures de réseau du CO<sub>2</sub>. Autrement dit, si le facteur de CO<sub>2</sub> est un facteur critique pour les industries dans leurs prochaines localisations, les autorités vont investir dans ce domaine afin de construire un avantage concurrentiel par rapport aux autres territoires. Il convient de préciser que ces investissements peuvent être extrêmement coûteux, jusqu'à plusieurs milliards d'euro. Les enjeux financiers sont donc importants. En revanche, si le CO<sub>2</sub> n'est pas un facteur important dans la localisation des nouveaux sites industriels, les acteurs locaux pourront allouer ces ressources financières dans d'autres investissements plus valorisants.

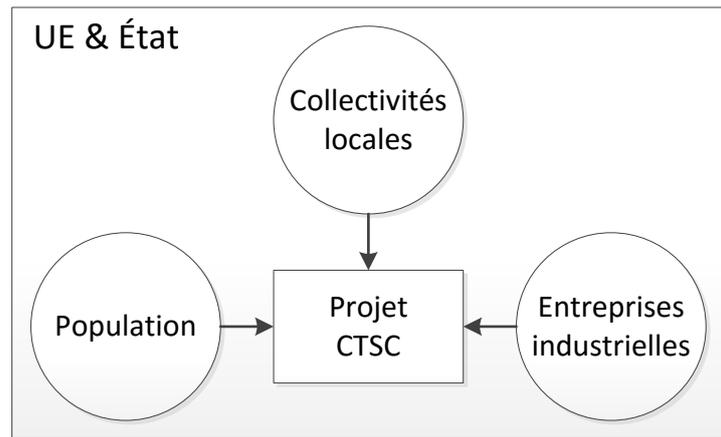


Figure 1-8 : Une convergence des volontés

Un projet CTSC est un résumé des volontés de quatre parties (cf. Figure 1-8) : l'État, les collectivités locales, la population et les entreprises. L'État définit la politique sur cette technologie, il est le promoteur d'un projet de CTSC. Les opinions publiques sont aussi une clé pour fonder un tel projet. Les collectivités locales jouent un rôle d'organisateur de projet. Ce sont elles qui coordonnent les actions des autres parties-prenantes. Les entreprises sont les acteurs principaux, car ce sont elles qui réalisent les projets de CTSC.

Cette thèse est également une étude de faisabilité sollicitée par les collectivités locales sur les investissements d'un éventuel projet de CTSC d'un point de vue de gestionnaire pour étudier les comportements des entreprises lors d'une localisation.

## 1.2. Région envisagée : la ZIP du Havre

### 1.2.1. Ville de logistique

Le terrain de recherche pour cette thèse est la ville du Havre qui est traditionnellement une ville de logistique. Ayant 600 entreprises, 17 000 emplois, un parc de 1,3 millions m<sup>2</sup> d'entrepôts et 530 000 m<sup>2</sup> de surfaces d'entreposage en cours de réalisation : la logistique fait sans conteste partie des pôles économiques d'excellence de la région havraise. (LHD, 2011)

Avec 4 millions d'EVP prévus en 2017, 2,5 aujourd'hui (un peu plus de 70 millions de tonnes traitées en 2010) (LHD, 2011), Le Havre est le second port de commerce français (le cinquième en Europe). 60 à 70 millions de tonnes de volumes dont 40 millions de tonnes du pétrole brut par an. Le port du Havre accueille 7 000 navires par an.

Les flux et les activités portuaires du Havre sont illustrés Figure 1-9.

### 1.2.2. Ville émettrice de CO<sub>2</sub>

En même temps, Le Havre est également une ville industrielle qui présente une densité d'émissions de CO<sub>2</sub> très élevée et elle est un terrain idéal de recherche pour la technologie CTSC.

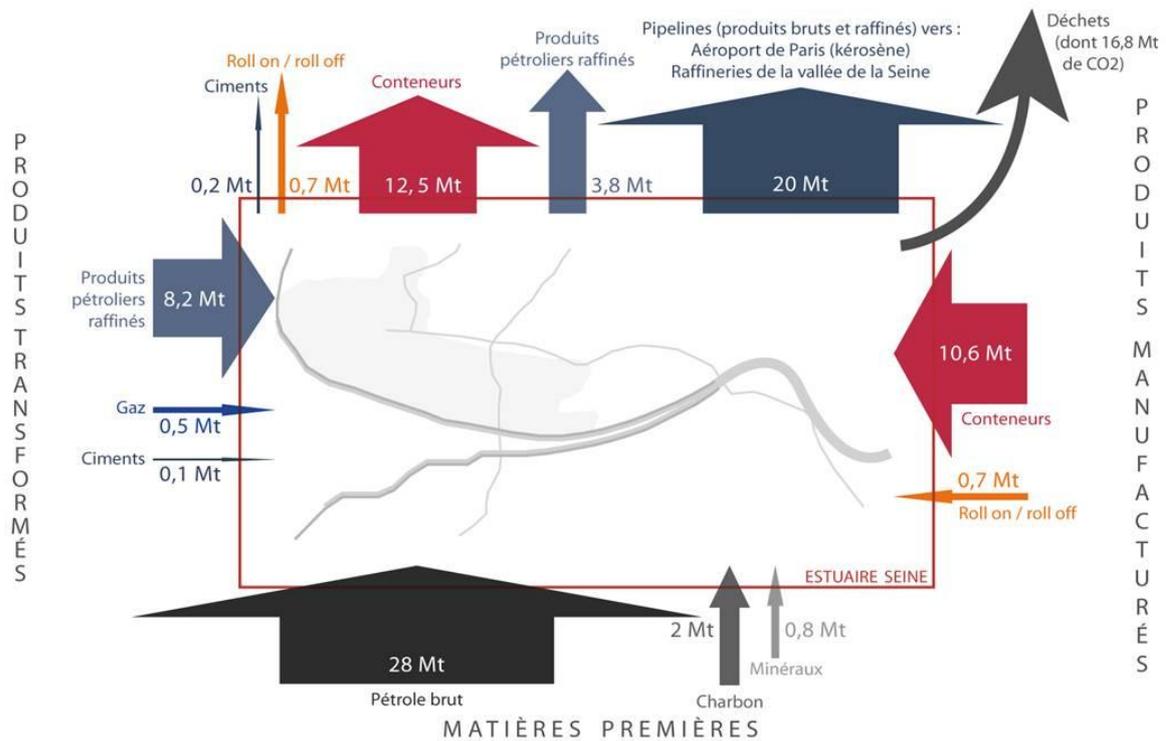


Figure 1-9 : Les activités portuaires du Havre  
 (source: Benjamin Israël, Quel avenir pour l'industrie dans les places portuaires ? Presses des Mines, 2012 (Israël, 2012))

Le cluster industriel du Havre représente la troisième grande zone émettrice de CO<sub>2</sub> en France avec 15 grands émetteurs de CO<sub>2</sub> au-dessus de 100 000 tonnes par an (dont 4 au-dessus de 1 Mt) dans un rayon de 50 km (cf. Figure 1-10). Les émissions globales considérées sont respectivement de 10,7 Mt en 2005, 14,5 Mt en 2008 et environ 20,7 Mt en 2020.

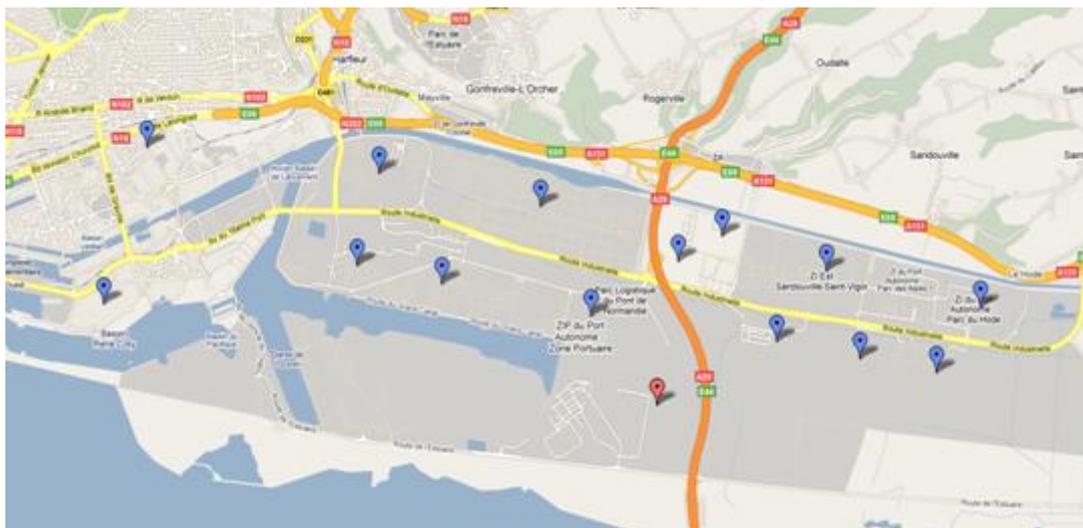


Figure 1-10 : La répartition des entreprises émettrices de CO<sub>2</sub> au Havre  
 (graphique établi à partir des données d'IREP (MEDDE, s. d.))

Pour mieux illustrer la situation des émissions de CO<sub>2</sub> au Havre, on introduit un indicateur de « densité des émissions (I<sub>D</sub>) » :

$$I_D = \frac{\frac{Q_i}{Q_F}}{\frac{N_i}{N_F}} = \frac{Q_i}{N_i} \cdot \frac{N_F}{Q_F}$$

Dont :

- Q<sub>i</sub> : la quantité de CO<sub>2</sub> émis par les unités industrielles dans la région i ;
- Q<sub>F</sub> : la quantité totale de CO<sub>2</sub> émis par les unités industrielles françaises ;
- N<sub>i</sub> : le nombre d'unités émettrices dans la région i ;
- N<sub>F</sub> : le nombre total d'unités émettrices françaises ;
- Q<sub>i</sub>/Q<sub>F</sub> : la part de quantité de CO<sub>2</sub> émis par la région i ;
- N<sub>i</sub>/N<sub>F</sub> : le pourcentage du nombre d'unités émettrices dans la région i ;
- Q<sub>i</sub>/N<sub>i</sub> : la quantité moyenne émise par source dans la région i ;
- Q<sub>F</sub>/N<sub>F</sub> : la quantité moyenne émise par source en France ;
- I<sub>D</sub> : signifie la quantité moyenne émise dans la région i par rapport la moyenne de la France.

Comme illustré Figure 1-11, selon des données du Registre français des émissions polluantes (MEDDE, s. d.) en 2008, il y avait 172 579 075 tonnes de CO<sub>2</sub> émis par 2 553 sites déclarés en France. La quantité moyenne de CO<sub>2</sub> émis par émetteur en France est donc :

$$\frac{Q_F}{N_F} = \frac{172579075}{2553} = 76559 \text{ t/site}$$

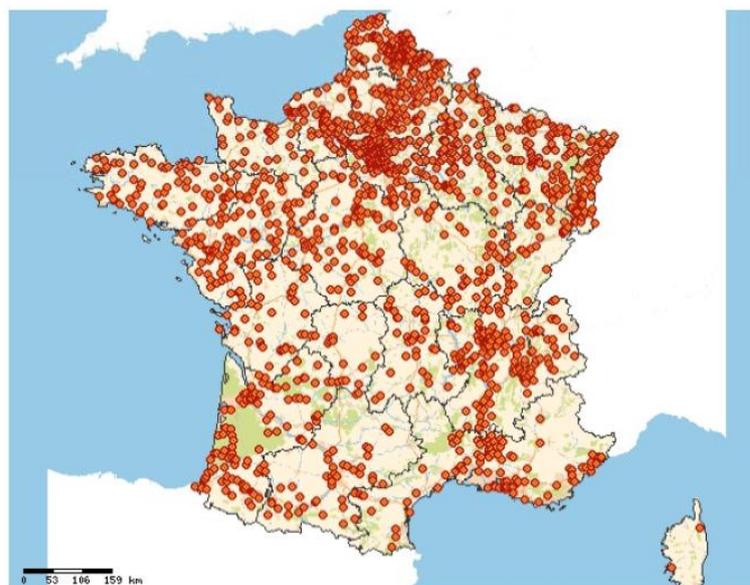


Figure 1-11 : Émissions de CO<sub>2</sub> de 2008 en France  
(Source: Registre français des émissions polluantes (MEDDE, s. d.))

Si nous regardons le même facteur en Normandie (cf. Figure 1-12), nous constatons dans le Tableau 1-1 que les émissions par site dans la région est de 154 988 tonnes par site, soit 2,29 fois la moyenne française.



Figure 1-12 : Émissions de CO<sub>2</sub> de 2008 en Normandie  
(Source : Registre français des émissions polluantes (MEDDE, s. d.))

Tableau 1-1 : Émissions de CO<sub>2</sub> de 2008 en Normandie  
(Source des données brutes : Registre français des émissions polluantes (MEDDE, s. d.))

Rang	Région	Nb Entreprise	Emission 2008 (t)	t/entreprise	Indicateur
1	PROVENCE-ALPES-COTE-D'AZUR	116	35 434 921	305 473	4,52
2	HAUTE-NORMANDIE	127	19 683 434	154 988	2,29
3	LORRAINE	141	21 028 055	149 135	2,21
4	NORD-PAS-DE-CALAIS	265	23 463 193	88 540	1,31
5	PAYS-DE-LA-LOIRE	145	8 555 904	59 006	0,87
6	ILE-DE-FRANCE	233	13 045 942	55 991	0,83
7	POITOU-CHARENTES	56	2 734 553	48 831	0,72

Même constat pour le département de la Seine-Maritime. Dans ce département, 201 796 tonnes de CO<sub>2</sub> sont émises par site, soit 2,94 fois de plus par rapport à la moyenne française (cf. Tableau 1-2).

Tableau 1-2 : Émissions de CO<sub>2</sub> de 2008 en Seine-Maritime  
(Source des données brutes : Registre français des émissions polluantes (MEDDE, s. d.))

Rang	Départements	N°	Nb Entreprise	Emission 2008 (t)	t/entreprise	indicateur
1	Bouches-du-Rhône	13	68	21 248 798	312 482	4,55
2	Moselle	57	55	13 776 261	250 477	3,65
3	Seine-Maritime	76	91	18 363 398	201 796	2,94
4	Meurthe-et-Moselle	54	37	5 468 943	147 809	2,15
5	Loire-Atlantique	44	43	5 826 070	135 490	1,97
6	Nord	59	157	19 346 763	123 228	1,79
7	Départements d'Outremer	97	41	4 819 048	117 538	1,71

La région Normandie et le département de la Seine-Maritime présentent donc une densité d'émission de CO<sub>2</sub> élevée par rapport aux autres régions ou départements français. Or, si nous zoomons encore sur la ZIP du Havre, comme illustré dans la Tableau 1-3, les émissions de cette zone géographique représentent 8,85 % des émissions françaises totales en 2008, soit une densité supérieure de plus d'un facteur 6 par rapport à la moyenne nationale.

**Tableau 1-3 : La densité des émissions de CO<sub>2</sub> au Havre**  
(Source des données brutes : Registre français des émissions polluantes (MEDDE, s. d.))

CO <sub>2</sub> émis en Mt	2003	2004	2005	2006	2007	2008
du Havre (37 sites)	6,62	13,947	14,043	13,425	15,548	15,271
en France (2553 sites)	131,054	202,943	170,881	168,484	166,993	172,579
% émission française	5,05%	6,87%	8,22%	7,97%	<b>9,31%</b>	<b>8,85%</b>
Indicateur densité						<b>6,11</b>

Le tableau 7-4 illustre la répartition des émissions industrielles de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et montre la part importante liée aux grandes installations de combustion.

**Tableau 1-4 : Principales émissions de CO<sub>2</sub> en Haute-Normandie en 2011**  
(Source : L'industrie et l'environnement en Haute-Normandie (DREAL, 2012))

Rang	Exploitant	CP	Commune	2011	2009	unité
1	Total Raffinage Marketing	76700	Harfleur	3 507 172	3 855 341	tonnes/an
2	EDF-DPIT Unité de production thermique du Havre	76067	Le Havre	2 956 009	3 183 577	tonnes/an
3	Esso Raffinage SAS	76330	Notre-Dame-de-Gravenchon	2 058 889	2 172 088	tonnes/an
4	ExxonMobil Chemical France	76330	Notre-Dame-de-Gravenchon	1 221 388	1 108 630	tonnes/an
5	Petroplus Raffinage Petit-Couronne SAS	76650	Petit-Couronne	1 208 542	1 227 305	tonnes/an
6	Total Pétrochemicals France	76700	Gonfreville-l'Orcher	969 115	1 241 313	tonnes/an
7	Lafarge Ciments	76065	Le Havre	580 364	305 114	tonnes/an
8	GPN	76121	Grand-Quevilly	450 772	483 799	tonnes/an
9	Yara France	76700	Gonfreville-l'Orcher	436 537	428 165	tonnes/an
10	Tereos Benp (ex-BENP Lillebonne)	76170	Lillebonne	383 390	330 038	tonnes/an
11	Air Liquide Hydrogène	76330	Notre-Dame-de-Gravenchon	295 984	226 206	tonnes/an
12	Smedar	76120	Grand-Quevilly	292 599	-	tonnes/an
13	M-real Alizay	27460	Alizay	242 319	327 411	tonnes/an
14	NeoElectra du Rouvray	76800	Saint-Etienne-du-Rouvray	224 510	279 291	tonnes/an
15	Cabot Carbone SAS	76170	Lillebonne	175 493	164 143	tonnes/an
16	Sedibex	76430	Sandouville	166 091	109 820	tonnes/an
17	Oreade	76170	Saint-Jean-de-Folleville	159 536	138 759	tonnes/an
18	Saint-Louis Sucre	27150	Etrepagny	106 709	119 034	tonnes/an
...	...	...	...	...	...	...
47	Chapelle Darblay	76530	Grand-Couronne	18 878	344 857	tonnes/an
...	...	...	...	...	...	...
	<b>TOTAL</b>			<b>16 974 327</b>	<b>17 806 485</b>	<b>tonnes/an</b>

### 1.2.3. Une gestion collective de CO<sub>2</sub> peut-elle constituer un avantage spécifique du territoire ?

Pour répondre aux évolutions de choix de localisation des industries liées à la limitation de l'empreinte carbone et pour valoriser l'attractivité d'un territoire, les collectivités territoriales réfléchissent aux moyens de mettre en place des moyens visant à limiter les émissions de CO<sub>2</sub> en jouant sur des effets de taille et sur des mises en commun de moyens. Combiné avec l'évolution des technologies de CTSC et les réglementations

environnementales de plus en plus sévères, le territoire du Havre est un territoire privilégié pour mener des recherches sur le CTSC, portant aussi bien sur les technologies de captage, que sur les conditions de stockage dans le sous-sol et les questions associées à l'acceptabilité sociale et aux sciences de gestion.

Dans les rapports Geogreen (Geogreen, 2009), il est montré que ce territoire porte des ambitions en matière de développement durable par la maîtrise de ses émissions de CO<sub>2</sub>, avec une volonté énoncée de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de 3 % par an sur le territoire. Ainsi, Le Havre a un fort potentiel de développement pour des opérations de CTSC : en supposant un taux de captage du CO<sub>2</sub> de 90 % et un début de captage à échelle industrielle en 2020, une durée de vie moyenne des installations émettrices de 30 ans, Le Havre peuvent capter de l'ordre de 560 Mt de CO<sub>2</sub> émis par ses industries.

Les sites émetteurs du CO<sub>2</sub> concernés pour notre étude sont en premier lieu les installations soumises au système d'échange de quotas (production d'énergie, ciment, verre, métaux ferreux, industries minérales, pâtes à papier) et les exploitants d'installations de combustion de plus de 20 MW (MEEDDM, s. d.), soit :

- 1 centrale thermique au charbon ;
- 3 raffineries de pétrole brut ;
- 1 grand centre pétrochimique et 2 autres de plus petite taille ;
- 1 production d'ammoniac et d'urée ;
- 1 cimenterie ;
- 1 incinérateur d'ordures ménagères avec récupération de chaleur ;
- 1 verrerie ;
- 1 chaufferie d'un constructeur d'automobile ;
- 1 équipementier de compressions et de turbines.

Le Tableau 1-5 présente la répartition par secteur industriel des émissions de CO<sub>2</sub> dans la ZIP du Havre en 2008.

**Tableau 1-5 : Répartition par secteur industriel des émissions de CO<sub>2</sub> dans la ZIP du Havre en 2008**  
(Source des données brutes : Registre français des émissions polluantes (MEDDE, s. d.))

Secteur	Émission de CO <sub>2</sub> (en t)	Pourcentage	Nombre de sites
Industrie automobile	27 700	0,18%	1
Déchets et traitements	307 950	2,03%	8
Industries minérales	779 000	5,13%	1
Chimie et parachimie	925 440	6,09%	13
Énergie	4 159 900	27,39%	4
Pétrole et gaz	8 986 000	59,17%	8
<b>Total</b>	<b>15 185 990</b>	<b>100%</b>	<b>35</b>

Pour développer un projet de mutualisation de gestion des émissions de CO<sub>2</sub>, les principales caractéristiques de la zone du Havre sont les suivantes :

- une zone de petits émetteurs, qui pour des raisons économiques préféreront se regrouper pour mettre en place une démarche CTSC ;
- une zone de concentration de la population forte ;
- une réglementation environnementale en France sévère ;
- une zone relativement éloignée de zones de stockage géologique : deux solutions de stockage pour Le Havre existent : le bassin de Paris qui demandera une étude d'acceptabilité sociale avant de pouvoir être utilisé, les zones de champs pétrolifères déplétés en Mer du Nord. Rotterdam est considéré comme un Hub pour certaines de ces zones et se trouve à 260 miles (environ 400 km) nautiques du Havre.

#### **1.2.4. Projet européen COCATE**

Le Havre est motivé par les recherches et les développements de projets de gestions mutualisées des émissions de CO<sub>2</sub>. Après le rapport de faisabilité technique et économique sur la mutualisation de captage et transport du CO<sub>2</sub> réalisé par Geogreen en 2009 (Geogreen, 2009), en 2010, un projet européen a été lancé pour une étude plus approfondie sur le transport du CO<sub>2</sub> entre Le Havre et la Mer du Nord.

IFP Energies Nouvelles, Établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), représente neuf partenaires (Le Havre Développement (France), Geogreen (France), Accoat (Denmark), SINTEF Energy Research (Norway), DNV (Norway), TNO (Netherlands), Port of Rotterdam NV (Netherlands) et SANERI (South Africa)), est l'organisateur et le coordinateur du projet COCATE, un des projets CTSC les plus importants en France. (IFP Énergies Nouvelles, 2011) Le terrain d'application est la ZIP du Havre et Port Jérôme (Terrain de réseau transport du CO<sub>2</sub>), et le Port de Rotterdam qui est le port de destination pour regrouper du CO<sub>2</sub> venant de plusieurs origines avant de l'envoyer vers certains puits déplétés de mer du Nord. L'échéance initiale du projet était de 3 ans, et devait se développer de janvier 2010 à décembre 2012 pour un budget de 4,5 M€ dont 3 M€ financés par l'UE.

Il est à noter que le projet COCATE n'est pas une suite de l'étude sur Le Havre réalisée par l'entreprise Geogreen en 2009. Les deux projets sont différents quant à leurs périmètres. L'étude Geogreen est commandée par Le Havre Développement pour répondre à une problématique locale, alors que le projet COCATE est un projet européen qui répond à un appel d'offres de la DG Recherche<sup>6</sup>. Il faut noter que ces deux projets traitent des problématiques similaires et s'appliquent au cas du Havre.

---

<sup>6</sup> DG Recherche: La Direction Générale de la Recherche et de l'innovation a pour mission de concevoir et de mettre en œuvre la politique européenne dans le domaine de la recherche et de l'innovation, en vue de

Le projet COCATE a pour objectifs d'identifier les conditions de mutualisation du captage de petits émetteurs ainsi que les conditions de transport mutualisé du CO<sub>2</sub> dès le lieu de captage (la ZIP du Havre et Port Jérôme) jusqu'au lieu de stockage (le Port de Rotterdam). Les résultats de ce projet peuvent être applicables pour ce projet concret, mais peuvent être généralisés à d'autres zones industrielles similaires où se concentrent des unités émettrices de CO<sub>2</sub> (entre plusieurs dizaines et plusieurs centaines de milles de tonnes de CO<sub>2</sub> émis par année). Les quatre axes de recherche principaux de COCATE sont :

1. étude du développement d'un réseau CTSC ;
2. impacts des impuretés sur les conditions de transport ;
3. risques liés à la technologie CTSC ;
4. étude économique.

Ces résultats seront présentés dans un ensemble de documents, certains étant confidentiels, d'autres publics.

Au travers de Le Havre Développement, COCATE accède à des données industrielles des sites havrais. En échange de leurs participations, ces sites peuvent avoir accès à certains documents de COCATE, dit restrictifs.

Il convient de préciser que les techniques de captage mutualisé de CO<sub>2</sub> sur les émetteurs géographiquement proches et l'injection du CO<sub>2</sub> gérée par le Hub (le Port de Rotterdam en l'occurrence) ne sont pas dans le périmètre du projet.

Quant au transport entre Le Havre et Rotterdam, deux choix alternatifs sont étudiés : par navire ou par pipeline. On s'attend à ce que le transport par navire soit plus facile à mettre en place que le transport en pipeline en termes de temps et d'autorisation. L'absence des législations intercommunautaires est un réel obstacle à la possibilité de mettre en place un pipeline entre Le Havre et Rotterdam.

Cependant, pour que le réseau CTSC du Havre soit viable, en dehors des verrous techniques, les conditions suivantes doivent être remplies:

- un acteur principal sur le territoire : il faut qu'un organisateur prenne la responsabilité globale et assure l'avancement du projet ;
- des soutiens financiers de l'État : des ressources et des moyens locaux ne sont pas suffisants pour ce type d'investissement ;

---

réaliser les objectifs de la stratégie Europe 2020 et de l'« Union de l'innovation ». Elle s'emploie à améliorer la qualité de vie et l'environnement de travail en Europe, en renforçant la compétitivité européenne, la croissance et l'emploi, tout en s'attachant à répondre aux enjeux de société actuels et à venir. Pour cela, elle élabore des programmes-cadres européens, coordonne et soutient des programmes locaux et régionaux, contribue à la création d'un Espace européen de la recherche en mettant en place les conditions nécessaires à la libre circulation des chercheurs et des connaissances et aide les organismes européens et les chercheurs à coopérer au niveau international. (Source: ec.europa.eu)

- une zone de stockage bien identifiée et pérenne : une fois que les flux de CO<sub>2</sub> seront livrés au lieu de stockage (comme Rotterdam), qui sera responsable de l'injection ? à quel prix ? pendant combien de temps ? Tant qu'on n'a pas des réponses claires à ces questions, le projet ne peut pas être lancé ;
- la motivation des industriels : un business modèle et des réglementations plus sévères (par exemple une taxe CO<sub>2</sub>) sont essentiels pour motiver les entreprises. Mais il est difficile dans le contexte économique d'aujourd'hui de prétendre à des réglementations plus sévères qui rendront les industries européennes encore moins compétitives.

### 1.3. Enjeux

Les enjeux de cette recherche pour les parties prenantes sont les suivants :

- pour les entreprises industrielles, enrichir le niveau d'informations préalable à leurs choix de sites d'implantation, sur la base du *benchmarking* de processus décisionnels en la matière restitué par la thèse ;
- pour les collectivités locales, les résultats de cette thèse peuvent influencer leurs décisions d'investissements pour l'aménagement de leurs territoires, à hauteur de plusieurs milliards d'euros.

### 1.4. Question centrale de la thèse

La problématique de localisation des nouveaux sites est essentielle dans la gestion stratégique des entreprises. Compte tenu des importants enjeux stratégiques, économiques et financiers, les entreprises doivent bien effectuer les actes de localisation, aucune erreur n'est tolérable. Dans un environnement concurrentiel et évolué, les critères de choix de localisation évoluent également. Nous nous posons la question suivante : est-ce que les nouvelles réglementations et contraintes environnementales (comme le critère CTSC) influenceront la décision de localisation ?

Après avoir compris les enjeux tant pour les industries émettrices que pour les collectivités locales, cette thèse porte l'ambition de chercher la part actuelle et à venir, prise par la gestion du CO<sub>2</sub> (tout spécialement des opérations de CTSC) dans les choix d'implantation de sites industriels. L'idée finale est de restituer aux collectivités locales une indication quant à l'attractivité supplémentaire qu'elles tireraient d'un investissement dans ce domaine.

La question centrale de la thèse est donc :

Est-ce que les nouvelles réglementations et contraintes environnementales (comme le critère permis d'émission CO<sub>2</sub>) influenceront la décision de localisation ?

Pour mieux répondre à cette question, il convient de préciser les points suivants :

- Le facteur de CO<sub>2</sub> signifie la facilité de gérer les émissions du CO<sub>2</sub> dans un territoire (proche de la zone de stockage géologique de CO<sub>2</sub>, accès aux technologies/réseaux de CTSC, etc.) ;
- dans la littérature, le facteur du CO<sub>2</sub> n'est pas encore mentionné comme un facteur de localisation ;
- il faut mesurer ou estimer l'importance du facteur CO<sub>2</sub> par rapport aux autres facteurs de localisation (comme le marché, la main-d'œuvre, la position géographique, etc.) ;
- il va falloir identifier si le facteur de CO<sub>2</sub> est un facteur critique (décisif) ? ou dans quelles conditions, le facteur CO<sub>2</sub> devient-il critique ?
- la « délocalisation » signifie la possibilité que des entreprises quittent le territoire parce que ce dernier n'a pas de moyens efficaces pour gérer leur coproduit CO<sub>2</sub> ;
- les entreprises concernées sont les entreprises émettrices de CO<sub>2</sub> qui sont, en premier lieu, les installations soumises au système d'échange de quotas (production d'énergie, ciment, verre, métaux ferreux, industries minérales, pâtes à papier) et les exploitants d'installations de combustion de plus de 20 MW (MEEDDM, s. d.). Concrètement, dans la zone industrialo-portuaire du Havre, nos interlocuteurs sont (Geogreen, 2009) :
  - 3 centrales thermiques au charbon (1 existante et 2 projets de construction)
  - 3 raffineries de pétrole brut
  - 1 grand centre pétrochimique et 2 autres de plus petites tailles
  - 1 production d'ammoniac et d'urée
  - 1 cimenterie
  - 1 incinérateur d'ordures ménagères avec récupération de chaleur
  - 1 verrerie
  - 1 chaufferie d'un constructeur d'automobile
  - 1 équipementier de compressions et de turbines

## 1.5. Objectifs

L'objectif de cette thèse est, dans des contextes écologiques, économiques et politiques, d'identifier le poids et l'importance du facteur CO<sub>2</sub> dans la décision de localisation des industries émettrices de CO<sub>2</sub> afin de proposer les recommandations aux collectivités politiques régionales dans leurs démarches de valorisation de l'attractivité de leurs territoires en termes de gestion de CO<sub>2</sub>.

Pour les entreprises, évaluer la performance d'un territoire repose sur l'analyse d'un ensemble de critères de performance de ce dernier. Avec l'évolution récente de la structure d'industrie, d'une production concentrée à une chaîne logistique complète, les critères évoluent également tant en leur nombre qu'en leur complexité. De plus, les

critères qui caractérisent la chaîne logistique sont désormais non seulement les coûts (de main-d'œuvre, de transport), le délai, mais aussi la sûreté et l'impact environnemental (gestion des émissions de CO<sub>2</sub> par exemple). La connaissance précise de l'état et de la tendance de ces évolutions permet aux entreprises de comprendre et d'anticiper les contraintes dans leur *Supply Chain Management* ; ainsi, il permet aux collectivités locales de réajuster leurs politiques et d'organiser les infrastructures pour valoriser leurs territoires.

L'objectif de cette recherche, est aussi d'évaluer l'opportunité pour les collectivités locales d'intégrer le soutien à la gestion des émissions de CO<sub>2</sub> dans leur modèle d'attractivité, vis-à-vis des entreprises qu'elles souhaitent attirer (le cas de localisation) ou conserver (le cas de délocalisation) sur leurs territoires. Nous allons identifier d'abord, à quel point l'attractivité d'un territoire, tel que le cluster industriel du Havre, serait augmentée si celui-ci proposait une aide aux opérations de CTSC des entreprises et ensuite, quels soutiens il doit mettre en place.

## 1.6. Démarche globale de la thèse

Plus généralement, la démarche globale de thèse est structurée comme présenté Figure 1-13.

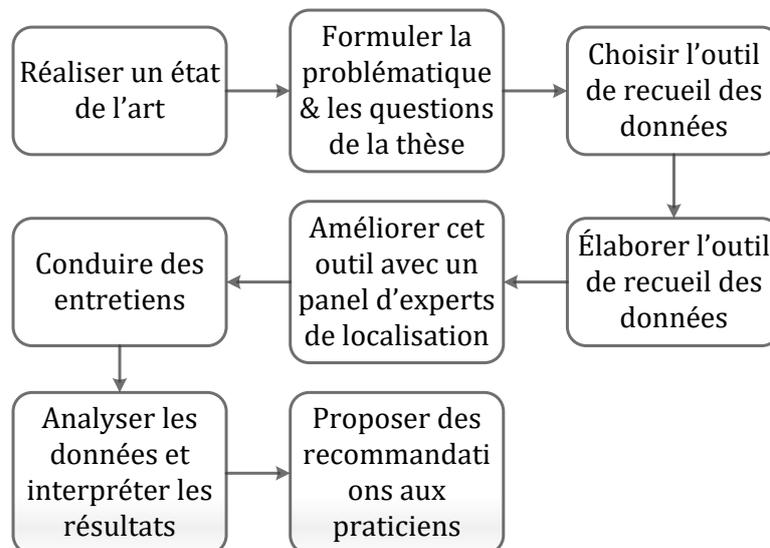


Figure 1-13 : Démarche générale de la recherche

Cette thèse commence par un état de l'art sur les facteurs et les processus de la décision de la localisation des sites industriels. À partir de cette revue de la littérature, nous avons formulé la question principale de la thèse. En fonction de cette problématique, nous avons choisi l'outil de recueil des données qui est une démarche qualitative par les entretiens avec les décideurs de localisation. Cet outil a été élaboré, puis validé par un panel d'experts de localisation tels que les cabinets de conseil, les universitaires et les aménageurs locaux. Nous avons effectué plus de 50 entretiens et nous avons ensuite

traité ces entretiens qualitativement avant de formuler nos résultats et de proposer des recommandations aux acteurs locaux vis-à-vis du sujet étudié.

# **Partie I : Cadre théorique sur la localisation**

## Chapitre 2. Décisions de localisation des sites industriels

*Cette recherche est basée sur les connaissances de deux domaines différents : d'une part, l'ensemble des théories sur la localisation des entreprises, qui fait l'objet de cette première partie ; d'autre part, l'ensemble des connaissances et de l'information actuelle liées à la gestion du CO<sub>2</sub> que nous avons présenté dans le chapitre introductif (page 2). Afin de problématiser notre sujet de recherche, nous allons donc d'abord présenter une revue de la littérature portant sur la localisation des entreprises industrielles. Dans ce chapitre, nous présentons d'abord les définitions et les enjeux des décisions de localisation dans les entreprises industrielles. Ensuite, nous présentons l'historique des théories classiques de localisation basées sur les différents facteurs de localisation classique. Ensuite, nous discutons les théories behavioristes de localisation en soulignant les processus de localisation, c'est-à-dire, comment une entreprise effectue un choix de lieu en utilisant les facteurs.*

### 2.1. Définition et enjeux des décisions de localisation des sites industriels

#### 2.1.1. Définitions

Pour mieux comprendre les termes couramment utilisés dans cette thèse, nous commençons cette partie par quelques définitions clés.

##### 2.1.1.1. Décision de localisation des sites industriels

Les mots comme « décision », « localisation » et « site » sont des mots usuels dans la langue courante qui portent parfois plusieurs sens. Nous allons donc préciser le sens de ces termes dans le contexte de cette recherche.

Selon Laoukili (Laoukili, 2014), la prise de **décision** est présentée comme « *l'action (ou l'art) de faire des choix rationnels à partir de plusieurs possibilités ne présentant pas les mêmes avantages ou inconvénients.* » Il s'agit alors de proposer des solutions (Smida, 2006). Nous pouvons considérer que les ordres dans les organisations sont produits par les différents niveaux de décision. « *En ce sens, la décision occupe bien une position centrale dans les organisations.* » (Laroche, 2014)

Pour Amiel et al., « une décision est un choix risqué entre plusieurs alternatives et la mise en œuvre de la solution retenue. » (Amiel, Bonnet et Jacobs, 1998) Nous pouvons noter trois éléments importants dans cette définition :

- Le choix : pour qu'il y ait décision, il faut que l'on soit confronté à plusieurs options, dont aucune ne s'impose a priori.
- Le risque : toute décision comporte une marque d'incertitude. Les effets ne sont mesurables qu'à terme.

- La mise en œuvre : un choix non appliqué n'est pas une solution.

Les discussions liées à la « décision » sont présentées plus en détail au paragraphe 2.3.1 Théories de la décision, page 47.

Le terme « localisation » est défini par Dunne comme suit (Dunne, 2006) :

*« Ensemble des processus par lesquels des contenus et produits numériques développés en un lieu (compris en terme de zone géographique, de langue, de culture) sont adaptés pour leur vente et leur utilisation en un autre lieu. La localisation inclut dès lors (a) la traduction du contenu verbal selon les conventions textuelles et linguistiques de la langue réceptrice et (b) l'adaptation du contenu non verbal – depuis les couleurs, les icônes, le format bitmap jusqu'à l'emballage et autres contraintes formelles. Elle inclut aussi toutes les données et les paramètres utiles à la prise en compte des exigences culturelles, techniques et légales du lieu visé. En somme, la localisation ne porte pas tant sur des tâches spécifiques que sur des processus d'adaptation de produits. »*

En combinant ces deux définitions précédentes, Sergot (Sergot, 2006) définit une « décision de localisation » par :

*« L'acte de choix, par une entreprise, d'un lieu géographique pour y implanter tout ou partie de son activité. »*

Ainsi, nous devons nous poser la question : « Qu'est-ce qu'on localise ? » Pour l'« unité » à localiser, Sergot (Sergot, 2006) précise que le terme « site » est le plus approprié, par rapport au terme « établissement » ou « entreprise », en citant la définition de « site » dans le dictionnaire de Brunet et al. (Brunet, Ferras et Théry, 1993) :

*« Site : Emplacement approprié défini en fonction de son usage. »*

À partir de cette définition, nous constatons qu'un site est un lieu d'implantation et une unité géographique d'une entreprise. Un site industriel est donc un lieu d'implantation pour exercer les activités industrielles d'une entreprise.

### **2.1.1.2. Décision de délocalisation**

Dans un contexte d'économie mondiale et de globalisation aujourd'hui, les déséquilibres sur les coûts des matières premières, les marchés et les coûts et les qualités de la main-d'œuvre sont de plus en plus évidents, les moyens d'échange d'information sont de plus en plus efficaces et les coûts de transports sont de plus en plus bas et gérables. Ceux-ci incitent parfois les entreprises à déplacer leurs sites de production d'un territoire à un autre territoire. Dans le langage courant, ce phénomène est appelé une « délocalisation ». Plusieurs définitions peuvent être trouvées dans la littérature. Nous pouvons citer deux suivantes pour mieux comprendre le terme :

*« Délocalisation est communément employé pour désigner l'ensemble des opérations par lesquelles les entreprises, à la recherche de coûts d'exploitation moins élevés, notamment en matière de main d'œuvre, transfèrent des activités de leur pays d'origine vers des pays étrangers sans que la destination des biens ou services produits ne change, qu'il s'agisse du marché domestique du pays d'origine ou de marchés étrangers. Par extension, ce terme est également employé pour désigner les opérations d'augmentation de capacités réalisées par les entreprises hors de leur pays d'origine mais qui sont destinées à desservir le marché de ce dernier. » (Arthuis, 1993)*

*« Délocalisation des opérations de réallocation spatiale d'activités existantes pour bénéficier de coûts inférieurs. »*

*« Une délocalisation peut être définie comme la décision par une entreprise ou un groupe de substituer une production à l'étranger, éventuellement sous-traitée, à une production initialement effectuée dans le pays d'origine. » (Aubert et Sillard, 2005)*

Généralement, la suppression d'un site pour implanter ailleurs est motivée soit par la diminution des coûts d'exploitation, soit pour quitter un marché à faible croissance et avoir accès à un nouveau marché florissant. Il convient de préciser que seul le premier cas concerne la délocalisation ; le deuxième cas est plutôt considéré comme deux actions (suppression et implantation) distinctes. Autrement dit, après une délocalisation, le nouveau site dessert les mêmes marchés que l'ancien site.

### **2.1.1.3. Implantation**

Il convient de préciser les définitions des termes « implantation » et « localisation ». Il y a souvent une nuance entre ces deux termes. Pour les aménageurs, le terme « implantation » signifie l'acte d'installation proprement dit. Dans cette thèse, nous n'étudions que la partie de localisation, c'est-à-dire la recherche par l'entreprise du lieu où l'unité de production sera installée.

### **2.1.2. Enjeux de localisation**

La localisation est comme, en quelque sorte, un mariage entre une entreprise et un territoire. Cependant, l'entreprise veut trouver la « meilleure » place pour s'y installer tandis qu'un territoire veut attirer le plus grand nombre d'entreprises qu'il peut. Il s'agit donc d'un double enjeu, pour une entreprise et pour un territoire.

#### **2.1.2.1. Enjeux pour les entreprises**

La localisation d'un site est la première étape pour créer et gérer une entreprise ou bien pour accroître ses activités. L'importance de la localisation pour une entreprise est évidente : la localisation a des impacts primordiaux et pérennes sur les coûts des matières

premières, les coûts d'exploitation, les coûts de distribution et la qualité des services. Les conséquences négatives engendrées par un mauvais choix de localisation ne peuvent pas être compensées par des outils managériaux ou des moyens techniques. En même temps, le coût d'implantation lui-même est très élevé et peut s'élever à plusieurs centaines de millions d'euros pour certaines industries comme une centrale électrique.

Il faut donc, lors de la localisation, bien prendre en compte tous les facteurs concernés et prendre une décision très prudente. Par conséquent, les décideurs de localisation mettent souvent en place des mesures ou développent des outils pour étudier la faisabilité des choix des sites.

Il convient de préciser que les problèmes de localisation pour un site de production d'une entreprise industrielle, pour un site d'entrepôt d'une entreprise de distribution et pour un point de vente d'un détaillant sont très différents en termes d'enjeu, de raisonnement et d'outils. Dans cette thèse, nous nous concentrons sur les sites de production d'entreprises industrielles, en particulier des industries énergétiquement intensives car ce sont les premiers sites concernés par la limitation des émissions de CO<sub>2</sub>.

### 2.1.2.2. Enjeux pour un territoire

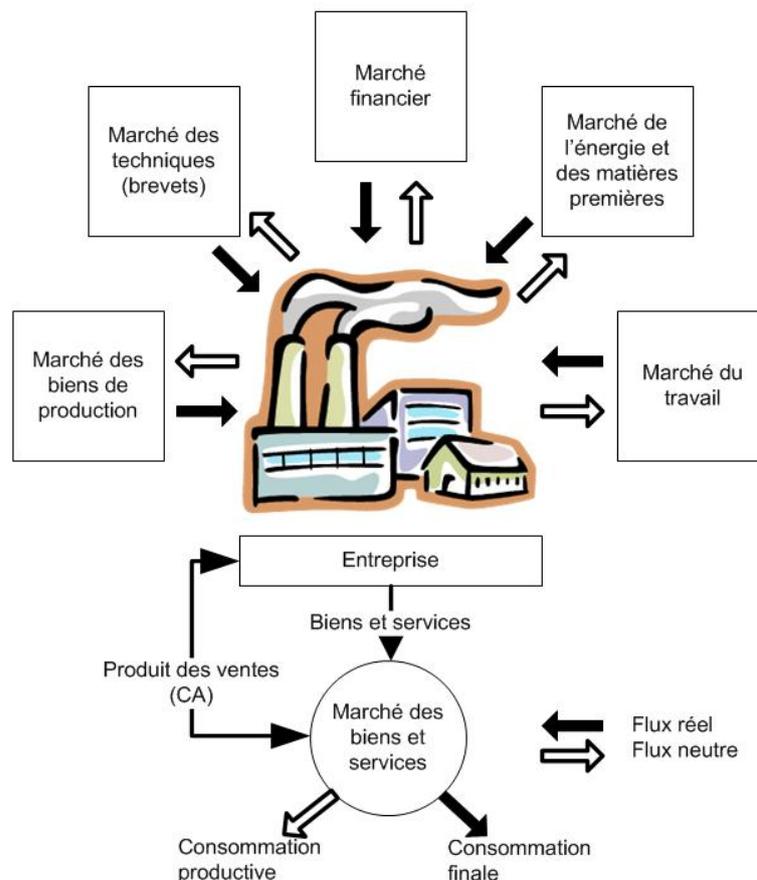


Figure 2-1 : L'entreprise comme un système intégré dans l'espace économique et géographique (source: J. Brémont et A. Geledan, Dictionnaire économique et social, Paris, Hatier, 1981 (Brémont et Geledan, 1981))

La localisation des sites industriels est également importante pour un territoire. Car, une entreprise intervient au sein d'un espace économique non seulement dans le marché des biens de production, mais aussi dans le marché des techniques, le marché financier, le marché de l'énergie et des matières premières et le marché du travail simultanément (cf. Figure 2-1). Il est à noter que ce schéma ne couvre pas tous les marchés possibles, par exemple le marché des déchets et le marché environnemental.

Pour être florissant et actif, un territoire a besoin que les entreprises viennent s'installer. Pour des zones industrielles traditionnelles, la capacité d'attirer les entreprises, ou autrement dit, l'attractivité, est un objectif de base pour les acteurs locaux. Pour des zones industrialo-portuaires, l'enjeu est encore plus important car les activités industrielles génèrent des trafics portuaires qui accroissent les recettes du port.

Il est aussi à noter que la plupart des recherches sur les facteurs et les processus de localisations indique le rôle des collectivités locales. Celles-ci veulent mieux comprendre les comportements des entreprises quant à leurs choix de localisation afin de mieux préparer leurs territoires et en accroître l'attractivité.

## **2.2. Théories classiques de localisations industrielles**

Le chapitre 2 a mis en avant les définitions des termes de localisation (pour répondre à la question « quoi » : qu'est-ce que c'est une décision de localisation ?) et ses enjeux (pour répondre à la question « pourquoi » : pourquoi cette problématique peut intéresser les chercheurs ?). Dans le chapitre 3 et chapitre 4, nous effectuons une revue de la littérature sur les modèles et les concepts de localisation en distinguant les approches de l'économie et de la géographie et les approches des sciences de gestion, afin de répondre à la question « comment » : comment les entreprises localisent leurs sites ?

Lorsqu'on parle des théories classiques de localisation, les apports sont ceux des économiques et des géographies.

Depuis le 19<sup>e</sup> siècle, dans le cadre des théories néoclassiques des firmes, l'objectif de la localisation est de trouver, pour une entreprise individuelle, une localisation optimale dans une logique de la rationalité parfaite en prenant en compte graduellement des facteurs tels que le coût des transports, les coûts de la main-d'œuvre, la concurrence spatiale, etc.

Pour mieux comprendre ces théories et logiques de localisation, nous présentons ici quelques contributions majeures.

### **2.2.1. Alfred Weber et la solution du moindre coût**

Après les premiers éléments de localisation dans le domaine agricole de Von Thünen en 1826 (Von Thünen, 1826), le premier modèle qui vise directement à trouver un lieu optimal d'implantation pour une entreprise industrielle est celui de Launhardt en 1882

(Launhardt, 1882). Weber (Weber, 1909) est l'auteur de la première théorie générale de la localisation industrielle. Reconnu comme le fondateur de la théorie classique de la localisation, il recherche une localisation optimale correspondant à celle qui minimise les coûts de production. Les trois hypothèses de base de sa théorie sont :

- les matières premières ont une localisation spécifique, c'est-à-dire ne se trouvent pas partout ;
- les marchés des produits finis ont également une localisation spécifique et la concurrence est parfaite, c'est-à-dire qu'il existe un grand nombre d'acheteurs et de vendeurs et que personne ne peut influencer le prix par sa propre action ;
- les bassins de main-d'œuvre sont localisés et peuvent fournir un nombre illimité de travailleurs à un certain taux de salaire.

Deux facteurs majeurs influencent la localisation industrielle selon Weber : les coûts de transport et les coûts de main d'œuvre, et le problème de l'identification d'un lieu optimal est celui de la recherche du meilleur compromis entre la minimisation des coûts de transport et des coûts de la main-d'œuvre. (Mérenne-Schoumaker, 1991)

Le facteur le plus important, donc le premier pris en compte par le modèle, est représenté par les coûts de transport. Pour Weber, le coût de transport est une combinaison du poids à transporter et de la distance à couvrir (ton-mile).

Pour expliquer cette idée, il reprend le célèbre triangle de localisation de Launhardt (cf. Figure 2-2).

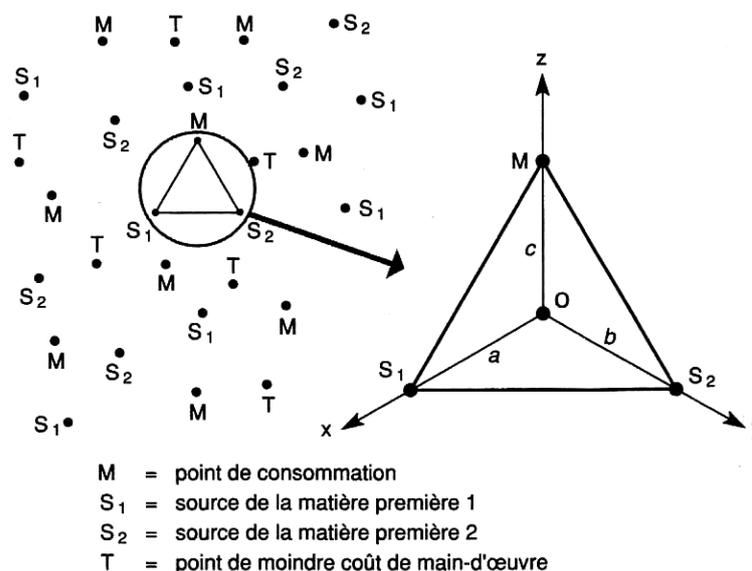


Figure 2-2 : Le triangle de localisation de Launhardt et Weber

(Source: D. M. Smith, *A Theoretical Framework for Geographical Studies of Industrial Location*, New York, J. Wiley and Sons, 2e ed., 1981, p. 71. (Smith, 1981))

Dans ce schéma, l'entreprise (O) est sujet à un problème de localisation avec un point de marché (M) et deux sources des matières premières (S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub>). Si la production a besoin de

x tonnes de  $S_1$  et y tonnes de  $S_2$  et que le poids de produit fini à transporter à M est z tonnes, et les distances à  $S_1$ ,  $S_2$  et M sont respectivement a, b et c comme dans le Tableau 2-1.

Tableau 2-1 : Exemple du triangle de localisation

	Poids à transporter	Distance à couvrir
Entre O et $S_1$	x	a
Entre O et $S_2$	y	b
Entre O et M	z	c

Le point O optimum est donc la solution de la fonction suivante :

$$\min(ax + by + cz)$$

Après cette formulation du problème, la solution de cette fonction peut être donnée par les algorithmes géométriques (cf. Figure 2-3), l'approche mécanique de Varignon et enfin les algorithmes des mathématiques appliquées.

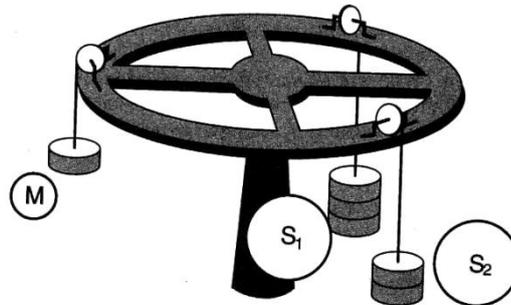


Figure 2-3 : La solution mécanique de Varignon

(Source: R. C. Riley, *Industrial Geography*, Londres, Chatto and Windus, 1973, p. 10. (Riley, 1973))

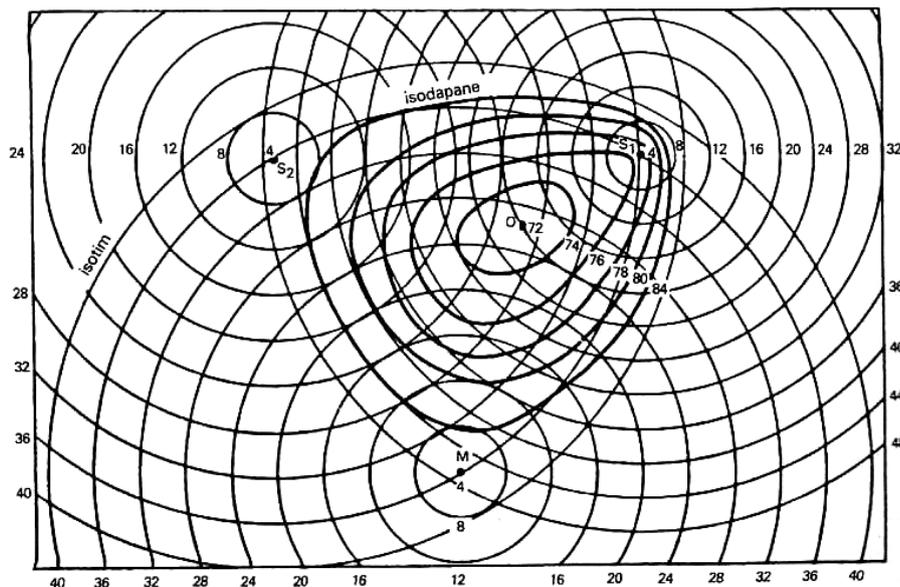


Figure 2-4 : Isotims et isodapanes

(sources: L. N. Tellier. *Économie spatiale. Rationalité économique de l'espace habité*, Boucherville, G. Morin, 1993, 2e éd., p. 27.(Tellier, 1993))

Pour matérialiser l'impact des coûts de transport, Weber définit ensuite deux termes : « isotims » et « isodapanes ». Illustrons avec le même exemple (cf. Figure 2-4), les isotims représentent les lignes de même coût de transport pour chaque point, les deux points de source et un point de marché. Ce sont les cercles concentriques avec chacun une valeur de coût. On rappelle ici que ces coûts sont une combinaison d'un poids et d'une distance. En revanche, les isodapanes sont des lignes de mêmes coûts totaux passant par trois points. Les lignes isodapanes sont les résultats obtenus à partir des lignes isotims.

Weber introduit ensuite les coûts de main-d'œuvre dans le modèle. Cette situation intervient si l'économie réalisée en matière de coût de main-d'œuvre est supérieure aux coûts de transport.

Dans la Figure 2-5, A, B et C figurent trois bassins de main-d'œuvre avec un coût de main-d'œuvre le plus bas. Un mouvement de l'usine O à A permettra d'améliorer sa localisation puisque le gain en main-d'œuvre sera supérieur au supplément des coûts de transport ; par contre le mouvement à C est un mauvais choix puisque les coûts de transport seront supérieurs aux gains réalisés en matière de main-d'œuvre. On peut donc résumer cette situation avec la ligne discontinue de la Figure 2-5 qui s'appelle l'« isodapane critique », qui est l'isodapane pour laquelle le supplément de coût de transport est annulé par les économies de main-d'œuvre (où se trouve le point B).

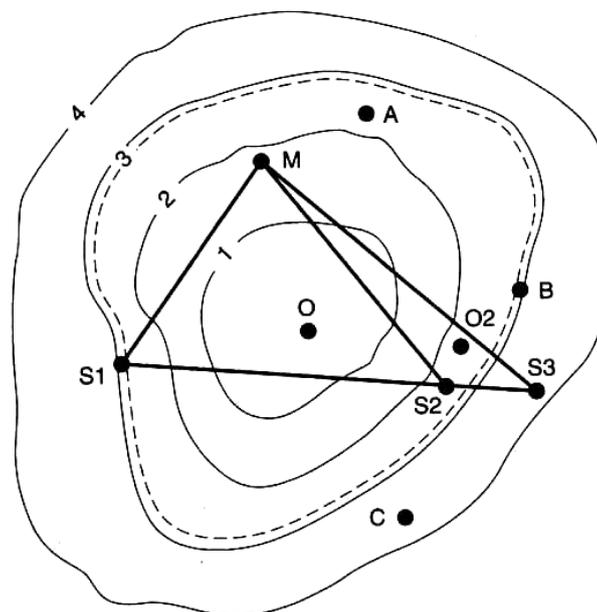


Figure 2-5 : Isodapane critique

(Source: C. Manzagol, *Logique de l'espace industriel*, Paris, PUF, Coll. *Le Géographe*, N° 28, 1980 (Manzagol, 1980))

La contribution de Weber est très importante dans les théories de localisation, et elles donnent de nombreuses pistes aux chercheurs. Cependant, les principales critiques sont les suivantes :

- la faiblesse de l'analyse des coûts de transport ;

- le système de concurrence parfaite ;
- des marchés et des sources ponctuels ;
- la demande tenue constante ;
- l'homogénéité de l'espace ;
- le point de moindre coût comme localisation optimale.

### 2.2.2. Analyse approfondie des coûts de transport

En publiant un ouvrage de synthèse en 1948, Hoover (Hoover, 1948) enrichit les théories de Weber, avec une analyse des coûts de transport plus précis. Il propose une analyse des coûts de transfert qui intègre plus de contraintes logistiques (cf. Figure 2-6). Les principales idées sont les suivantes.

- En plus du coût de circulation, les coûts de transport doivent prendre en compte tous les coûts dans le transfert : les frais de manutention, les assurances et charges financières ainsi que les frais commerciaux de distribution.
- On doit accorder une importance à la nature du produit transporté car elle peut effectivement influencer les coûts de transport. Par exemple, les coûts de transports et manutentions pour les produits périssables ou dangereux seront plus élevés.
- La relation entre les coûts de transport et la distance n'est pas linéaire. En général, le prix unitaire diminue avec la distance.
- La relation entre les coûts de transport et la quantité expédiée n'est pas linéaire non plus. Le prix unitaire peut diminuer avec la quantité.
- Une analyse des moyens de transport qui dépend de (et influence) la distance, la quantité transportée et aussi le fret de retour.

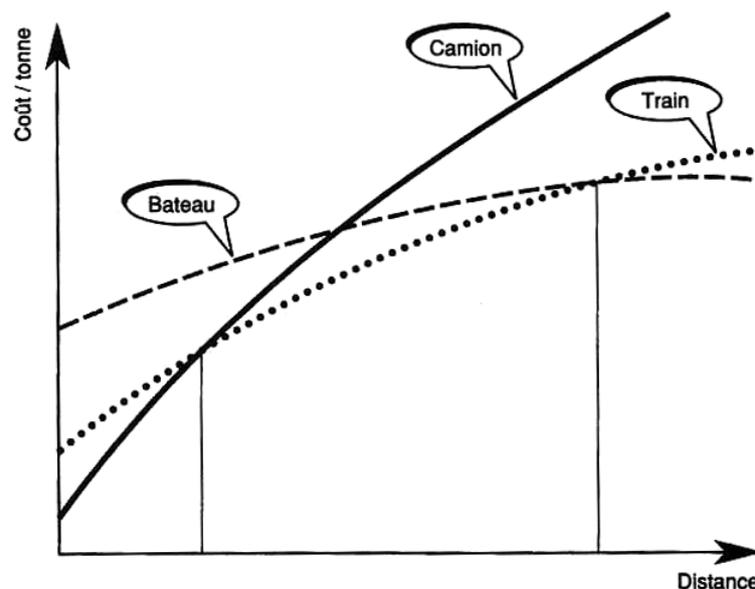


Figure 2-6 : Coûts de transport selon des moyens de transport

(Source: E. Hoover, *The Location of Economic Activity*, New York, McGraw-Hill, 1948 (trad. Française: *La localisation des activités économiques*, Paris, Les Éditions Ouvrières, 1955), p. 39. (Hoover, 1948))

### 2.2.3. Contribution sur la concurrence spatiale

Les contributions majeures de Harold Hotelling (Hotelling, 1929) et Tord Palander (Palander, 1935) ont consisté à développer la théorie de Weber sur l'étude de marché en répondant à la question suivante : comment les firmes partagent un marché dans un contexte concurrentiel. Palander prend un cas simple de deux firmes fabriquant le même produit. Comme illustré Figure 2-7, le prix de vente du produit de l'usine A au lieu de production est AA'; ce prix augmente linéairement avec la distance de livraison puisqu'il doit intégrer les coûts de transport. La même situation est constatée pour l'usine B sauf qu'elle possède un prix usine relativement plus bas que A. Ce raisonnement donne une ligne à la limite entre les deux aires de marché. Dans ce cas précis, l'usine B dispose d'un marché plus grand que celui de A car son prix de base est moins élevé.

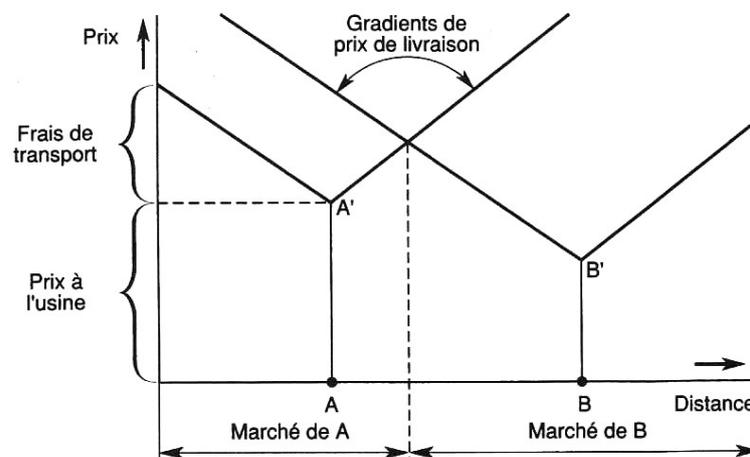


Figure 2-7 : Partage du marché de deux firmes en compétition

(Source: D. M. Smith, *A Theoretical Framework for Geographical Studies of Industrial Location*, New York, J. Wiley and Sons, 2e ed., 1981, p. 76. (Smith, 1981))

Hotelling étudie également les décisions de localisation et de prix de deux marchands de glace sur une plage en supposant que la répartition des consommateurs sur la plage est donnée et uniforme.

### 2.2.4. Optique du marché

Une critique majeure de l'école de Weber repose sur le fait qu'il n'est pas tenu compte de la demande et de ses variations. Lösch (Lösch, 1954) répond à cette critique et il intègre la courbe prix-demande dans ses théories en prenant davantage en compte l'économie régionale et urbaine, c'est-à-dire une optique plus macro-économique (Blaug, 1999).

Nous pouvons approcher ses théories en trois temps :

Au temps 1 (Figure 2-8), un producteur s'installe au point P. Le prix (p) du produit augmente avec les coûts de transport le long de PF, et la distance verticale entre QF et PF indique la quantité demandée (q) en fonction du prix. La courbe de la demande est donc

QF. Le volume total des ventes est donné par le volume du cône produit par la rotation de PQF.

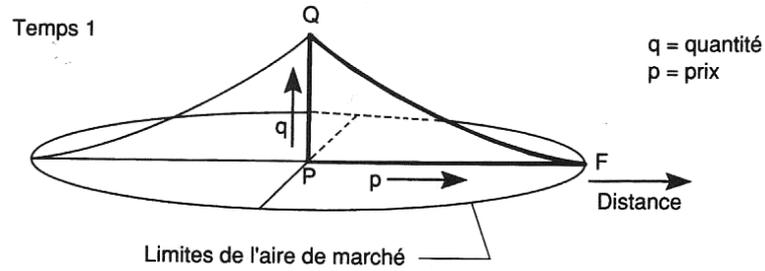


Figure 2-8 : Trois étapes de localisation selon Lösch (Temps 1)

(Source: D. M. Smith, A Theoretical Framework for Geographical Studies of Industrial Location, New York, J. Wiley and Sons, 2e ed., 1981, p. 88. (Smith, 1981))

Lors du temps 2 (Figure 2-9), plusieurs producteurs se sont installés, chacun possède une aire de marché comme au temps 1. Mais cette distribution des entreprises n'est pas capable de desservir l'ensemble du marché, les autres producteurs ont encore des espaces libres pour s'installer.

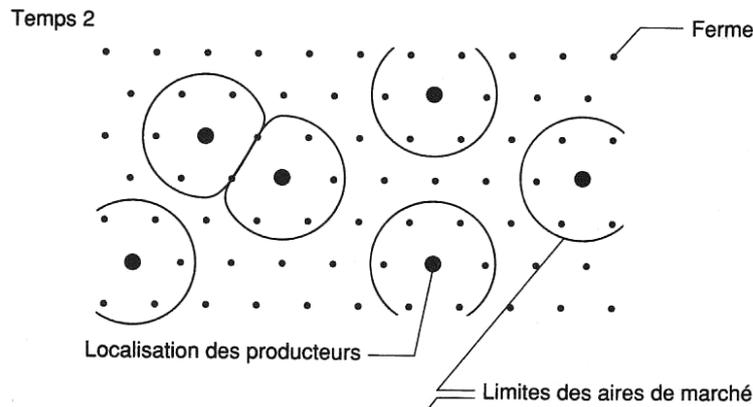


Figure 2-9 : Trois étapes de localisation selon Lösch (Temps 2)

(Source: D. M. Smith, A Theoretical Framework for Geographical Studies of Industrial Location, New York, J. Wiley and Sons, 2e ed., 1981, p. 88. (Smith, 1981))

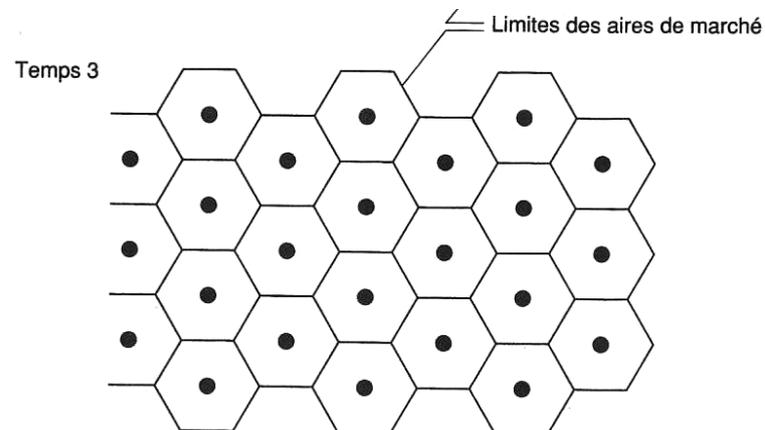


Figure 2-10 : Trois étapes de localisation selon Lösch (Temps 3)

(Source: D. M. Smith, A Theoretical Framework for Geographical Studies of Industrial Location, New York, J. Wiley and Sons, 2e ed., 1981, p. 88. (Smith, 1981))

Au temps 3 (Figure 2-10), le marché est saturé. Les entreprises partagent le marché à la manière d'une grille régulière d'hexagones.

En outre, Lösch fait deux remarques intéressantes sur le problème de localisation : l'économiste doit être plus soucieux d'améliorer la réalité que de l'expliquer et le nombre de lieux et de variables impliqués est si considérable qu'il est illusoire de vouloir donner une solution unique et scientifique au problème de la localisation individuelle.

### 2.2.5. Surfaces de profit

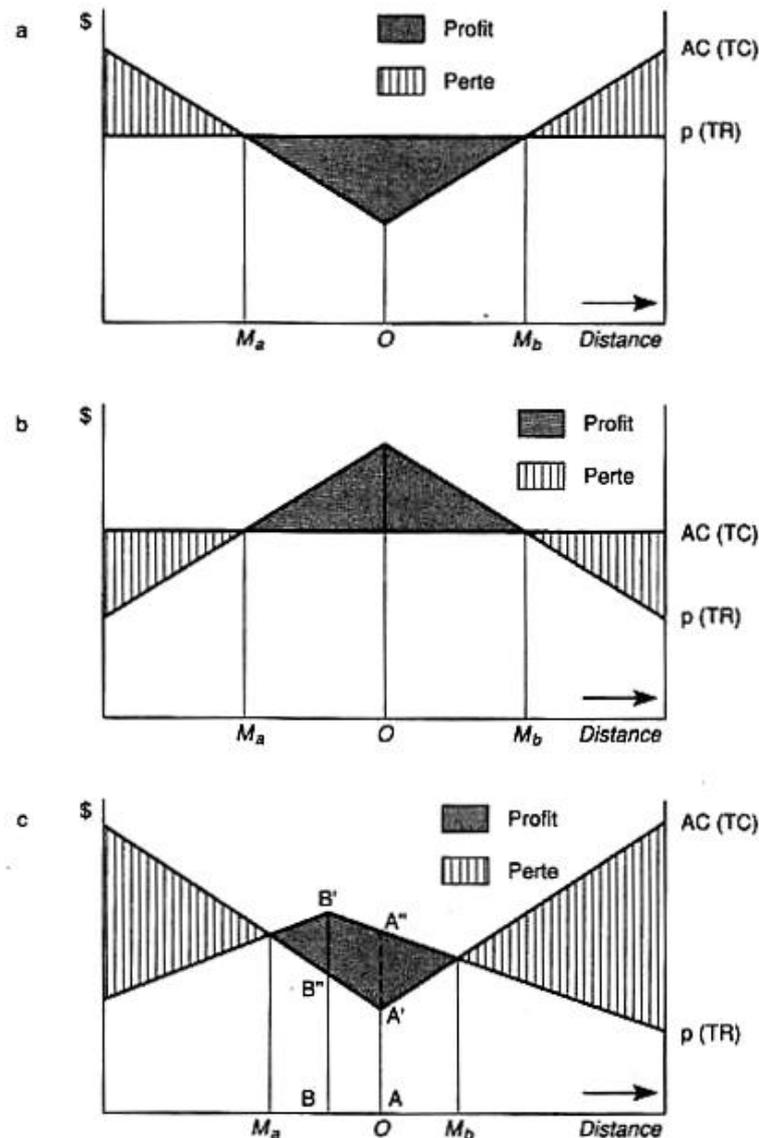


Figure 2-11 : Optimum dans différentes situations de coûts et revenus

(Source: D. M. Smith, *A Theoretical Framework for Geographical Studies of Industrial Location*, New York, J. Wiley and Sons, 2e ed., 1981, p. 113. (Smith, 1981))

Reprenant les recherches de Rawstron (Rawstron, 1958) sur les marges spatiales de rentabilité, Smith (Smith, 1981) a tenté d'élaborer des théories plus opérationnelles de localisation. L'idée de Smith est de délimiter des surfaces de profit dans lesquelles les

entreprises seront rentables. De ce fait, il utilise deux facteurs : le coût de fabrication et le prix de vente.

Trois situations sont présentées Figure 2-11 :

- le prix de vente ( $p$ ) est constant et le coût de fabrication ( $AC$ ) varie dans l'espace ;
- le prix de vente ( $p$ ) varie dans l'espace et le coût de fabrication ( $AC$ ) est constant ;
- les deux variables varient dans l'espace.

En fait, les aires de profit d'une entreprise sont discontinues dans l'espace comme présenté Figure 2-12. Cette théorie peut aider les entreprises à identifier des aires de rentabilité et à se localiser librement dedans.

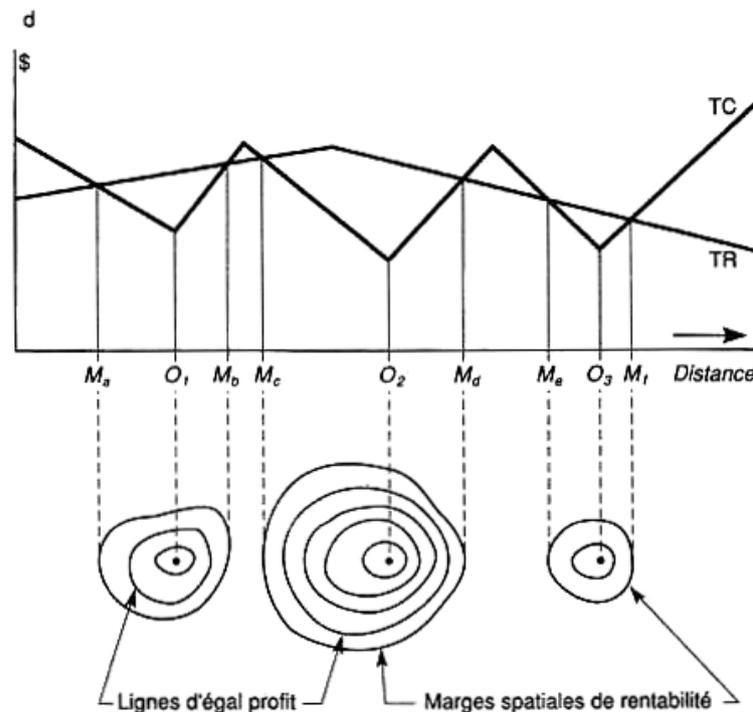


Figure 2-12 : Optimum au départ des surfaces de profit

(Source: D. M. Smith, *A Theoretical Framework for Geographical Studies of Industrial Location*, New York, J. Wiley and Sons, 2e ed., 1981, p. 116. (Smith, 1981))

## 2.2.6. Limites des théories économiques

Pour conclure cette partie, ces théories dites néoclassiques sont des modèles simplifiés comportant des hypothèses fortes :

- des dirigeants sont parfaitement rationnels ;
- le coût de l'information est négligeable.

Cependant, en réalité, personne n'est parfaitement rationnel et les informations ne sont pas toujours disponibles. Pour mieux comprendre ces facteurs humains et les informations, nous allons discuter dans le chapitre suivant les théories de la décision et de la rationalité limitée.

Pour une localisation, les décideurs sont en mesure de développer des calculs économiques relativement fiables pour étayer leur choix dans la mesure où les estimations de coûts prévisionnels qu'ils réalisent reposent sur une connaissance relativement précise des conditions d'exercice de leur activité dans les lieux d'implantation envisagés. (Sergot, 2006)

En revanche, lors de la création d'un nouveau site, l'entreprise ne connaît que très imparfaitement les conditions d'exercice de son activité dans la nouvelle localisation qu'elle choisit. L'implantation dans un nouveau lieu géographique est de ce fait susceptible de receler des coûts cachés non négligeables, en particulier lorsqu'il s'agit d'une première implantation dans un pays étranger. (Sergot, 2006)

Le niveau des coûts d'exploitation d'une nouvelle unité de production peut être affecté par de nombreuses caractéristiques de son environnement local dont certaines ne s'apprécient qu'à l'expérience telles que les coûts de main d'œuvre, les infrastructures locales de transport, la difficulté à recruter localement le personnel nécessaire ou encore les éventuelles contraintes administratives que les autorités locales imposent à l'entreprise, etc. De telles circonstances sont peu propices à la mise en œuvre, par les décideurs, de procédures d'optimisation économique et la problématique du choix d'une nouvelle localisation ne peut donc se résoudre uniquement en termes de coûts. (Sergot, 2006)

Voici un exemple qui peut illustrer ce point de vue. Le Comptoir de la Logistique<sup>7</sup> a confié une mission de localisation d'un point de distribution par une entreprise française (Université du Havre, 2011). Les activités principales de cette entreprise sont de produire et de vendre un alcool réputé. Afin d'appréhender le développement du marché chinois, l'entreprise a besoin un point de distribution central en Chine. Ce point desservira un ensemble de villes chinoises sur la côte est. Dans un premier temps, les ingénieurs du Comptoir de la Logistique ont étudié les coûts de transport en Chine afin d'optimiser le coût global de la logistique.

En France, le coût du transport routier est généralement connu par les transitaires grâce à une grille tarifaire. Dans cette grille, le coût du transport est proportionnel à la distance du trajet. Par conséquent, si la distance entre deux villes est connue, le coût peut être aussi connu. Dans la même logique, les ingénieurs ont fait la recherche d'une grille tarifaire chinoise équivalente. Le problème est que cette grille n'existe pas en Chine, C'est-à-dire qu'il n'y pas un standard tarifaire de transport routier en Chine. Les transitaires chinois définissent leurs prix de transport d'une manière plus souple.

Les données économiques sont donc partiellement connues par les décideurs lorsqu'une localisation, nous devons donc étudier la rationalité limitée de Simon.

---

<sup>7</sup> Comptoir de la logistique : Composant d'ingénierie de l'Institut Supérieur d'Études Logistiques, il fournit les solutions pour les entreprises dans les problématiques logistiques

## **2.3. Théories behavioristes de localisation**

Dans ce chapitre nous allons discuter de la localisation industrielle, cette fois dans le domaine des sciences de gestion, au travers de la théorie de la décision. Si l'objectif des modèles économique de localisation est de spécifier un lieu « optimal » pour implanter une unité de production, l'objectif de l'aide à la décision de localisation est plutôt de chercher un lieu « satisfaisant » pour s'installer.

Le problème de la localisation est un problème complexe qui dépend, d'un côté, de nombreuses exigences à l'intérieur de l'entreprise et d'autre côté, des différentes relations entre le site à implanter et son futur environnement. Par, principalement, le manque d'information et la rationalité non parfaite des décideurs de localisation, il est impossible de trouver un lieu optimal, les décideurs vont donc s'arrêter à la première solution satisfaisante.

Contrairement à la démarche dite « hypothético-déductives » dans les études économiques de localisation, les gestionnaires, lors de leurs études sur les facteurs et le processus de localisation, adoptent plutôt une démarche « empirico-inductive ». Les outils de recueil des données tels que les entretiens directs auprès les décideurs de localisation (Mérenne-Schoumaker, 2008), les questionnaires (Musso et Cappato, 2002 ; Sergot, 2006) et les études de cas de localisation (Fernandes et Akono, 2010) sont mis en place pour identifier les facteurs de localisation et analyser la prise de décision d'une localisation.

Dans ce chapitre, nous allons d'abord présenter les théories générales de la décision, puis regarder spécifiquement la décision appliquée dans la localisation de l'entreprise.

### **2.3.1. Théories de la décision**

Le choix d'un lieu pour s'implanter est une décision, en face de plusieurs solutions possibles, d'une action portant sur la mise en œuvre de ressources ou de la détermination des objectifs, compte tenu de plusieurs critères d'évaluation des solutions. Cette section est dédiée à la compréhension du phénomène et du processus d'une décision.

#### ***2.3.1.1. Historique des théories de la décision***

Comme l'a présenté Tsoukias (Tsoukiàs, 2006), un peu avant la Seconde Guerre mondiale, nous avons eu la première conception de la théorie de la décision sous le nom de la « recherche opérationnelle ». Autour des années 1950, la recherche opérationnelle s'est très vite développée. La première société, les premières revues, voire dans certaines entreprises (la société RAND), la recherche opérationnelle s'est développée en sciences appliquées.

Ces premiers travaux et expériences sont caractérisés par la recherche de structures formelles sous-jacentes aux problèmes concrets et l'utilisation de la mathématique et de

la logique comme langage de modélisation. L'approche est principalement la maximisation d'une fonction d'utilité exprimant les préférences du décideur et l'optimisation de cette fonction apportant la solution du problème de décision.

En même temps, l'algorithme de programmation linéaire développé par Dantzig (Dantzig, 1948, 1951) a apporté un outil nécessaire pour la résolution des problèmes de décision.

Il convient d'introduire ici un concept clé de l'aide à la décision : un modèle de « rationalité » qui peut décrire le processus de la décision d'une manière « formelle » et « abstraite ».

- **Rationalité** : en sciences humaines et sociales (psychologie, psychologie sociale), et en économie, la « rationalité » caractérise une conduite cohérente, voire optimale, par rapport aux buts de l'individu
- **Formelle** : signifie l'utilisation de langages formels, langages qui font l'effort de réduire l'ambiguïté présente dans la communication humaine
- **Abstraite** : signifie l'utilisation de langage indépendant du domaine de discours.

La rationalité porte sur l'étude du comportement d'un individu face à un choix. Il confirme que l'acteur économique a un comportement rationnel, par exemple sa préférence est transitive (s'il préfère x à y et y à z, on peut en déduire qu'il préfère x à z) :

$$\begin{cases} x > y \\ y > z \end{cases} \Rightarrow x > z$$

Les approches de la théorie de la décision développées jusqu'à ce moment se basent sur l'hypothèse que le modèle de rationalité existe indépendamment du décideur et du processus de décision. Pendant les années 50, Simon a développé sa fameuse théorie de la « rationalité limitée » selon laquelle un décideur confronté à un problème de choix se comportera selon un critère de « satisfaction », qui le conduira à choisir la première solution qui « satisfait » ses nécessités, et non pas selon un critère d'optimisation idéal, irréaliste et inutilisable (Simon, 1954, 1956, 1957). Il faut remarquer en particulier que l'idée de recherche d'une solution satisfaisante va trouver une correspondance immédiate dans le problème qui consiste à trouver un compromis acceptable dans une décision en présence de multiples critères.

Pour Simon, trois hypothèses implicites de la théorie classique de la décision sont :

- les décideurs connaissent bien leur problème ;
- ce problème est toujours représentable en tant que problème d'efficacité ;
- l'information et les ressources nécessaires pour trouver une solution sont toujours disponibles.

Cependant, aucune de ces hypothèses n'est validée dans la vie réelle selon Simon.

Au début des années 60, l'innovation de Zadeh (Zadeh, 1965) a eu un impact majeur dans le développement de la discipline parce qu'elle concerne une partie fondamentale du langage formel : la théorie des ensembles. En effet, il a introduit la conception mathématique d'ensemble dans la description d'un problème de décision.

Toujours à cette époque, les sciences cognitives, entre autres la psychologie, interviennent dans la théorie de la décision. Ces sciences discutent des structures de base utilisées dans la construction des modèles d'aide à la décision, notamment les structures des relations préférentielles et les fonctions qui doivent « mesurer » la préférence. Cette influence des sciences cognitives a mis également en évidence le fait que les problèmes ne sont pas les données d'un processus de décision : le processus pour définir et pour résoudre un problème est le même.

À la fin des années 60, avec l'introduction de la conception de la décision à plusieurs critères, la recherche d'une solution optimale s'est transformée en recherche d'une « solution efficace ». Une solution est dite efficace s'il n'y a pas d'autres solutions qui sont au moins aussi bonnes qu'elle sur tous les critères et strictement meilleure sur au moins un critère.

Pendant les années 70, contrairement à la théorie de la décision classique qui maximise toujours la valeur d'une fonction, les nouvelles approches sont focalisées sur la structuration et la formulation du problème de décision. Depuis, nous constatons que les décideurs ne se comportent pas selon les axiomes. La manière de formuler un problème de décision et le contexte cognitif en général peuvent influencer le comportement du décideur. C'est une nouvelle orientation de la recherche qui met au centre l'aide à la décision du décideur. Il s'agit également de la première focalisation sur le processus de décision (sur le décideur) et non pas sur la théorie de la décision.

### ***2.3.1.2. Typologie des processus décisionnels***

L'entreprise est un système décisionnel. Les multiples décisions prises au sein de ce système n'ont pas la même importance, ni la même portée. Ces différentes décisions ne peuvent pas être non plus traitées de la même façon. Pour identifier et traiter au mieux chaque type de décision, différentes typologies de décision ont été établies. Nous donnons quelques exemples de ces typologies.

#### ***Par objectif***

Parfois, Il est impossible de traiter les problèmes avec une formulation unique pour répondre simultanément aux problèmes décisionnels se posant à tous les niveaux temporels, spatiaux et formels. Pour cette raison, les problèmes sont souvent décomposés en sous-problèmes et les décisions sont traitées dans une approche hiérarchique.

Nous pouvons classer les décisions selon leurs objectifs. Ce critère est proposé par I. Ansoff, il conduit à distinguer les décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles.

- **La décision stratégique** concerne les relations de l'entreprise avec le milieu, et porte essentiellement sur les choix du marché et des produits afin d'obtenir une adaptation de la firme à son milieu (ex : localisation des locaux, fusion). Dont « *le mot stratégie évoque l'existence d'un plan d'ensemble, d'une vision globale à long terme qui serait produite et maîtrisée par un acteur ou un groupe d'acteurs déterminés* » (Smida, 2006)
- **La décision tactique** (ou administrative) est relative à la gestion des ressources : acquisition, organisation et développement des ressources.
- La **décision opérationnelle** porte sur l'exploitation courante (établissement des plannings, des budgets, gestion des stocks). Elle a pour objet de rendre le processus de transformation des ressources le plus efficace possible.

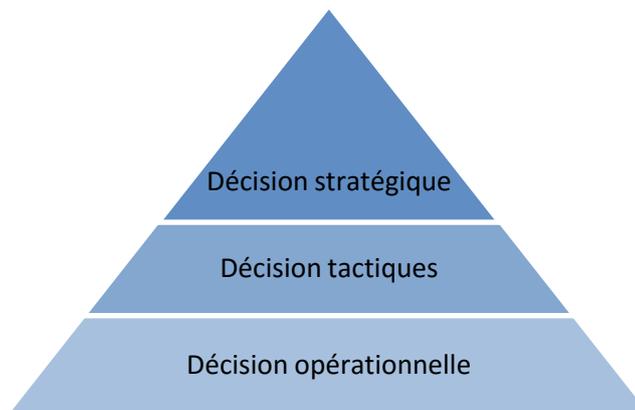


Figure 2-13 : Catégories de décision par objectif

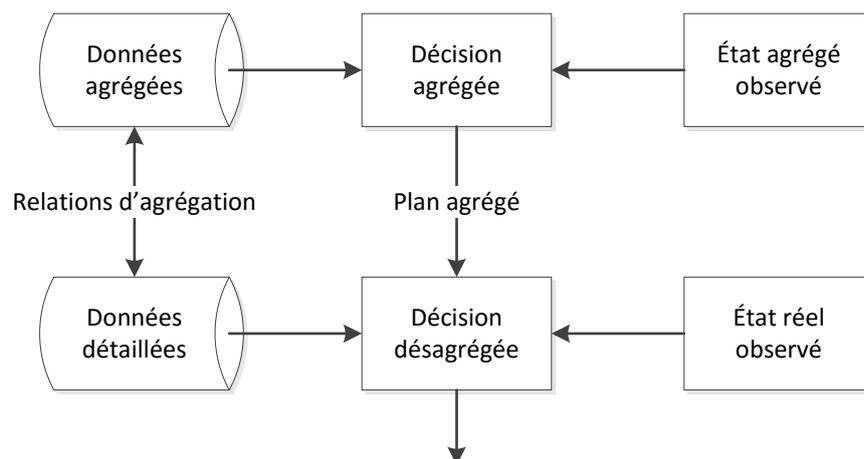


Figure 2-14 : Notions d'agrégation

Ces trois catégories de décision ne sont pas indépendantes, mais hiérarchisées (cf. Figure 2-13). Les décisions stratégiques engagent généralement l'entreprise sur une longue période ; d'autres, au contraire, ont une portée beaucoup plus limitée, et n'engagent

l'entreprise que pour une durée moyenne ou courte. Nous pouvons noter ici les notions d'« agrégation et désagrégation » et de « robustesse et cohérence ».

A chaque niveau de décision correspond un degré d'agrégation des données et des horizons temporels adaptés. Une décision agrégée est une décision globale alimentée par les données agrégées. En revanche, une décision désagrégée est une décision plus concrète alimentée par des données plus détaillées. (cf. Figure 2-14)

Les avantages d'un processus de désagrégation d'une structure multi-niveau sont les suivants :

- par le biais de la décision agrégée, ce processus assure une vision globale du problème de gestion ; par le processus de désagrégation, ce processus permet d'utiliser l'autonomie allouée par le niveau supérieur au niveau inférieur ;
- l'existence d'horizons de décision adaptés à chaque niveau entraîne une forte réactivité dans l'élaboration de la décision ;
- l'existence de différents niveaux permet de s'adapter au mieux à la réalité de la prise de décision dans l'entreprise.

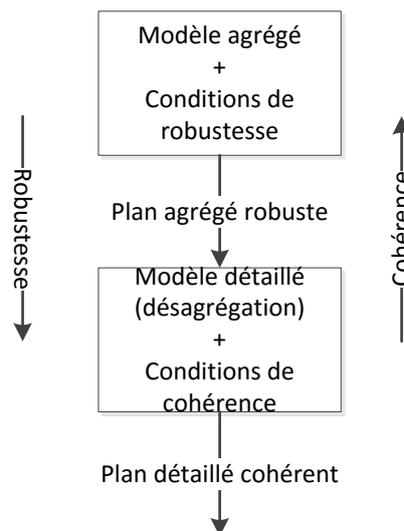


Figure 2-15 : Notion de robustesse et cohérence

Une décision agrégée est dite **robuste** si elle assure l'existence d'au moins une décision détaillée. Une décision détaillée est **cohérente** si elle est compatible avec la décision agrégée. Si une décision agrégée ne s'applique pas dans aucune décision détaillée, elle n'est pas robuste ; en revanche, une décision détaillée n'est pas cohérente si elle n'est pas compatible avec une décision agrégée (cf. Figure 2-15).

Nous pouvons donner un exemple pour illustrer ces trois niveaux de décision. Si une personne veut partir en vacances avec sa famille, la première question qui doit se poser ne sera pas qui va conduire la voiture, mais bien quelle est la destination. Il s'agit bien d'une décision stratégique qui fixe l'orientation de ce voyage. Ensuite, en fonction de la

destination déterminée, on rentre dans le niveau de la décision tactique qui va définir le moyen. Concrètement, quel moyen de transport adopté ? Enfin, on arrive au niveau opérationnel de la décision : qui va conduire, quel itinéraire, tous les combien de temps prend-on une pause, etc., si l'on décide de prendre la voiture dans le deuxième niveau.

### ***Par complexité***

Nous pouvons également classifier les décisions par leurs complexités.

- **Les décisions programmables** : les paramètres de la décision sont peu nombreux, aisément identifiables et quantifiables, il est possible de recourir à une procédure standard de résolution ou élaborer un modèle de prise de décision (ex : processus de traitement des commandes)
- **Les décisions non programmables** : les paramètres de la décision sont nombreux ou qualitatifs, il est pratiquement impossible de les soumettre à un algorithme de traitement prédéterminé. Mais le décideur peut néanmoins faire appel à des techniques d'aide à la décision qui éclaireront son jugement.

### ***2.3.1.3. Processus d'aide à la décision***

En 1947 déjà, Simon a commencé à observer les processus de décision dans les organisations et remarque que le comportement réel des décideurs est loin d'être représentable par les postulats de la théorie de la décision. Le processus de décision implique des activités mentales qu'un décideur doit effectuer pour prendre une décision.

Dans les années soixante, Simon a proposé un schéma très général expliquant le processus mental de la prise de décision. Nous pouvons simplifier ce processus en quatre étapes (cf. Figure 2-16).

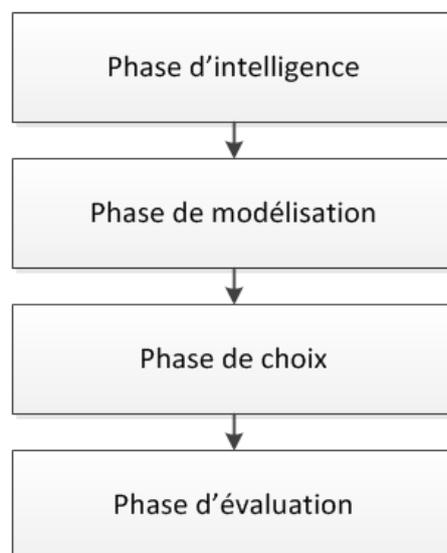


Figure 2-16 : Modèle de Processus décisionnel simplifié par H. Simon

La première phase, dite phase d'« intelligence », consiste à explorer l'entreprise et son environnement pour détecter les situations qui nécessitent une prise de décision. Un problème bien posé est à moitié résolu. C'est seulement lorsque le problème aura été clairement identifié que commencera la seconde phase du processus de décision. Dans le cas d'une localisation d'un site industriel, il s'agit d'une décision stratégique de l'entreprise, qui répond à la question « Pourquoi une localisation d'un nouveau site est nécessaire ? »

La phase de « modélisation » ou conception conduit à concevoir et à formuler toutes les voies possibles offertes à la résolution du problème.

La phase de « choix » vise à sélectionner la meilleure opportunité de solution, en tenant compte de contraintes concrètes (objectifs de l'organisation, normes préétablies, critères d'évaluation des conséquences du choix, taux de risque accepté) ou abstraites (volonté de créativité, intuition du décideur).

La phase d'« évaluation » vient confirmer le choix effectué, ou remettre en question le processus de décision en réactivant l'une des trois précédentes phases.

Enfin, le processus de décision se termine par la mise en œuvre de la solution retenue. L'application et les effets de la décision peuvent être contrôlés, le contrôle pouvant confirmer ou infirmer le bien-fondé de la décision.

#### ***2.3.1.4. Aide à la décision et ses outils***

Contrairement aux outils issus des théories classiques de la décision, qui font de l'optimisation monocritère, les systèmes d'aide à la décision qui font appel à la simulation permettent au décideur d'avoir accès à de nombreuses données, et de tester différents choix possibles pour la résolution du problème à traiter.

Nous pouvons regrouper les aides à la décision en quatre catégories selon un ordre d'incertitude croissant du problème à résoudre :

- L'aide à la décision **en univers certain** : le décideur connaît de façon précise les conséquences de ses choix. Cette hypothèse se limite concrètement aux problèmes d'exploitation à court terme. Les outils associés sont généralement les outils d'optimisation, par exemple, la programmation linéaire, les réseaux PERT.
- L'aide à la décision **en univers aléatoire** : le décideur peut associer une probabilité à chaque éventualité de la décision. L'analyse statistique, le calcul des probabilités, la technique des arbres de décision pourront donc l'assister dans le processus conduisant au choix final.
- L'aide à la décision **en univers incertain** : le décideur n'a pas suffisamment d'informations pour connaître ou prévoir les différents événements liés à la décision. Le décideur peut fonder son choix sur des critères objectifs (minimax,

maximax selon les informations qu'il possède), mais une part de subjectivité n'est pas à exclure.

- L'aide à la décision **en univers conflictuel** : les événements dépendent d'intervenants par nature hostile. La théorie des jeux permet au décideur d'analyser une décision dans une situation de concurrence, ou lorsque plusieurs décideurs interagissent.

Ainsi, il existe en général trois approches de l'aide à la décision :

- **Approche normative** : il s'agit simplement de trouver la solution qui maximise l'utilité du décideur. Dans ce cas, le modèle de rationalité est exogène et théorique. La rationalité exogène est aussi appelée « la rationalité externe » ; elle signifie que le modèle de rationalité imposé est indépendant de la situation problématique.
- **Approche descriptive** : le modèle de décision vient des observations sur les autres décideurs dans des conditions similaires. Le modèle de rationalité est aussi exogène mais cette fois empirique. Cette approche est la base des « systèmes experts ».
- **Approche constructive** : dans la réalité, ce qui rend le processus difficile réside dans le fait que le décideur ne sait vraiment pas quel est le problème. Dans ce cas, il faut adopter l'approche dite constructive : il s'agit de construire en même temps le problème et sa solution. Il faut, avec le client, construire une représentation de la situation problématique, formuler un problème formel avec le consensus du client et enfin construire le modèle d'aide à la décision appropriée. Il s'agit d'un apprentissage mutuel : le client apprend à comprendre son problème d'un point de vue abstrait et formel et l'équipe d'étude apprend à comprendre le problème du client du point de vue de celui-ci. Rien n'est donc donné et tout est à construire.

Nous pouvons illustrer ces trois approches par un exemple de choix d'un coiffeur. Lorsqu'on veut prendre une décision de choisir un coiffeur, l'approche normative est de visiter tous les coiffeurs du monde pour choisir le meilleur coiffeur pour soi ; l'approche descriptive est de bénéficier des retours d'expériences des autres ; et l'approche constructive est de réfléchir à ses besoins spécifiques et de former son propre coiffeur qui peut les satisfaire.

### 2.3.2. Décision de la localisation

Après le détour sur les théories de décisions et l'aide à la décision, nous allons nous intéresser à la décision pour la localisation des sites industriels. Le choix d'un lieu d'implantation est effectivement une décision stratégique des entreprises industrielles. Nous allons étudier ce sujet sous deux optiques: les facteurs intervenant dans le choix d'un site et le processus de choix en tant que tel.

### **2.3.2.1. Facteurs de localisation**

Comme l'a présenté Mérenne-Schoumaker (Mérenne-Schoumaker, 2008), l'entreprise industrielle, définie comme une unité décisionnelle, une unité administrative de gestion et une unité de planification économique coordonnant la mise en œuvre des facteurs de production, cherche, dans sa mission de localisation, à identifier les conditions et les facteurs de localisation à partir de leurs observations et de leurs enquêtes.

Dans ses travaux, HAYTER (HAYTER, 1997a) définit le « facteur » de la localisation : les éléments qui ont réellement joué un rôle lors du choix.

La recherche des facteurs pour établir des catégories fait l'objet des premières étapes de localisation. Avant de présenter les différents facteurs, cinq considérations générales doivent être formulées (HAYTER, 1997a).

- Tout facteur comprend des aspects tangibles et des aspects non tangibles (cf. Tableau 2-1).
- Seuls les facteurs tangibles peuvent être mesurés car ils peuvent être traduits en termes de coûts ; les facteurs non tangibles, comme la sécurité ou la qualité de l'environnement par exemple, ne peuvent qu'être estimés.
- Malgré les difficultés rencontrées pour les estimer, les facteurs non tangibles doivent être pris en compte car ils ont une réelle influence.
- La prudence s'impose dans l'interprétation des conditions individuelles de localisation : de faibles taxes sont, bien entendu, préférées à des taxes élevées, mais ces faibles taxes impliquent souvent un faible niveau de services collectifs ou une faible qualité des équipements offerts aux entreprises.
- Beaucoup de facteurs sont liés à d'autres, par exemple les économies externes<sup>8</sup> ou le climat entrepreneurial de la région.
- Dans leurs études sur 400 entreprises du nord-ouest de l'Italie, Musso et Castagnino (Musso et Castagnino, 1997) proposent une liste des facteurs de localisation. Pourtant, ce travail montre qu'il est difficile d'identifier des facteurs « dominants » par les recherches empiriques à cause la diversité des secteurs d'activité et des tailles des sites étudiés (Musso et Cappato, 2002). En effet, un « remarquable équilibre entre les différents groupes de facteurs et entre les différents groupes facteurs élémentaires » est constaté.

---

<sup>8</sup> Les économies externes (ou externalités positives) désignent les situations où un acteur est favorisé par l'action.

Tableau 2-2 : Une typologie des conditions de localisation avec leurs caractéristiques tangibles et non tangibles (source: d'après R. Hyater, *The Dynamics of Industrial Locations. The Factory, The firm and the production System*, Chichester, J. Wiley and Sons, 1997, P. 84. (HAYTER, 1997a))

Conditions de localisation	Facteurs tangibles	Facteurs non tangibles
Facilités de transport	Coûts de transport	Sureté, fréquence, préjudices, disponibilités
Matières premières	Coûts de production, coûts de transport	Sécurité, qualité
Marchés	Coûts de transport, coûts de services	Contacts personnels, concurrence
Travail	Salaires, avantages non salariaux, coûts d'embauche	Attitude, syndicalisation, aptitudes, type, turnover, disponibilités
Économies externes (urbanisation, localisation)		Externalités (positives et négatives, aptitudes de la main-d'œuvre, diffusion d'information, services collectifs, réputation
Énergie	Coûts	Sureté, diversité
Infrastructures	Coûts d'investissement, taxes	Qualité, diversité
Capital		
- Fixe	Coûts, rente	Disponibilités
- Financier	Taux d'emprunt	Disponibilités
Terrains/bâtiments	Coûts	Taille, forme, accessibilité, services, configuration
Environnement		
- cadre de vie		Préférences des travailleurs
- politique	Coûts, taxes	Attitudes locales
Politique gouvernementale	Aides, pénalités, taxes	Attitude, stabilité, climat entrepreneurial

Par ailleurs, dans la majorité des travaux consacrés aux facteurs de localisation, on peut dégager quatre grands principes (Mérenne-Schoumaker, 2008) :

- un facteur ne peut à lui seul expliquer une localisation ; même la présence d'un gisement de minerai ne peut être la seule cause de l'implantation d'une usine traitant ce minerai : ce n'est qu'une condition nécessaire, mais pas suffisante ;
- un même facteur peut avoir des influences diverses : ainsi la présence d'une main-d'œuvre qualifiée peut attirer certaines entreprises et en repousser d'autres ;
- le choix d'une localisation est toujours la résultante d'un nombre plus ou moins grand de facteurs dont le poids et la diversité peuvent varier fortement d'une situation à l'autre ;
- la sélection finale d'une localisation est toujours une question de compromis et d'options. Comme le dit R. Muther (Muther, 1966) :

*« Il est rare de trouver un emplacement parfait, permettant une implantation parfaite pour un prix parfait. Les dirigeants choisissent donc ce qui convient le mieux à partir de ce qu'ils veulent et en fonction de ce qui est disponible. »*

Après avoir vu ces notions et principes de la problématique de localisation, nous allons présenter les facteurs orientant les choix.

MÉRENNE-SCHOUMAKER (Mérenne-Schoumaker, 2008) présente dix grandes rubriques différentes qui traduisent successivement le cadre général (les deux premiers facteurs), les facteurs de production (les trois facteurs suivants) et l'environnement économique, social et politique (les quatre derniers facteurs).

## **La situation géographique**

Par rapport à la position géographique absolue (exprimée par les coordonnées géographiques : latitude, longitude et parfois altitude), la localisation est surtout influencée par la position relative exprimée par une ou des distance(s) par rapport à d'autres points (ex. : ville ou port), lignes (ex. : autoroute ou frontière) ou surfaces (ex. : aire de marché).

## **Le marché**

Deux aspects du marché ont une influence : l'accessibilité et le taux espéré de croissance. Le choix d'une nouvelle localisation est, en effet, souvent déterminé par la recherche d'un accès aisé au marché et par la volonté de conquérir des marchés nouveaux, ce dernier mobile étant fréquemment le plus déterminant. Il est très important surtout lorsque les activités ont des contraintes logistiques particulières : c'est le cas pour des coûts de transport élevés, quand les produits sont périssables ou encore quand des contacts fréquents entre producteurs et clients sont nécessaires.

## **Les matières premières, l'énergie et l'eau**

Ces sont des *utilities* dans le jargon industriel. En général, le rôle des matières premières et des disponibilités en énergie s'est restreint ces dernières années en raison des mutations techniques par exemple en fabrication (la diminution des quantités unitaires de matières premières et l'accroissement du nombre de matières intervenant dans les fabrications).

En même temps, l'utilisation accrue de l'électricité et du gaz naturel comme une diminution sensible des besoins énergétiques ont contribué également à l'assouplissement relatif des contraintes énergétiques dans la plupart des pays européens et maintenant des États-Unis.

L'eau est une contrainte non négligeable dans les choix. D'abord, les grands consommateurs d'eau (pour le refroidissement notamment pour les centrales électriques, de la sidérurgie et aussi du montage automobile) préfèrent s'implanter en bordure de voies d'eau. Ensuite, certaines entreprises exigent une certaine qualité de l'eau (le secteur alimentaire par exemple). De plus, le rejet et le traitement des eaux usées deviennent des nouvelles contraintes environnementales exigées par la législation territoriale.

## **Les transports**

La minimisation des coûts de transport est toujours un objectif logistique important. Dans les choix de localisation, le rôle des coûts de transport varie d'une activité à l'autre, et dans le domaine industriel, on considère que la localisation des usines est dépendante de ces coûts si la part des coûts directs de transport dans le prix de revient des produits dépasse 5 %.

À part cette mesure quantitative des coûts de transport, des firmes ont aujourd'hui également des exigences qualitatives croissantes vis-à-vis des infrastructures et des conditions dans lesquelles elles vont pouvoir organiser le déplacement des marchandises et du personnel. Elles sont par conséquent sensibles à la qualité des réseaux, aux possibilités de pouvoir changer de mode de transport ou de pouvoir les combiner.

Parmi les différents modes de transport, le rôle de la route et surtout des autoroutes s'est considérablement accru de même que celui des voies maritimes et de l'aviation. Par contre, le chemin de fer et les voies d'eau intérieures ont vu leurs frets diminuer sauf pour certains produits pondéreux. C'est une des raisons pour laquelle beaucoup de nouvelles localisations sont proches des autoroutes, des ports ou des aéroports<sup>9</sup>.

Pourtant, certaines études récentes montrent que le facteur de transport, en tant qu'un facteur traditionnel de localisation, est de moins en moins important, grâce à l'amélioration de l'efficacité des moyens de transport. (Marchese, 1996)

### **Les disponibilités en terrains et bâtiments**

Des bâtiments disponibles peuvent aussi être un facteur puissant de localisation à condition qu'il s'agisse d'immeubles récents ou en bon état, facilement réutilisables.

### **Les aspects quantitatifs et qualitatifs de la main-d'œuvre**

Pour la plupart des industriels, la main-d'œuvre est un des principaux facteurs de localisation. Quatre aspects différents peuvent intervenir : les disponibilités, la qualification, la réputation et le coût.

La disponibilité de la main-d'œuvre ou la difficulté de recrutement est un problème important plutôt pour les grandes entreprises et elle est toutefois indissociable d'autres aspects qualitatifs, comme l'âge, le sexe, la qualification, etc.

Au niveau de la qualification de la main d'œuvre, certains dirigeants rejettent les zones rurales pour privilégier le recrutement de personnel avec certains niveaux de formation ; par contre, d'autres choisissent délibérément des régions où la qualification de la population est moins poussée.

Dans l'appréciation qualitative du personnel, on parle de la régularité (absentéisme, exactitude), de la rapidité, de l'adresse, de l'efficacité, etc. Ce sont sans doute des caractères non tangibles qui sont difficiles soit à mesurer soit à évaluer.

---

<sup>9</sup> Souvent, un tel choix est basé sur les facilités offertes par les zones portuaires ou aéroportuaires en matière de terrains : vastes surfaces à des prix intéressants, peu de problème de voisinage puisque à l'écart des quartiers d'habitat.

Quant au coût de la main-d'œuvre, c'est aussi un critère important même s'il faut le pondérer par la productivité<sup>10</sup>. Toutefois, de grands écarts de coûts des personnels (l'ensemble des salaires, charges patronales, gratifications, logements, etc.) peuvent favoriser les délocalisations.

### **L'environnement économique**

Le choix d'une localisation peut être influencé par la recherche de la proximité d'autres entreprises. En effet, l'espace est de plus en plus souvent considéré par les entreprises comme une source d'économie externes et même comme un créateur de ressources<sup>11</sup> non seulement naturelles et matérielles, mais encore immatérielles. Les entreprises cherchent normalement une relation économique directe (sous-traitance, clientèle, etc.) ou un voisinage plus ou moins particulier (firmes de même nationalité, de même activité, etc.), ou encore, les petites entreprises souhaitent se localiser près d'une plus grande dans certains cas.

### **Les préoccupations et les contraintes de l'environnement**

La sensibilisation croissante au problème de la sauvegarde de l'environnement contribue certainement à restreindre les possibilités de choix pour de nombreuses industries, en particulier, les entreprises polluantes. Ces entreprises ont une tendance à se déplacer des zones les plus réglementées vers les zones les plus tolérantes. En même temps, les entrepreneurs eux-mêmes sont plus sensibles que dans le passé à l'environnement de leur entreprise. Pour cette raison, ils commencent à s'intéresser aux espaces arborés plutôt qu'aux zones de friches industrielles.

En combinant avec le facteur de transport cité plus haut, nous pouvons donner un exemple de la préoccupation environnementale dans le domaine logistique. Désormais, l'objectif des missions logistiques est de chercher un compromis optimal entre le coût, le taux de service, la qualité et un facteur environnemental (Sbihi et Eglese, 2010), du CO<sub>2</sub> (cf. Figure 2.18).

---

<sup>10</sup> La productivité peut être interprétée de différentes manières : production opérée, chiffre d'affaires réalisé ou encore valeurs ajoutées réalisées en une période de temps.

<sup>11</sup> Les ressources sont les richesses potentielles d'un territoire que des acteurs peuvent valoriser, autrement dit « activer ».



Figure 2-17 : Un modèle logistique de compromis tient compte de différentes options et les facteurs d'objectif  
(Source : IBM Research and the IBM Institute for Business Value (IBM, 2008))

Depuis plusieurs années, les entreprises ont consenti d'importants efforts pour améliorer la performance de leur chaîne logistique. Dans le meilleur des cas, elles ont réduit leurs coûts et maîtrisent mieux leurs engagements de services. Par ailleurs, la notion de « *Supply Chain verte* » (selon laquelle l'impact environnemental de *Supply Chain* doit être réduit) s'impose quant à elle de manière croissante sur le marché et devient, sans aucun doute, l'une des priorités majeures des responsables de l'entreprise (Simchi-Levi, 2008). Pour gagner un réel facteur de compétitivité économique, de qualité de service et écologique, il faut veiller à aligner constamment sa chaîne logistique sur la stratégie de l'entreprise, c'est-à-dire appliquer de meilleures logiques logistiques non seulement au niveau opérationnel et au niveau tactique, mais aussi au niveau stratégique de l'entreprise, dès la conception de la chaîne logistique.

Il convient également de rappeler ici l'objectif de cette thèse : est-ce qu'un espace sera préférable du point de vue des entrepreneurs s'il a des moyens de les aider à gérer des problèmes environnementaux, en particulier, les émissions de CO<sub>2</sub>.

### La cadre de vie

Facteur de plus en plus évoqué dans les travaux récents, le cadre de vie est cependant rarement défini. Il est un ensemble de confort et de qualité de vie comme le paysage, les conditions de logement, l'attrait touristique, les soins médicaux, la culture, etc. Certes, tous ces éléments ne sont pas décisifs, mais ils peuvent emporter la décision.

### Les interventions des pouvoirs publics

Pour réajuster les déséquilibres de développement économique au sein d'un même pays, des politiques d'incitation sont proposées par l'État : par une série de mesures financières et fiscales, par l'orientation des investissements vers telle ou telle région, par la décentralisation des pôles en croissance vers les périphéries en retard.

En comparant ces interventions du pouvoir central, les interventions des responsables régionaux et locaux sont fréquemment plus déterminantes en raison de l'importance accordée par les dirigeants aux « structures d'accueil » à une collaboration franche, loyale et constante avec les autorités locales.

L'évolution de la mesure de la performance d'un territoire est traduite par l'accroissement du nombre de facteurs intervenant dans le choix d'une localisation, l'affaiblissement des contraintes classiques de production et la croissance des facteurs de multi-dimensions (production, chaîne logistique, facteurs humains et environnementaux).

Nous constatons que ces facteurs sont parfois généraux, redondants, théoriques et nombreux.

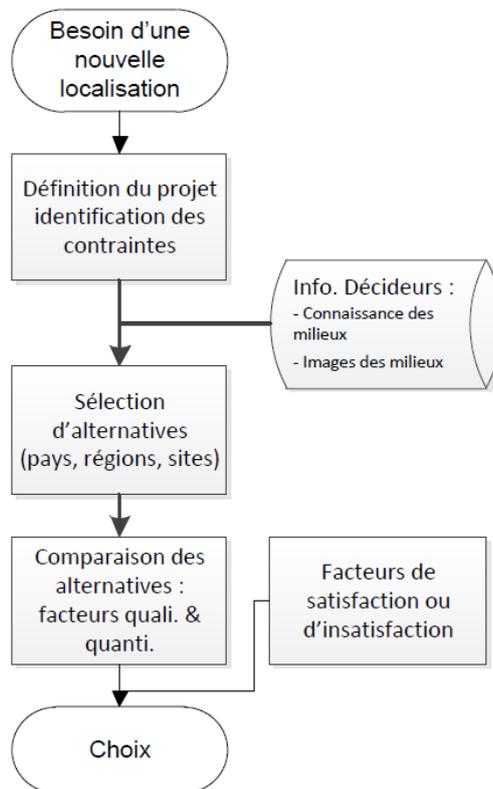
- Certains facteurs cités ne sont pas au même niveau que d'autres. Par exemple, si l'on parle du facteur « logistique », il comprend un ensemble de « sous-facteurs » comme les coûts de transport amont ou aval, le délai d'approvisionnement ou de livraison, etc. Il faudrait donc classer les facteurs sous au moins deux niveaux.
- Dans la littérature, selon les différents points de vue et sous différentes appellations, certains facteurs ont le même sens ou sont corrélés, c'est-à-dire qu'un facteur est dépendant d'un autre. Par exemple, « la proximité du marché » et « le coût de transport vers clients » sont forcément liés.
- Encore une fois, ce sont des facteurs de la littérature. La pertinence de ces facteurs dans la réalité varie selon les secteurs, les tailles des entreprises, etc. Nous allons discuter ce sujet un peu plus loin dans cette thèse, en comparant ces facteurs avec les retours d'expériences du terrain.
- En tenant compte de la diversité des secteurs d'activité et des tailles de site à implanter, le nombre de facteurs « standards » peut être très élevé.

### ***2.3.2.2. Processus de décision de localisation***

Accompagnant le développement de la théorie de la décision, à partir de la fin des années 60 et surtout des années 70, un nouveau courant de recherche traite le problème de choix de localisation des industries comme un processus de prise de décision en privilégiant deux axes: le rôle de l'information et les étapes du processus de décision. Trois grands principes articulent ces travaux: la rationalisation limitée, le choix satisfaisant et l'influence des caractéristiques des décideurs sur les choix.

Le rôle majeur des informations est confirmé par A. Pred (Pred, 1967) dans le domaine de la localisation: le degré d'optimisation d'une décision est lié à l'information dont dispose le chef d'entreprise et à sa capacité de décision. Seuls les entrepreneurs bien informés et aptes à bien utiliser les informations peuvent choisir une localisation rentable, c'est-à-dire située dans une aire délimitée par les marges spatiales de rentabilité.

Quant au processus de décision de localisation, il peut être présenté comme dans la Figure 2-18 :



**Figure 2-18 : Schéma général du processus de décision d'une nouvelle localisation**  
 (Source: Mérenne-Schoumaker Bernadette, *La localisation des industries : Enjeux et dynamiques*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 2008, p. 200. (Mérenne-Schoumaker, 2008))

D'abord, toute recherche de localisation répond à un ou plusieurs stimuli plus ou moins identifiés par l'entrepreneur. Ces stimuli peuvent être internes (ex : les changements de production et de distribution) ou externes (le changement de marché, des matières premières, etc.) à l'entreprise. Ensuite, l'extension sur place est pratiquement toujours envisagée comme une alternative. Une fois le besoin d'une nouvelle localisation identifié, Simon définit quatre étapes du processus de décision (cf. Figure 2-16, page 52) :

- identifier les problèmes (les contraintes de localisation) ; en tenant compte des stimuli et des facteurs de localisation, l'entreprise définit un local où elle veut s'implanter ;
- la définition des besoins de la future localisation amène la sélection de quelques alternatives possibles ;
- les alternatives retenues sont rarement nombreuses, six à huit au maximum. Le plus souvent, ces nouvelles implantations potentielles sont étudiées et comparées à l'aide de méthodes multicritères ;
- de cette analyse se dégage un classement en vue de la sélection finale.

Il est à noter que Mérenne-Schoumaker identifie une localisation à trois temps lors d'un choix de lieu au niveau mondial : Macro-choix, le choix au niveau de continent ou pays ; Méso-choix, le choix au niveau de région ; et Micro-choix, le choix au niveau de ville ou zone industrielle.

## 2.4. Facteurs environnementaux en tant que facteur de localisation

*Dans ce court chapitre, eu égard à la faible littérature disponible dans ce sens de la relation entre la localisation des activités industrielles et les facteurs environnementaux, nous aborderons en premier lieu, les choix de localisation liés aux facteurs environnementaux, puis la délocalisation liée à la contrainte environnementale.*

### 2.4.1. Localisation liée aux facteurs environnementaux

« Les menaces environnementales et du pouvoir de pression croissant des parties prenantes ont pour conséquence la montée en puissance des préoccupations écologiques et sociales dans le management des entreprises. » (Grandval et Soparnot, 2008) Les réflexions sur l'aspect environnement sont donc désormais indispensables dans les décisions managériales.

Parmi les différentes dimensions de la gestion d'entreprise, les facteurs environnementaux peuvent s'intégrer dans les décisions stratégiques d'une entreprise. Selon Grandval et Soparnot (Grandval et Soparnot, 2005), cette intégration peut prendre deux formes différentes : l'écodéfense et l'écosensibilité. « L'écodéfensif se cantonne à respecter les normes en vigueur prenant le risque d'être dépassé par celles-ci ; L'écosensible peut adopter une stratégie de rupture<sup>12</sup> dans le secteur par une politique volontariste. »

Les facteurs sociaux et environnementaux jouent un rôle important dans la localisation des sites industriels aujourd'hui (Dey, 2001), par rapport aux facteurs économiques traditionnels. Les problématiques de développement durable jouent un rôle croissant dans les stratégies globales des entreprises. (Akono et Fernandes, 2009) Cependant, il y a très peu de travail réalisé qui croise ces deux thématiques : la décision de localisation et la protection d'environnement. (Padeiro, 2009)

Dans leurs travaux, Fernandes et Akono (Fernandes et Akono, 2010) ont identifié trois piliers relatifs aux décisions de **relocalisation** : économique, social, environnemental (cf. Figure 2-19). Pour eux, une relocalisation indique une entreprise qui revient à son pays original après une délocalisation. Néanmoins, l'objectif et les approches de leur recherche sont similaires à notre sujet.

---

<sup>12</sup> La stratégie de rupture consiste pour une entreprise à revisiter de manière radicale les règles du jeu concurrentiel en proposant une nouvelle valeur au client en vue de créer ou d'étendre un marché à son avantage. (Lehmann-ortega et Roy, 2009)

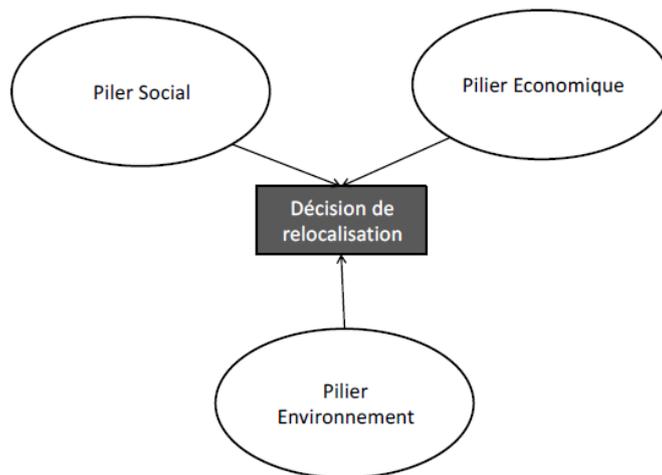


Figure 2-19 : Impact des trois piliers du développement durable sur les décisions de relocalisation  
 (Source : Impacts du développement durable sur les choix de relocalisation: une approche exploratoire (Fernandes et Akono, 2010))

Selon eux, « **Le pilier environnemental** suppose de la part de l'entreprise d'analyser et de repenser ses structures et processus en terme d'impact sur l'environnement naturel et ses ressources. » Ainsi, ils ont proposé un modèle exploratoire qui éclaire les facteurs liés au développement durable parmi l'ensemble des facteurs de relocalisation (cf. Figure 2-20).

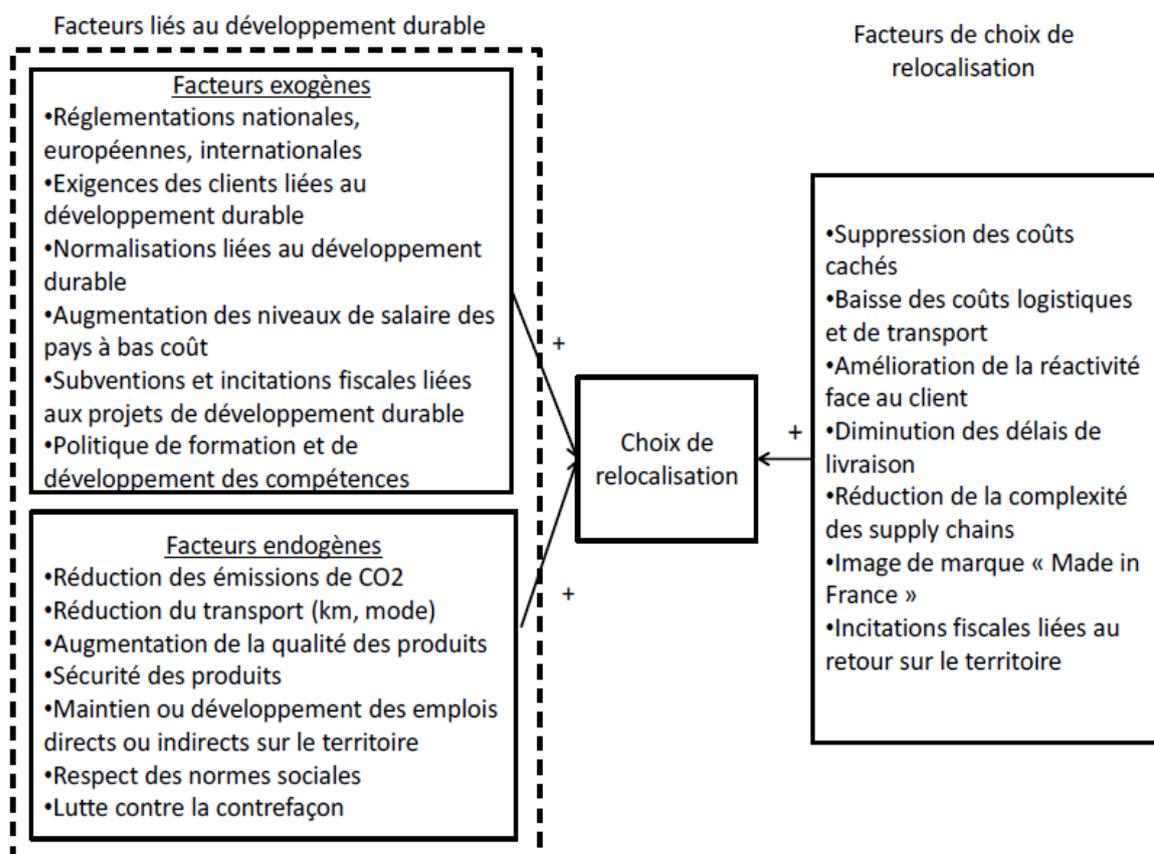


Figure 2-20 : Mise en relation des facteurs liés au développement durable et des choix de relocalisation  
 (Source : Impacts du développement durable sur les choix de relocalisation: une approche exploratoire (Fernandes et Akono, 2010))

Il est à noter que dans ce modèle, les trois « catégories » de facteurs sont distinguées : les facteurs économiques, les facteurs sociaux et les facteurs environnementaux. Cette distinction est cependant discutable dans notre sujet de thèse. Nous allons détailler ce point dans la partie des résultats.

#### **2.4.2. Délocalisation liées à la contrainte environnementale**

L'impact des facteurs environnementaux, tel que le facteur de CO<sub>2</sub> dans la décision de localisation, est peu étudié dans la littérature. Mais dans l'autre sens, l'effet des contraintes environnementales dans la délocalisation est plus évident. Logiquement, les firmes tentent à localiser leurs activités dans les pays où la politique environnementale est moins sévère.

Dans le cas du CO<sub>2</sub>, quand une entreprise voit augmenter ses coûts dans un pays en raison de l'imposition d'un prix sur les émissions, elle peut choisir de réduire, fermer ou déplacer sa production dans un pays doté de politiques sur les changements climatiques moins sévères. Lorsque dans le pays destinataire, les émissions de gaz à effet de serre augmentent en même temps que la réduction des émissions dans le pays original qui adopte une politique sur les changements climatiques sévère, la **fuite de carbone** se produit. (Peart, 2010)

En fait, entre le pays d'origine, qui est normalement un pays plus développé, et le pays destinataire, qui est normalement moins développé, il existe des écarts dans les conditions de travail, les infrastructures et les efficacités énergétiques au cours de la production. Pour fabriquer une même quantité de produits, l'unité de production dans le pays destinataire émet généralement plus de CO<sub>2</sub> qu'un site dans le pays d'origine. Ceci dit que la fuite de carbone n'est pas un « jeu à somme nulle », elle émet globalement plus de CO<sub>2</sub>.

Pour éviter la fuite carbone, de nombreuses solutions ont été proposées. Une réglementation d'émissions de CO<sub>2</sub> inter-pays peut être une solution. Cependant, selon Copeland et Taylor (Copeland et Taylor, 2000), une telle réglementation n'est pas efficace par rapport à un système d'échange de quotas global.

Les chercheurs se sont également prononcés en faveur de l'application d'une taxe carbone unique dans les principaux pays pollueurs pour limiter cet effet. (Exbrayat, Gagné et Riou, 2013) Cependant, actuellement, une telle taxe carbone unique n'existe que dans la théorie.

## **Partie II : Problématisation et la méthode de recherche**

## Chapitre 3. Méthodologie de la recherche

*Afin d'apporter une réponse à la question centrale de la thèse : « Est-ce que les nouvelles réglementations et contraintes environnementales (comme le critère permis d'émission CO<sub>2</sub>) influenceront la décision de localisation ? » Nous essayons de choisir une méthodologie pertinente.*

### 3.1. Démarche de recherche générale

*« Dans le cadre des travaux portant sur les localisations, il faut souligner l'importance des méthodes mises en œuvre pour collecter et traiter l'information, les recherches reposant essentiellement sur les enquêtes auprès des dirigeants d'entreprises et de ceux qui ont accompagné leur choix. » (Mérenne-Schoumaker, 2008)*

Dans ce projet de recherche, nous utilisons d'abord une approche qualitative par entretiens individuels avec un panel de décideurs de localisation industriels et d'experts en localisation qui accompagnent des industries lors de la localisation, tels que des responsables de projets dans des cabinets de conseil, des acteurs locaux et des chercheurs universitaires, etc. Les entretiens conduits sont individuels, semi-directifs, face à face ou par téléphone en s'appuyant sur un guide d'entretien.

Ensuite, les données recueillies (des résumés et des verbatim des entretiens) ont été traitées et analysées qualitativement (analyses thématiques de contenu) afin de résumer les propos des interviewés et clarifier leurs raisonnements. Nous utilisons une approche traditionnelle souvent utilisée dans les recherches sur la localisation, l'approche qualitative inductive. Nous partons des contenus d'entretiens pour inférer une description ou une interprétation de l'évolution des processus de décision étudiés.

Enfin des recommandations ont été données aux acteurs locaux (du Havre) pour qu'ils puissent mieux comprendre les nouvelles contraintes et exigences environnementales (en l'occurrence contrainte du CO<sub>2</sub>) dans les décisions de localisation des entreprises industrielles.

En effet, l'adoption de cette approche qualitative n'est pas vraiment un choix ; une telle approche est exigée par la nature de la recherche effectuée.

### 3.2. Une approche qualitative

Si nous devons distinguer l'approche qualitative et l'approche quantitative (Brabet, 1988) et nous positionner sur une voie pertinente, les quatre dimensions suivantes (Thiétart, 2007) peuvent enrichir notre réflexion :

**Première distinction**, la nature des données. C'est-à-dire, les données recueillies sont-elles plutôt qualitatives (se présentent sous forme de mots) ou quantitatives (se présentent sous forme de chiffres) ? Pour notre sujet sélectionné, nous voulons recueillir les volontés, les motivations et les raisonnements des décideurs. Ces données sont bien évidemment composées principalement par les mots et les phrases.

**Deuxième distinction**, l'orientation de la recherche. Dans la recherche en science de gestion, il est courant de lier l'exploration à une approche qualitative et la vérification de théorie à une approche quantitative. (Brabet, 1988) Ainsi, on lie la démarche inductive à l'approche qualitative et l'hypothéco-déductive à l'approche quantitative. (Hammersley, 1992)

Tableau 3-1 : Liaison classique entre les approches et l'orientation de la recherche

Approche	Qualitative	Quantitative
Orientation	Exploration	Vérification
Démarche	Inductive	(Hypothéco-)déductive

Notre recherche s'oriente vers une démarche inductive et exploratoire vers un complément des théories de la localisation à partir des pratiques industrielles. La démarche qualitative est donc mieux adaptée dans cette thèse.

**Troisième distinction**, le caractère objectif ou subjectif des résultats. L'approche quantitative offre généralement une objectivité importante avec les chiffres précis et les analyses statistiques. Cependant, dans notre recherche, l'aspect subjectif des décideurs et leurs raisonnements parfois (ou bien souvent) pas tout à fait rationnels sont primordiaux.

**Quatrième distinction**, la flexibilité de la recherche. Par rapport à l'approche quantitative, l'approche qualitative offre une grande flexibilité. La question de recherche peut être modifiée à mi-parcours, après avoir pris en compte des événements inattendus, afin que les résultats soient vraiment issus du terrain. (Stake, 1995) Ce point est bien sûr lié à la deuxième distinction, car si nous partons vers une exploration inductive, nous préférons avoir les nouvelles idées voire, parfois, « inattendues ».

Il est par conséquent évident d'adopter l'approche qualitative pour cette thèse.

### 3.3. Outils de recueil des données

Après la phase de problématisation, nous devons choisir un outil pertinent pour notre recherche. La première question qui se pose est qu'il faut utiliser un outil de recueil de données.

### 3.3.1. Questionnaire, observation, ou entretien ?

Quant aux modes de collecte de données primaires dans les recherches qualitatives, nous pouvons lister le questionnaire, l'observation et l'entretien.

Le **questionnaire** est l'outil de collecte de données primaires le mieux adapté pour réaliser des enquêtes et des sondages à partir d'informations quantitatives et/ou qualitatives. Il est utilisé pour recueillir un très grand nombre d'informations sur de larges échantillons de répondants. Il permet d'enregistrer des réponses dont les modalités ont été définies préalablement. (Thiétart, 2007)

Sur le sujet de localisation des sites industriels qui préoccupent la contrainte de CO<sub>2</sub> en France voire en Europe, il est difficile de trouver dans la réalité « un très grand nombre d'informations » ni « de larges échantillons de répondants ». Ce mode n'est donc pas pertinent pour notre recherche.

L'**observation** est un mode de collecte des données par lequel le chercheur observe de lui-même, de visu, des processus ou des comportements se déroulant dans une organisation, pendant une période de temps délimitée. (Thiétart, 2007) Elle est généralement une démarche alternative et complémentaire de la démarche d'entretien.

Le fait de pouvoir observer de près des processus de localisation dans une entreprise est sans doute très intéressant pour comprendre l'ensemble des démarches liées à une localisation. Cependant, deux contraintes essentielles nous obligent à abandonner ce mode. Premièrement, la durée d'une localisation dans une entreprise industrielle prend généralement plusieurs années (voire 10 ans). Il est impossible de l'intégrer dans la durée d'une thèse. De plus, pour comparer les processus des entreprises différentes, il faut effectuer généralement plusieurs observations simultanément avec plusieurs observateurs. Ceci n'est pas non plus réaliste à l'échelle d'une thèse.

L'**entretien** est une technique destinée à collecter, dans la perspective de leur analyse, des données discursives reflétant notamment l'univers mental conscient ou inconscient des individus. (Thiétart, 2007)

En effet, l'entretien est le mode le plus adapté pour recueillir le « sens subjectivement visé » ou les « raisons » des enquêtés. (Sauvayre, 2013) « L'enquête par entretien est ainsi particulièrement pertinente lorsque l'on veut analyser le sens que les acteurs donnent à leurs pratiques, aux événements dont ils ont pu être les témoins actifs ; [...] » (Blanchet et Gotman, 2007)

Pour comprendre les comportements et raisonnements des entreprises lors d'une localisation et les points de vue ou un positionnement des décideurs, l'entretien est la meilleure méthode pour notre collecte de données.

### **3.3.2. Entretien directif, semi-directif ou non-directif ?**

Un **entretien directif** est un entretien très structuré, très souvent pour vérifier des hypothèses et collecter les informations standardisées. (Sauvayre, 2013) Il ne laisse pas véritablement de place au récit et à l'expérience de l'interlocuteur. En quelque sorte, par sa nature directive, un tel entretien est aussi considéré comme le remplissage d'un questionnaire assisté par le chercheur.

Dans l'**entretien non-directif ou entretien libre**, l'investigateur définit un thème sans intervenir sur l'orientation du propos du sujet et laisse s'exprimer librement le sujet dans l'orientation de sa réponse. (Sauvayre, 2013 ; Thiétart, 2007) Le but est d'encourager le sujet de raconter son expérience sans véritable limite sur un thème particulier ou par les questions prédéfinies.

Dans l'**entretien semi-directif**, le chercheur utilise cette fois un guide structuré pour aborder une série de thèmes préalablement définis. « *L'entretien semi-directif combine attitude non-directive pour favoriser l'exploration de la pensée dans un climat de confiance et projet directif pour obtenir des informations sur des points définis à l'avance.* » (Berthier, 2010) Le discours de l'interlocuteur est balisé par la personne qui effectue l'entretien, elle l'amène ou précise des thèmes qui l'intéressent mais l'interlocuteur peut tout de même s'en écarter. Il est libre dans son récit.

Dans les recherches en sciences de gestion ou sciences sociales, l'entretien semi-directif est largement utilisé compte tenu de ses caractéristiques. Notre enquête est également basée sur cette approche.

### **3.3.3. Entretien individuel ou collectif ?**

L'entretien individuel est une situation de face à face entre un investigateur et un sujet dans une situation plutôt « non-directive ». (Thiétart, 2007)

L'entretien collectif ou l'entretien de groupe consiste à réunir différents sujets autour d'un ou de plusieurs animateurs afin de placer les sujets dans une situation d'interaction. (Thiétart, 2007)

### **3.3.4. Question ouverte ou question fermée ?**

Pour une étude qualitative, il est préférable de mener des entretiens semi-directifs, voire libres ; certes, l'exploitation d'une question ouverte peut-être difficile ; toutefois, ce type d'entretien permet, via des questions ouvertes, de laisser les interviewés bien s'exprimer, pour obtenir le plus d'informations et d'idées possibles et mieux mesurer une évolution des points de vue sur le sujet.

Par ailleurs, certaines des données à collecter, de nature plus objective, s'accommodent de questions assorties de réponses prédéfinies ; le guide d'entretien comporte ainsi à la fois des questions ouvertes et des questions fermées.

### **3.3.5. Entretien face à face ou par téléphone ?**

L'entretien face à face permet de saisir des éléments de l'attitude des individus, sa façon de s'exprimer avec une gestuelle qui lui est propre, chose qu'il n'est pas possible de faire via l'entretien téléphonique.

Cependant, lorsqu'un entretien face à face est impossible à organiser, l'entretien par téléphone, le système CATI (*Computer Assisted Telephonic interviews*) peut également être une alternative intéressante. Bien que ce ne soit pas le moyen préférable, il est quand même intéressant pour recueillir plus d'informations.

### **3.3.6. Enregistrement ?**

En ce qui concerne l'enregistrement, plusieurs écoles existent. Certains disent il ne faut pas enregistrer et tout retranscrire après, car un entretien c'est avant tout écouter attentivement et observer avec attention la personne qui parle et prendre des notes. (Pétonnet, 2013) D'autres disent qu'il faut absolument enregistrer les entretiens car :

- si l'on n'enregistre pas on risque d'oublier ou d'interpréter les propos des individus ;
- si l'on prend des notes sans enregistrer, il y a déjà un début d'interprétation du chercheur ;
- l'enregistrement permet des comparaisons entre les propos de plusieurs acteurs et ainsi de mieux saisir les configurations d'acteurs du champ étudié ;
- enfin, l'enregistrement permet d'éviter de prendre des notes, d'être ainsi plus attentif et d'avoir un vrai climat de discussion.

Nous privilégions l'enregistrement, bien entendu sous l'autorisation de l'interviewé.

## **3.4. Guide d'entretien**

Le guide d'entretien est destiné au chercheur. Il rappelle les éléments essentiels à aborder lors de l'entretien, la formule de départ permettant de lancer l'entretien et les thématiques à aborder. Le guide d'entretien comprend des questions pour relancer la discussion.

Une première version du guide d'entretien a été élaborée à partir de la littérature. Ensuite, cette version initiale a été soumise à un panel d'experts, ce qui a permis d'en enrichir le contenu et d'en améliorer la formulation.

Les sujets abordés lors des entretiens peuvent être illustrés par la figure 9.1.

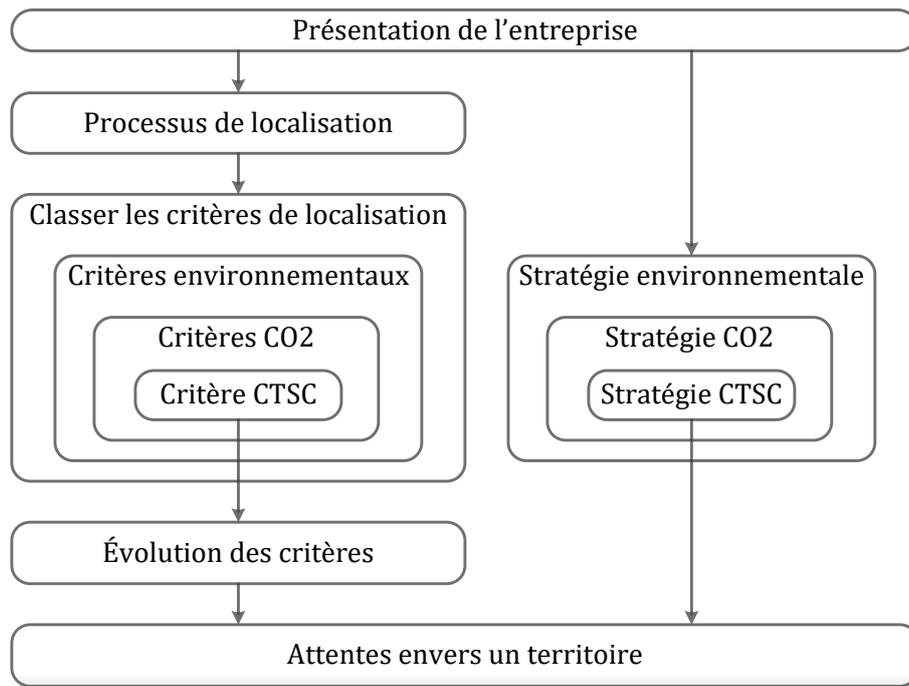


Figure 3-1 : La structure du guide d'entretien

La structure du guide est présentée ci-après.

### 3.4.1. Accord de confidentialité

Cette partie n'a pas un lien direct avec le sujet, mais est très importante pour une étude portant sur des processus de décision stratégiques. Une copie de cet accord est dans l'Annexe II. Accord de confidentialité, page 166.

### 3.4.2. Questions liées à la nature de l'entreprise

Cette partie a pour objectif de décrire l'image de l'entreprise en question ainsi que l'état des lieux de ses émissions de CO<sub>2</sub>.

Au début de l'entretien, l'interviewé est invité à faire une brève présentation de son entreprise, quel secteur, quelles activités. Puis, une discussion au sujet de CO<sub>2</sub> dans l'entreprise est provoquée. Ces dernières questions portent sur la quantité d'émissions, la conformité vis-à-vis de la réglementation en vigueur, et le système de quotas.

### 3.4.3. Questions liées à la localisation des sites industriels émetteurs de CO<sub>2</sub>

Cette partie a pour objectif d'identifier les caractéristiques du processus de choix de localisation au sein de l'entreprise.

Il s'agit d'identifier le « responsable de localisation » dans l'entreprise, de présenter les projets de localisation récents au sein du groupe concerné et de décrire le processus de localisation en premier lieu. Ensuite, l'interviewé est invité à lister les facteurs de localisation dans son entreprises et à évaluer l'importance de chacun de ces facteurs

listés. Les facteurs candidats prévus dans le guide sont issus d'une abondante littérature ainsi que de l'avis des experts dans les entretiens exploratoires. Afin de garder une vue proactive, il est également demandé aux interviewés de donner des indications sur les évolutions de ces facteurs (entre « facteur qui prend de l'importance », « facteur d'importance constante » et « facteur qui perd de l'importance ») si cela est possible.

Pour bien identifier le poids relatif au facteur des émissions de CO<sub>2</sub> (facilité de gestion des émissions du CO<sub>2</sub>), il convient de replacer celui-ci dans un ensemble de facteurs existants dans le processus générique de localisation pratiqué par les entreprises.

#### **3.4.4. Questions liées à la stratégie d'entreprise pour la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>**

Cette partie s'intéresse à la façon dont une entreprise réduit ses émissions de CO<sub>2</sub>. Comment alloue-t-elle ses moyens et ses ressources dans les différentes stratégies de la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> ? La technologie CTSC est-elle importante par rapport aux autres solutions ?

Cette partie commence par la présentation de la nature de CO<sub>2</sub> émis : sa pression, sa température, sa pureté et sa concentration dans les fumées. Selon les différents combustibles utilisés et la procédure de fabrication, les natures de CO<sub>2</sub> émis peuvent être très différentes. Cette différence impacte directement le degré de facilité du captage du CO<sub>2</sub> ainsi que les coûts liés.

Ensuite, l'interviewé est invité à évaluer les moyens de réduction des émissions afin de préciser la stratégie de gestion des émissions au sein de l'entreprise. Cinq options sont proposées :

- amélioration de l'efficacité énergétique
- application des opérations CTSC
- développement des valorisations du CO<sub>2</sub>
- développement des énergies renouvelables
- optimisation des procédés de production

Puis, pour les grandes entreprises émettrices du CO<sub>2</sub>, nous nous intéressons à leurs éventuels projets de CTSC. S'il existe un projet de CTSC, quel est-il (captage, transport ou stockage) ? Sinon, pour quelles raisons ?

#### **3.4.5. Questions liées au CO<sub>2</sub> à la localisation et la délocalisation**

Enfin, nous terminons les questions sur le sujet de l'infrastructure du CTSC et la décision de localisation. L'interviewé est invité à réfléchir à l'influence d'un soutien du territoire d'accueil à la gestion du CO<sub>2</sub> comme facteur attractif pour sa prochaine localisation de site industriel, ou si l'absence d'un tel soutien provoquerait une délocalisation éventuelle de son site existant.

Dans l'Annexe III. Guide d'entretien (page 169), l'ensemble de questions est présenté. Il convient de préciser que toutes les questions ne sont pas obligatoires dans un entretien, elles aident le chercheur à se rappeler toutes les informations à recueillir lors d'un entretien à titre indicatif.

### 3.5. Échantillonnage

La première question qui se pose est la définition des interlocuteurs compétents faisant autorité sur le sujet pour mener l'enquête.

#### 3.5.1. Représentation spatiale

L'échantillonnage spatial est une question importante soulignée dans la littérature et par les experts en aménagement. Théoriquement, il est préférable de trouver une population homogène en termes géographiques.

Pourtant, dans ce sujet de recherche, notre terrain de recherche est basé sur la région havraise. Nous approchons donc naturellement des entreprises locales. Cependant, dans ces entreprises, tant la décision de localisation que la stratégie de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> sont définies dans les sièges sociaux qui se situent généralement à Paris, voire à l'étranger. Dans cette situation, la représentation spatiale devient plutôt un indicateur virtuel. Dans la pratique, nous nous adressons directement aux décideurs des entreprises havraises, et nous ne nous préoccupons pas de la géo-localisation.

#### 3.5.2. Représentation sectorielle

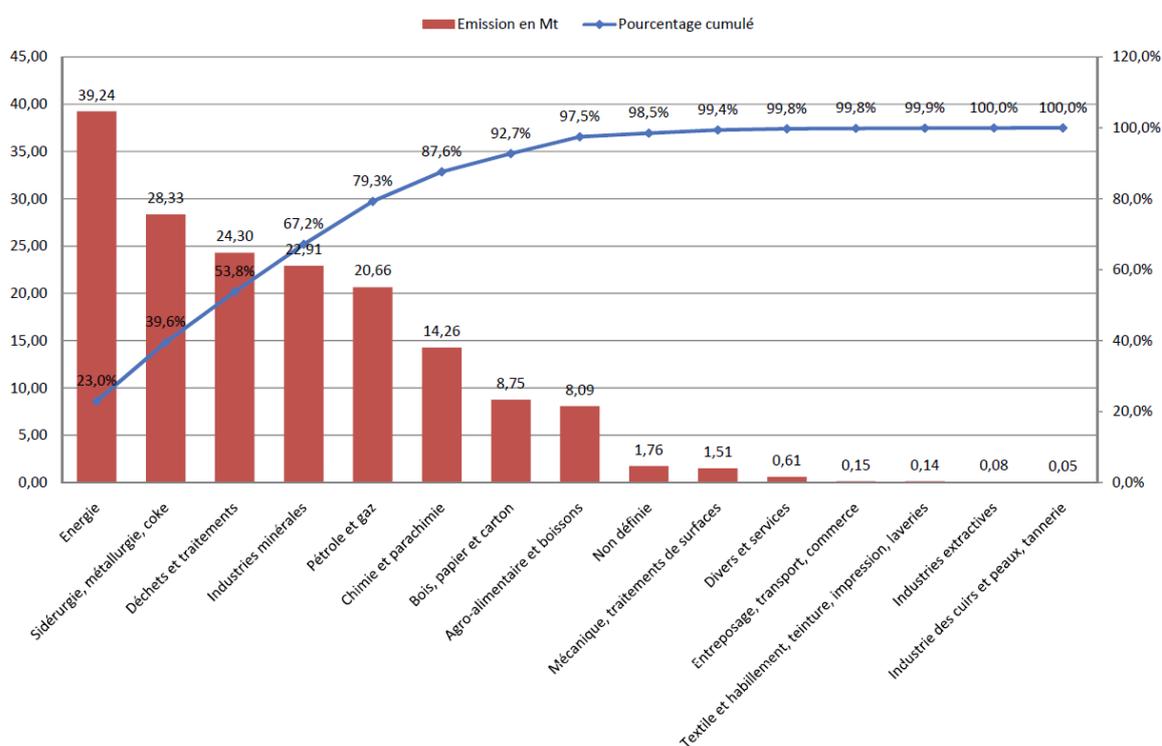


Figure 3-2 : Le volume des émissions de CO<sub>2</sub> par secteur industriel en 2008 (Élaboré à partir des données du Registre Français des Émissions Polluantes (MEDDE, s. d.))

La méthode utilisée pour identifier en priorité les entreprises à enquêter par secteur industriel est de pondérer les secteurs selon leurs émissions de CO<sub>2</sub>.

Comme illustré figure 9-2, sur les 15 secteurs industriels listés, les cinq premiers représentent environ 80 % des émissions de CO<sub>2</sub> de la France en 2008. Dans la même logique, les émissions des sept premiers dépassent 90 %. La « Loi de Pareto » est vérifiée dans notre cadre de recherche et nous pouvons cerner un faible nombre d'entreprises responsables de la majorité des émissions de CO<sub>2</sub>.

De ce point de vue, nous privilégions les secteurs ayant les émissions les plus importantes, tels que la production d'énergie, la sidérurgie, l'incinération des déchets, la cimenterie, l'industrie pétrolière et l'industrie chimique.

### **3.5.3. Entreprises en mouvement**

Une autre logique pour déterminer les entreprises cibles est de viser les entreprises qui viennent de s'implanter ou de se délocaliser au Havre. C'est important de connaître les motivations des entreprises qui viennent ou quittent ce territoire.

Bien que Le Havre soit une zone industrielle traditionnelle, depuis 20 ans, il n'y a quasiment pas d'entreprise industrielle (sites de production) qui est venue s'y installer. Actuellement, deux projets d'implantation sont en cours. Ces deux entreprises sont dans le secteur chimique. Des entretiens ont été effectués avec les représentants de ces dernières (cf. paragraphe 5.8 Industries qui se localisent sur le territoire du Havre, page 113).

### **3.5.4. Définition des interviewés**

Une fois que les entreprises cibles sont identifiées, il est important de savoir quels sites et auprès de quels services de ces sociétés nous devons aller enquêter. Idéalement, il faut trouver la bonne personne qui participe directement à la décision de localisation et connaît la contrainte de CO<sub>2</sub> de l'entreprise.

Cependant, il est difficile de trouver la personne en charge de la localisation surtout dans les entreprises qui n'ont aujourd'hui pas de projet de localisation. Dans la pratique, s'il n'y a pas une « équipe de localisation » en permanence, nous cherchons l'équipe stratégique ; s'il n'y a pas d'équipe stratégique, nous cherchons qui serait dans un éventuel groupe de projet de localisation.

Pourtant, dans les grands groupes industriels, la décision de localisation est prise par le siège social, et l'interlocuteur à qui nous pouvons nous adresser est souvent dans un site local.

Bien qu'ils ne travaillent au siège, les dirigeants des sites locaux (en l'occurrence au Havre) ont souvent un très bon niveau d'expertise. Ils sont souvent dans les équipes de stratégie

des groupes. Ainsi, les décideurs locaux sont généralement plus au courant des contraintes d'exploitation des unités de production. Ils peuvent apporter un point de vue plus concret sur la performance d'un territoire.

Nous avons donc contacté un certain nombre de dirigeants locaux tels que les directeurs des sites du Havre ou les responsables d'utilités<sup>13</sup>.

### **3.6. Entretiens exploratoires**

Les entretiens exploratoires sont une étape incontournable dans une recherche comme la nôtre. Ils contribuent à découvrir les aspects à prendre en considération et élargissent ou rectifient le champ d'investigation des lectures. (Campenhoudt, Quivy et Marquet, 2011)

Dans notre recherche, une dizaine d'entretiens exploratoires ont été effectués avec les consultants en localisation, les acteurs locaux, les chercheurs universitaires, etc. Ces entretiens nous ont permis de bien comprendre le sujet et son périmètre, de perfectionner les questions à poser, de compléter les facteurs de localisation dans la pratique et d'appréhender les premiers résultats de recherche.

### **3.7. Traitement et analyse des données qualitatives**

Contrairement aux études quantitatives, l'objectif des études qualitatives n'est pas de mesurer mais de comprendre les logiques, l'expérience des individus et les interprétations qu'ils en font. Le discours de la personne est respecté, il garde sa dynamique propre et ses propres cadres de référence.

En théorie, un entretien doit être transcrit dans son intégralité, en respectant les formulations telles qu'elles ont été prononcées lors de l'interview : les termes utilisés, mais aussi les hésitations, les silences... En réalité, tout dépend de l'exploitation : analyse de contenu (la plus difficile), analyse compréhensive du discours, analyse comparative des discours des différentes personnes interviewées. (Injep, 2012)

L'**analyse thématique de contenu** cherche à mettre en évidence les opinions ou les représentations des interviewés. L'analyse thématique catégorielle relève et quantifie l'apparition de thèmes pré-identifiés ou émergeant du texte. (Aubert-Lotarski, 2007) « *La technique comporte un certain nombre d'opérations. Les deux premières, qui vont permettre le codage ultérieur, sont, après transcription et dactylographie préalable des entretiens : le repérage des référents-noyaux et le découpage du texte en propositions.* » (Bardin, 1991) Elle nécessite une retranscription stricte des entretiens, une analyse rigoureuse du discours, donc des connaissances en linguistique et sociolinguistique et des outils informatisés d'analyse de contenu.

---

<sup>13</sup> Utilités : traduction de mot anglais « utilities » qui signifie l'ensemble des matières qui permettent la production telles que les matières premières, l'énergie, la vapeur, l'eau industrielle, etc.

L'**analyse compréhensive du discours** cherche à recueillir de l'information auprès d'une personne, à connaître sa manière de comprendre un sujet (qui peut être elle-même dans un récit de vie) et d'y répondre, puis on procède à l'analyse de l'entretien au travers d'une grille d'analyse qui permet d'éclairer au moins un élément de la problématique. Nous produisons dans ce cas un compte-rendu de l'entretien.

L'**analyse compréhensive et comparative des discours** obéit aux mêmes principes que la précédente (elle est donc centrée sur le « signifié ») mais pour objectif de comparer plusieurs entretiens, menés auprès de personnes dont les statuts, les rôles, la position sociale, ou d'autres facteurs discriminants (l'âge, le sexe, les intérêts, etc.) différent.

Ici, nous avons procédé à une analyse compréhensive du discours de tous les entretiens réalisés, basée sur les comptes rendus des entretiens. En effet, les retranscriptions sont nécessaires dans l'objectif d'une analyse quantitative des données qualitatives qui n'est pas adaptée à notre recherche :

- Les entretiens sont extrêmement hétérogènes. Les interviewés proviennent de différentes structures (les industriels, les consultants, les chercheurs...). Un traitement statistique des mots et des phrases n'a pas de valeur ajouté.
- La quantité des entretiens est trop importante.
- Les entretiens sont réalisés dans des langues différentes.

Quant aux logiciels d'aide au traitement des données, plusieurs logiciels sont testés.

Le logiciel classique qui permet de coder les transcriptions, c'est-à-dire d'apposer des « étiquettes » sur les réponses des enquêtés, est Nvivo. Le logiciel francophone gratuit nommé « Sonal<sup>14</sup> » est également intéressant. Il analyse les corpus directement à partir de l'enregistrement et le transcrit partiellement.

Cependant, Il manque à ces logiciels une fonction, de notre point de vue, cruciale : la hiérarchisation des étiquettes. C'est pour cette raison que nous adoptons finalement un logiciel qui s'appelle « CintaNotes<sup>15</sup> ». Il est gratuit, simple à utiliser et il peut répondre à tous nos besoins dans une analyse thématique de contenus.

Concrètement, nous codons les résumés et les verbatims avec des étiquettes hiérarchisées, et nous pouvons facilement revenir dans les contenus sélectionnés lors de l'analyse (cf. Figure 3-3).

---

<sup>14</sup> <http://www.sonal-info.com/>

<sup>15</sup> <http://cintanotes.com/>

pays	21
pays/chine	5
pays/france	16
secteur	21
secteur/acteurlocal	12
secteur/energie	9
sujet	18
sujet/co2	7
sujet/co2/choix	1
sujet/co2/reglementation	4
sujet/ctsc	5
sujet/ctsc/entreprise	1
sujet/ctsc/technologie	3
sujet/facteurs	6
sujet/facteurs/ctsc	3
sujet/processus	1

Figure 3-3 : Exemple de codage avec Cintanotes

Par thématique à étudier, les propositions sont codées de la manière suivante. Pour chaque proposition, nous allouons 4 étiquettes :

- Pays :
  - France
  - Belgique
  - Pays-Bas
  - Royaume-Uni
- Secteurs :
  - Acteur local
  - Cabinet de conseil
  - Centre de recherche sur CTSC
  - Industrie
    - Chimie
    - Déchet et traitement
    - Énergie
    - Nouveau rentrant du Havre
    - Métallurgie
    - Minéral
    - Pétrole
    - Sidérurgie
  - Université
- Fonction de l'interviewé

- Responsable technique
- Responsable stratégie
- Responsable réglementaire
- Responsable R&D
- Directeur du site
- Responsable communication
- Responsable projet CTSC
- Thématique
  - CO<sub>2</sub>
    - Stratégie
    - Règlementation
  - CTSC
    - Technologie
    - Stratégie
    - Projet
  - Localisation
    - Facteur
      - Localisation
      - CO<sub>2</sub>
    - Processus

## Chapitre 4. Données recueillies

*Ce chapitre présente d'une manière statistique des données recueillies et des entretiens effectués selon la méthode d'échantillonnage prédéfinie dans le chapitre précédent (page 74). Nous présentons les différents profils des interviewés et nous expliquons sur quels points ils sont compétents dans notre recherche.*

Pendant la phase de rassemblement des données, 60 entretiens ont été effectués dans cinq pays en trois langues (cf. Tableau 4-1).

Tableau 4-1 : Répartition géographique des entretiens effectués

Secteur	Nombre d'entretiens
Belgique	2
Chine	10
France	40
Pays-bas	4
Royaume-Uni	4
<b>Total général</b>	<b>60</b>

Bien que l'idée initiale soit de collecter autant de données que possibles, les entretiens effectués en Chine apparaissent difficile à utiliser dans cette recherche. En effet, en tenant compte des différents contextes politiques, économiques, réglementaires, sociaux et environnementaux, la situation en Chine est peu comparable à celle de l'Europe. Nous décidons donc, dans cette thèse, de ne pas prendre en compte ces entretiens. Les divers résultats, en localisation des industries ou en gestion du CO<sub>2</sub>, issus de ces entretiens feront objet d'autres travaux académiques.

Il nous reste donc 50 entretiens effectués en Europe, pour une durée totale de 48 heures, dont 37 heures d'enregistrement (cf. Tableau 4-2).

Tableau 4-2 : La durée totale des entretiens et des enregistrements

Pays	Nombre d'entretiens	Somme de Durée des entretiens	Somme de Durée d'enregistrement
Belgique	2	3:49	3:49
France	40	38:51	27:59
Pays-Bas	4	2:03	2:03
Royaume-Uni	4	3:23	3:23
<b>Total général</b>	<b>50</b>	<b>48:06</b>	<b>37:14</b>

Il est maintenant convient de s'adopter une vue sur des sources des données. Comme illustré, les interviewés émanent de cinq secteurs d'activité (cf. Tableau 4-3).

Tableau 4-3 : Nombre d'entretiens par secteur

Secteur	Nombre d'entretiens
Acteur local	14
Cabinet de conseil	4
Centre de recherche sur CTSC	6
Industrie	19
Universitaire	7
<b>Total général</b>	<b>50</b>

#### 4.1. Acteur locaux

Ces acteurs locaux sont les interlocuteurs des entreprises lors d'un acte de localisation. Ils représentent leurs territoires, présentent leurs compétitivités, négocient avec les entreprises et les accompagnent dans leurs projets d'implantations. Ils connaissent la logique et les critères de choix de localisation de ces entreprises. Leur savoir-faire nous permet de comprendre les comportements de localisation des industries d'un point de vue transversal. La Tableau 4-4 précise ces acteurs en citant leurs noms.

Tableau 4-4 : Les acteurs locaux interviewés

Secteur	Nombre d'entretiens
<b>Acteur local</b>	
Caux Seine Développement	1
CCI Le Havre	1
Deltalinqs	1
DREAL Haute-Normandie	1
Le Havre Développement	2
Normandie Développement	1
Port d'Anvers	1
Port de Marseille	1
Port de Rotterdam	1
Port du Havre	3
Rotterdam Climate Initiative	1
<b>Total général</b>	<b>14</b>

Il est à noter que Le Havre n'est pas le seul territoire qui réfléchit à coupler la gestion du CO<sub>2</sub> et l'attractivité du territoire. Au niveau européen, plusieurs territoires portuaires se sont également posé la question : est-ce que le développement des infrastructures de CTSC augmentera leur attractivité ? Il est intéressant de les écouter et de réaliser une étude comparative.

Ces retours d'expériences éclaireront les démarches sur le développement de thématique de CTSC au Havre et toutes les autres zones industrielles similaires. C'est pourquoi nous intégrons également les acteurs locaux des autres pays européens dans cette recherche.

Parmi ces acteurs locaux, nous voulons préciser que le Deltalinqs est une association et la porte-parole de plus de 600 entreprises (industrielles et autres) à Rotterdam ; et le

Rotterdam Climate Initiative (RCI) est l'acteur principal et le guichet unique des opérations de CTSC à Rotterdam.

Nous pouvons noter également que tous ces territoires se situent sur la côte. Leurs situations géographiques sont indiqués Figure 4-1.



Figure 4-1 : Les terrains similaires au Havre sur le sujet

## 4.2. Cabinets de conseil

Nous avons également effectué des entretiens avec quatre cabinets de conseil qui sont spécialistes dans la localisation des entreprises (cf. Tableau 4-5).

Tableau 4-5 : Les cabinets de conseil interviewés

Secteur	Nombre d'entretiens
<b>Cabinet de conseil</b>	
Capgemini	1
clpg	1
Element Energy	1
Ernst & Young	1
<b>Total général</b>	<b>4</b>

Bien que ces conseillers interviewés ne travaillent pas directement dans des entreprises industrielles, ils ont parfois un droit de parole plus pertinent sur le sujet. Une entreprise industrielle n'est pas nécessairement un spécialiste sur le sujet de localisation, ses compétences et ses expériences internes peuvent être insuffisantes lors de la localisation d'un nouveau site. Cependant, les enjeux d'une localisation sont extrêmement

importants. Dans ce cas, des soutiens de cabinets de conseil sont souvent recommandés (surtout pour les projets d'implantation d'envergure importante). Les conseillers spécialistes en localisation disposent d'une compétence plus pointue dans la thématique étudiée (la localisation en l'occurrence) pour un domaine industriel donné. Ainsi, un conseiller peut avoir plusieurs expériences de localisation dans sa carrière, ce qui n'est pas souvent le cas pour un cadre d'entreprise.

### 4.3. Experts en CTSC

Pour l'étude plus détaillée sur la technologie de CTSC, nous avons rencontré six groupes de spécialistes dans ce domaine. Ils ne se prononcent pas sur l'aspect de localisation des industries, la discussion a été concentrée sur le développement et la perspective de CTSC.

Tableau 4-6 : Les centre de recherche sur le CTSC interviewés

Secteur	Nombre d'entretiens
<b>Centre de recherche sur CTSC</b>	
CO <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> <sup>16</sup>	1
IFP <sup>17</sup>	2
SCTSC <sup>18</sup>	3
<b>Total général</b>	<b>6</b>

### 4.4. Industries

Les entreprises industrielles sont les promotrices d'une localisation et les utilisateurs de la technologie de CTSC. Avec elles, nous pouvons poser directement les questions sur les stratégies, les processus de décisions et les critères de choix de leurs localisations pour une entreprise particulière dans un domaine d'activité défini.

Tableau 4-7 : Les entreprises interviewées

Secteur	Nombre d'entretiens
<b>Industrie</b>	
Chimie	5
Déchet	2
Energie	3
LH	2
Métallurgie	1
Minéral	2
Prétrole	3
Sidérurgie	1
<b>Total général</b>	<b>19</b>

<sup>16</sup> Expert dans le domaine du CTSC.

<sup>17</sup> IFP Energies nouvelles est un organisme public de recherche, d'innovation et de formation dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement. L'IFP a beaucoup contribué au développement de la technologie du CTSC en France aujourd'hui.

<sup>18</sup> Scottish Carbon Capture & Storage, le plus grand centre de recherche sur le CTSC au Royaume-Uni.

A partir de l'échantillonnage sectoriel de notre méthodologie définie (cf. Figure 3-2, page 74), nous avons interrogé les entreprises selon la densité d'émissions du CO<sub>2</sub>. Les entretiens effectués sont rassemblés Tableau 4-7.

La Tableau 4-8 présente les fonctions des interviewés des entreprises industrielles. Nous pouvons remarquer que les fonctions des interviewés sont très variées.

**Tableau 4-8 : Les fonctions des interviewés des entreprises industrielles**

<b>Secteur</b>	<b>Nombre d'entretiens</b>
<b>Industrie</b>	
Responsable technique	6
Responsable stratégie	1
Responsable réglementaire	2
Responsable R&D	2
Directeur du site	5
Responsable communication	2
Responsable projet CTSC	1
<b>Total général</b>	<b>19</b>

En effet, un acte de localisation d'un site est géré généralement dans l'entreprise comme « projet ». L'équipe de projet est construite Lorsque le besoin d'une localisation est prononcé. Lorsque le projet est terminé, cette équipe est dispersée. Pour cette raison, il est difficile d'identifier le(s) responsable(s) de « localisation » si l'entreprise n'a pas de projet d'implantation en cours.

Dans la même logique, il est également difficile d'identifier le(s) responsable(s) de « gestion du CO<sub>2</sub> » au sein de l'entreprise si cette dernière n'a pas un projet de « CO<sub>2</sub> » en-cours.

Il est donc encore plus difficile de trouver un responsable qui peut répondre à la fois aux questions liées à la localisation et aux questions liées à la gestion du CO<sub>2</sub>. De ce fait, ces interviewés de compétences différentes ne peuvent pas répondre à la totalité des questions prévues dans le guide d'entretien qui concernent essentiellement la localisation des entreprises et la stratégie sur la gestion du CO<sub>2</sub>. Ce phénomène nous a menés vers les méthodes qualitatives lors du traitement de ces entretiens. Il s'agit donc d'analyses des verbatim, mais pas d'une statistique quantitative.

## 4.5. Universitaires

Pour avoir plus de recul sur le sujet étudié, outre les professionnels, nous avons interrogé également certains chercheurs universitaires des différents domaines (cf. Tableau 4-9).

Tableau 4-9 : Les chercheurs universitaires interviewés

Secteur	Nombre d'entretiens
<b>Universitaire</b>	
Chercheur en aménagement	1
Chercheur en économie	1
Chercheur en environnement	1
Chercheur en gestion	4
<b>Total général</b>	<b>7</b>

## **Partie III : Résultats, discussions et recommandations**

## Chapitre 5. Décision de localisation et facteur CO<sub>2</sub>

*Les données recueillies étant analysées, les résultats par secteur d'activité industrielle sont présentés dans ce chapitre. Nous adoptons un point de vue gestionnaire et essayons de comprendre les raisonnements des entreprises vis-à-vis de la localisation et de la nouvelle contrainte de CO<sub>2</sub>. Ce point de vue est différent de celui des aménageurs qui raisonnent à partir des acteurs locaux d'un territoire, ni de celui des écologistes qui raisonnent à partir des problèmes environnementaux. Nous nous préoccupons ici des entreprises qui ont eu ou auront de nouvelles contraintes environnementales et analysons leurs comportements en face de ces contraintes. Dans ce chapitre, nous présentons les résultats par secteur industriel. Pour chaque secteur, nous analysons sa décision de localisation, ses caractéristiques vis-à-vis de sa contrainte de CO<sub>2</sub> et la relation entre le facteur de CO<sub>2</sub> et la localisation. Ensuite, nous résumons ces résultats par secteur en un sous-chapitre « résultats principaux » avant d'en discuter.*

Lorsqu'on parle des projets de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, nous ne pouvons pas séparer ce problème de celui des entreprises. Ces dernières sont les acteurs principaux de tous les projets, et les clés du succès. Sans des motivations et des participations actives des entreprises, bien que les projets soient très « intéressants », rien ne sera réalisé.

Dans notre recherche, nous avons une problématique : « le réchauffement climatique » ; nous avons des solutions techniques comme le « CTSC » ; nous avons des promoteurs européens et nous avons des organisateurs locaux potentiels pour développer des projets ; il ne nous manque que les volontés des entreprises. Est-ce que ces volontés des entreprises pour développer des projets environnementaux existent, tout spécialement pour lutter contre les émissions de CO<sub>2</sub>? Dans leurs pratiques de gestion, tout spécialement en localisation des nouveaux sites de production, où est la place de ces contraintes environnementales dans leurs réflexions ?

Dans ce chapitre, pour protéger les informations parfois sensibles des entreprises consultées, leur présentation a été faite d'une manière anonyme. Nous évitons d'afficher les données qui permettent de les identifier. Les entreprises sont ensuite codées généralement par secteurs d'activité auquel s'ajoute un numéro d'identification :

- E : Énergie
- S : Sidérurgie, métallurgie, coke
- D : Déchets et traitements
- IM : Industries minérales
- P : Pétrole et gaz
- C : Chimie et parachimie

- B : Bois, papier et carton
- A : Agro-alimentaire et boissons
- M : Mécanique, traitements de surfaces
- L : Logistique (Entreposage, transport, commerce)
- T : Textile et habillement, teinture, impression, laveries
- IE : Industries extractives
- IC : Industrie des cuirs et peaux, tannerie
- LH : Industries qui localisent ou délocalisent sur le territoire du Havre

## 5.1. Production d'énergie

La production d'électricité constitue l'objet principal de cette recherche de gestion de localisation et d'émissions de CO<sub>2</sub>, car elle est la principale source d'émissions de CO<sub>2</sub> en France. Les producteurs d'électricité deviennent acheter 100 % de leurs quotas dès 2013. (Le Monde, 2012 ; MEDDE, 2010)

Cependant, tous les modes de production d'électricité ne sont pas émetteurs de CO<sub>2</sub>; nous avons ciblé, dans les enquêtes, les centrales thermiques.

Pour mieux comprendre les processus de localisation et les contraintes environnementales de ce secteur, il est d'abord nécessaire de connaître ses caractéristiques. L'implantation d'un site du secteur énergétique est généralement extrêmement coûteuse. Nous pouvons noter les caractères suivants d'une centrale thermique :

- le coût du transport des matières premières (par exemple le charbon) très élevé, voire supérieur au coût d'achat ;
- la perte énergétique est proportionnelle à la distance de distribution d'électricité ;
- le coût des équipements d'un site est très élevé.

### 5.1.1. Décision de localisation

Selon les entretiens, le processus de localisation dans ce secteur est « simple ». Le site est sélectionné très rapidement avec quelques critères clés et l'entreprise fait par la suite une étude de faisabilité du site choisi. Par conséquent, il n'existe pas un service spécialisé dédié à la localisation des nouvelles unités.

*« On n'a pas d'expert en localisation, on sait tous où on va installer une centrale. »*

Pourquoi l'entreprise de ce domaine ne regarde pas simultanément plusieurs sites avant de décider quel est le meilleur comme dans les théories classiques de localisation ? Pourquoi les responsables des différents services savent tous comment localiser un nouveau site ? En effet, leurs critères de choix de localisation sont à la fois simples et contraignants.

L'entreprise E-1 ne regarde que deux facteurs lors d'une localisation :

- l'approvisionnement en charbon,
- l'équilibre du réseau électrique.

L'approvisionnement en charbon est sans doute un problème vital pour une centrale à charbon. Le volume de consommation et la nature du combustible nécessite un moyen de transport de coût très faible, le bateau. Nous pouvons donc traduire ce premier critère en logistique : une logistique en amont, ou géographiquement : un site au bord de l'eau.

L'équilibre du réseau électrique est un critère de localisation spécifique au secteur de production d'électricité. Sans entrer trop dans les détails, l'équilibrage impose qu'il faut produire l'électricité là où sont les consommateurs.

En effet, ce produit fini, l'électricité, ne peut pas voyager loin. Parce que le transport d'électricité a deux difficultés majeures : premièrement, la perte énergétique sous forme de chaleur sur la résistance des fils est proportionnelle à la distance de transport. Deuxièmement, le réseau de transport d'électricité a une capacité limitée. Si la capacité de production d'une centrale est de 100 MW, mais la capacité du réseau de transport est de 20 MW, on doit « faire la queue » pour produire. En effet, dans la pratique, le Réseau de transport d'électricité (RTE) paye les centrales thermiques parfois pour qu'elles s'arrêtent.

Si nous comparons le transport d'électricité avec le transport des marchandises, nous pouvons avoir cette image : un transport où le coût de transport par kilomètre est très élevé et la route ne permet pas d'avoir beaucoup de camions qui circulent en même temps.

Nous pouvons donc résumer qu'il faut trouver un lieu qui est au bord de l'eau (logistique en amont), et où il y a un besoin local d'électricité (logistique en aval). Hormis cela, tous les autres critères de choix sont accessoires pour ce secteur. Par exemple :

- les facteurs de la main-d'œuvre : « *La main-d'œuvre va venir vers le site* ». Même si le site est dans un « endroit perdu », on peut construire des villages, des gymnases, des écoles, des commerces autour ;
- le coût de terrain : par rapport au coût d'implantation d'une centrale thermique, le « *coût du terrain est négligeable* ». Une industrie lourde est, de ce point de vue, différente de la grande distribution pour laquelle un hypermarché représente un faible capital. En d'autres termes, pour installer un hypermarché, le coût du terrain est beaucoup plus important que l'ensemble du coût d'implantation.

L'entreprise E-2 a une logique de réflexion similaire. Pour elle, les critères critiques intrinsèques d'une localisation d'une centrale thermique sont :

- le marché : où on a besoin de l'électricité ;

- l'accès au marché : réseau de distribution avec la ligne de très haute tension (THT) ;
- une place pour l'alimentation en combustible et pour l'eau de refroidissement. Ces deux conditions seront normalement satisfaites simultanément car le charbon arrive en bateau par la voie de l'eau.

Ayant compris les contraintes techniques opérationnelles d'une centrale thermique et ses critères critiques de localisation, nous pouvons ensuite résumer le processus de localisation de ce secteur.

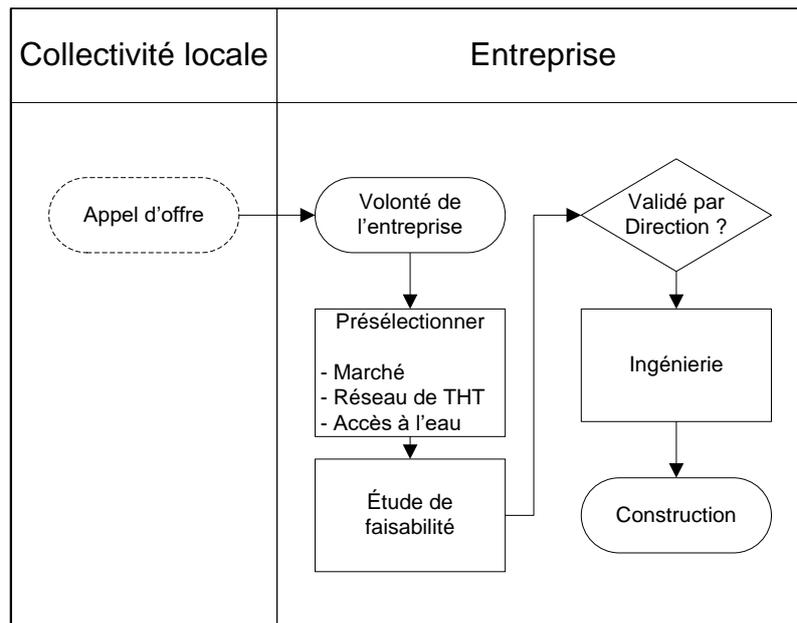


Figure 5-1 : Processus de localisation d'une centrale thermique

Comme illustré Figure 5-1, le déclencheur d'un nouveau projet d'implantation d'une nouvelle centrale est souvent le déficit dans la production d'électricité dans certaines zones géographiques, c'est-à-dire, une volonté d'un territoire. Ensuite, l'entreprise va réfléchir avant de répondre à cette offre. Il est à noter que ce processus de la réflexion entre le territoire et l'entreprise sur un nouveau projet d'implantation peut prendre 10 ans voire 20 ans. Puis, l'entreprise arrive dans une phase de présélection. Dans cette phase, l'entreprise va rapidement analyser si les critères critiques que nous avons présentés peuvent être satisfaits sur ce territoire. Si oui, elle commence l'étude de faisabilité avant la validation du projet par la direction. Si cette dernière valide le projet, l'entreprise commence la phase de l'ingénierie et l'implantation, sachant que la durée entre la décision d'investissement et la mise en service est généralement de 3 ans.

Nous observons que les facteurs et le processus de localisation dépendent étroitement des caractéristiques intrinsèques de fonctionnement de ce domaine industriel. Comme ces caractéristiques ne changeront pas, les facteurs et le processus de localisation restent donc invariants.

Il convient de préciser que, selon les interviewés, on a peu de projet de localisation d'une nouvelle centrale électrique dans la dizaine d'années à venir, encore moins de centrale thermique, car tout simplement on n'a pas besoin de plus d'électricité en France.

Quant à la question de délocalisation, nous pouvons dire que les centrales thermiques ne sont pas délocalisables. La raison est simple, une centrale doit s'installer où il y a un besoin d'électricité. La seule cause qui pourrait provoquer un arrêt d'un site est que ce besoin dans le territoire n'existe plus.

### **5.1.2. Caractéristiques du secteur vis-à-vis de la contrainte CO<sub>2</sub>**

Les centrales thermiques sont le premier secteur impacté par les discussions sur la décarbonisation. Parce que, premièrement, les énergies fossiles comme le charbon et le gaz naturel génèrent une forte quantité de CO<sub>2</sub> et autres gaz à effet de serre. Deuxièmement, par rapport aux autres émetteurs industriels de CO<sub>2</sub>, ses émissions sont localisées à une cheminée. La situation est très différente dans une raffinerie par exemple, où les sorties de la fumée sont beaucoup plus dispersées.

En France, ce secteur est le numéro 1 en termes d'émissions de CO<sub>2</sub> (39 % des émissions nationales en 2008). C'est pour cette raison que les centrales thermiques sont les premiers sites industriels qui soient réglementés en Loi Grenelle (AIDA, 2010) :

*Toute installation ou partie d'installation d'une puissance supérieure ou égale à 600 MWth dispose de suffisamment d'espace sur le site de l'installation pour permettre la mise en place des équipements nécessaires au captage et à la compression du CO<sub>2</sub>.*

Il est à noter que cet article n'oblige pas les nouvelles centrales thermiques à capter le CO<sub>2</sub>. Il ne donne que les indications de prévoir les places pour des équipements de captage du CO<sub>2</sub>. Cependant, lorsque le gouvernement a donné l'obligation à une centrale thermique existante de capter ses NO<sub>x</sub> et SO<sub>x</sub>, si cette centrale ne dispose pas des espaces pour ces nouveaux équipements, elle doit se déplacer entièrement.

### **5.1.3. Facteurs CO<sub>2</sub> et la localisation**

Nous avons vu, dans les deux paragraphes précédents, le comportement de localisation du secteur énergétique et sa nouvelle contrainte CO<sub>2</sub>. Nous allons ensuite essayer de lier ces deux éléments et de trouver la place du facteur CO<sub>2</sub> dans le processus de localisation.

Pour comprendre la relation entre le facteur CO<sub>2</sub> et la localisation des centrales thermiques, différents points de vue ont été abordés lors des entretiens.

### **5.1.3.1. Les aides des collectivités locales**

D'abord, nous nous posons la question, est-ce que des aides des collectivités locales sur la gestion de CO<sub>2</sub> en termes des infrastructures de support seront un plus pour l'augmenter l'attractivité d'un territoire ?

La réponse est évidente, que la collectivité locale apporte ou non une aide sur la gestion du CO<sub>2</sub> des entreprises, ce facteur ne va pas influencer la décision de localisation. Parce qu'une centrale pourra s'installer d'abord sur un territoire et gérer les opérations de CO<sub>2</sub> plus tard. Ceci veut dire que le CO<sub>2</sub> n'est pas un critère dans le choix d'un site, mais plutôt un facteur de gestion environnemental après installation, dans la phase d'exploitation.

La gestion collective du CO<sub>2</sub> comme la mutualisation du captage du CO<sub>2</sub> pour un gros émetteur n'est pas une urgence. Une centrale est tout à fait capable de gérer son propre CO<sub>2</sub> elle-même si besoin. La mutualisation du captage du CO<sub>2</sub> est plutôt pour les sites de taille réduite qui n'ont pas le moyen de gérer leur CO<sub>2</sub> eux-mêmes. Quant au réseau de transport de fumées avant une telle mutualisation de captage, il s'agit d'un véritable gaspillage car il n'a y que 10 % de CO<sub>2</sub> dans la fumée d'une centrale à charbon, et encore moins (environ 3 %) pour une centrale à gaz.

Bien que le facteur CO<sub>2</sub> ne soit pas un facteur de localisation, selon les entreprises, une infrastructure qui pourrait faciliter leur gestion du CO<sub>2</sub> reste toujours intéressante, si le coût évité, grâce à une telle infrastructure, est inférieur aux autres surcoûts éventuels.

Un territoire comme Le Havre, s'il investit dans une infrastructure, qui va venir ?

*Un énergéticien pourrait venir, mais tous les énergéticiens ne viendront pas. Parce qu'il n'y a pas de place pour 15 centrales au Havre. Ce n'est pas parce qu'on peut injecter 10 Mt ou 20 Mt de CO<sub>2</sub> dans un réseau, qu'on va construire 5 centrales thermiques au Havre. De toute façon on ne pourra pas évacuer tant d'électricité puisque les consommateurs ne sont pas là.*

### **5.1.3.2. La rentabilité**

Peu importe qu'il y ait des aides ou pas d'un territoire, si une centrale décide de capter son CO<sub>2</sub>, il faut qu'elle investisse. En termes de gestion, le retour sur investissement est donc un sujet incontournable.

Selon les simulations des entreprises, même dans les scénarios où les prix du CO<sub>2</sub> sur le marché sont très élevés, il n'est pas intéressant, en terme de rentabilité, de capter le CO<sub>2</sub>.

Il est d'ailleurs logique d'avoir ce résultat de simulation. La technologie du CTSC n'a pas initialement un but économique, le bénéfice se situe plutôt dans l'environnement et l'écologie. Or, les problèmes environnementaux ne sont pas les premières préoccupations des entreprises.

La suite de la simulation montre que pour un site existant ayant une fin de vie programmée dans 15 ans, le système du CTSC ne sera jamais rentabilisé.

Mais pourquoi ? Nous allons regarder le temps de fonctionnement d'une centrale.

### 5.1.3.3. Le temps de fonctionnement d'une centrale thermique

En France, différents moyens sont mobilisés pour produire l'électricité, dont environ 80 % avec l'énergie nucléaire (cf. Figure 5-2). Les centrales thermiques (5 à 10 %) ne sont là que pour assurer la pointe de consommation. Pour une région comme Le Havre, la question qu'on se pose est : faut-il augmenter l'attractivité locale vis-à-vis de centrales à charbon ?

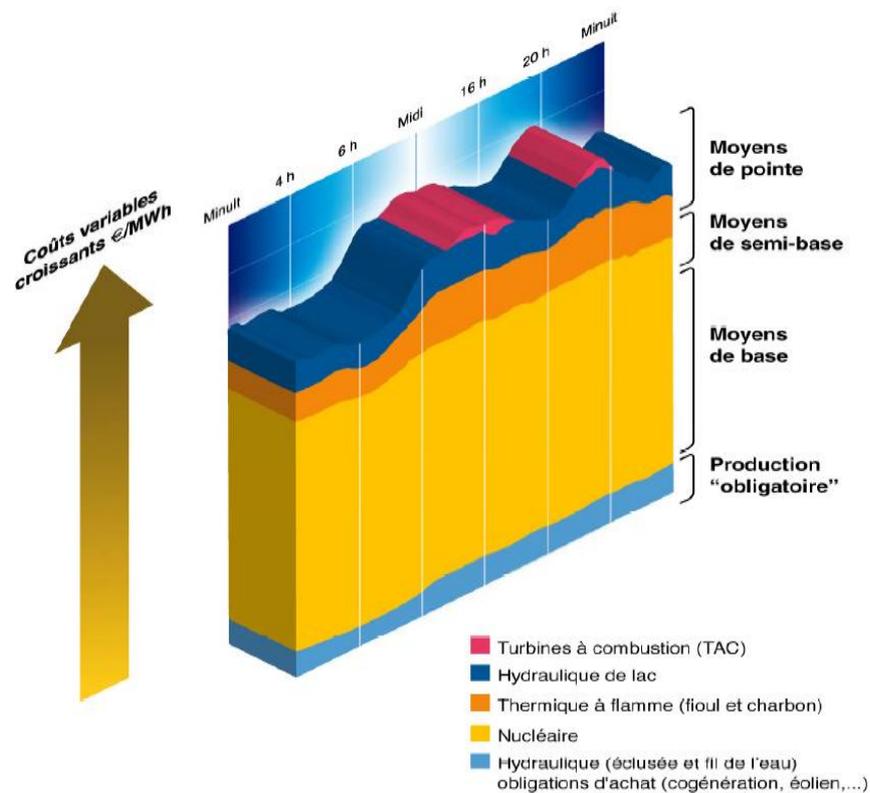


Figure 5-2 : L'empilement des moyens de production : exemple d'une journée de forte consommation en hiver (Source: Dossier de presse 2010, EDF (EDF, 2010))

Il faut savoir que l'installation thermique (au charbon ou au gaz) fonctionne peu d'heures dans l'année. Une centrale nucléaire en France fonctionne 8 000 heures par an. Une centrale thermique va fonctionner plutôt 2 000 heures par an. C'est-à-dire qu'une centrale au charbon de 400 MW ne va pas fonctionner comme en Chine, en Allemagne, 8 000 h/an, pour produire le courant de base. Elle va juste fonctionner en France 2 000 h/an, 1 000 h/an, voire 500 h/an.

Quant au captage du CO<sub>2</sub> d'une centrale qui ne produit qu'à la pointe, il est techniquement difficile à gérer : démarrage, arrêt des équipements de captage. Pour répondre à la question du paragraphe précédent, une telle installation prendra beaucoup plus de temps pour rentabiliser l'équipement de captage. Selon un consultant

énergétique, il faut multiplier par 4 le temps avant que le captage du CO<sub>2</sub> ne soit rentable, si une centrale tourne 2 000 h/an au lieu de 8 000 h/an ; il faut multiplier le temps par 16 si elle tourne 500 h/an.

*Les centrales à charbon ne tournent que 500 heures par an ?*

Oui. Par exemple, la centrale thermique de Porcheville<sup>19</sup> a tournée 500 heures en 2013 avec 28 démarrages qui correspondent à une moyenne de 17 heures par démarrage, équivalent à 20 jours de fonctionnement sur une année de 365 jours. En 2014, cette centrale va fermer deux tranches de production (sur un total de 4 tranches) car elle est toujours dans la surcapacité.

*Pourquoi avons-nous de moins en moins besoin des centrales thermiques en France ?*

D'abord, le développement des centrales éoliennes et solaires contrebalance la production thermique, « *ce n'est pas une surprise, c'est la tendance* ». De plus, les idées qui sont en train de se développer sur le stockage de l'électricité (stockage gravitaire de l'eau, hydrogène, méthanation, etc.) rendent les centrales thermiques encore moins utiles. Il est clair que si nous pouvons stocker massivement l'électricité produite par l'énergie nucléaire ou les énergies renouvelables pour enfin l'utiliser dans les heures de pointes, le besoin des centrales thermiques n'existera plus.

Le fait d'installer des équipements de captage du CO<sub>2</sub> sur une centrale qui fonctionne 1 000 h ou 500 h par an n'est pas une bonne idée. La capacité de captage du CO<sub>2</sub> d'une centrale doit être liée à sa puissance moyenne de fonctionnement, et non pas à sa puissance maximale.

#### **5.1.3.4. La réglementation**

Comme montré dans les paragraphes précédents, les entreprises n'auront pas de motivation économique pour développer un projet de gestion de CO<sub>2</sub>. Elles ne vont pas s'impliquer sauf si des réglementations les y obligent. Les décisions de recours à la technologie du CTSC sont donc fortement dépendantes des réglementations.

Nous pouvons voir l'exemple des NO<sub>x</sub> et SO<sub>x</sub>. Il y a 4 ans, les réglementations ont demandé aux entreprises du secteur de capter ces émissions. Les entreprises n'ont pas eu le choix, elles ont commencé à capter ces polluants malgré les investissements lourds. Si un jour, les réglementations exigent des entreprises qu'elles capturent le CO<sub>2</sub> sur les sites existants ou nouveaux, elles seront obligées de le faire.

*Est-ce qu'une telle réglementation va arriver en France ?*

Il s'agit d'un fort enjeu politique. En effet, le prix de l'électricité a déjà augmenté depuis quelques années, il paraît difficile de rajouter encore des coûts supplémentaires dus à la

---

<sup>19</sup> Porcheville est une commune du département des Yvelines, dans la région Île-de-France, en France.

contrainte CO<sub>2</sub>. Une réglementation d'interdiction des émissions de CO<sub>2</sub> ne peut arriver que si le gouvernement croit que la plupart des entreprises sont prêtes à développer la technologie de captage du CO<sub>2</sub>. La création d'une telle obligation n'est donc pas le premier pari en France.

Le secteur énergétique a d'abord un processus de localisation simple et clair, avec des facteurs de localisation traditionnellement bien identifiés. La nature de sa localisation est cohérente et pertinente avec son activité et son exploitation.

Bien que ce secteur soit le premier touché par les réglementations environnementales, d'après notre analyse, la gestion du CO<sub>2</sub> et la prise en considération de la technologie CTSC ne seront pas intégrées dans son processus de localisation en tant que critères de choix.

## **5.2. Industrie pétrole et gaz**

*« Il y a 10 à 15 % de raffineries en trop sur le marché européen. On a une tendance à désinvestir en Europe. On va plutôt investir vers les nouveaux lieux de consommation. »*

### **5.2.1. Décision de localisation**

Pour une localisation dans ce secteur, l'entreprise suit une logique simple de coût : tous les critères peuvent être traduits en coûts. Nous pouvons citer les critères les plus importants :

- le marché ;
- la synergie entre les différentes divisions du Groupe est un élément clé pour la localisation des sites ;
- le facteur logistique est très important : l'entreprise privilégie le port pour implanter ses sites de production.

Comme *« Il y a 10 à 15 % de raffineries en trop sur le marché européen. On a une tendance à désinvestir en Europe. On va plutôt investir vers les nouveaux lieux de consommation »*, il n'y a pas de projet d'implantation de nouveaux sites au niveau européen.

### **5.2.2. Caractéristiques du secteur vis-à-vis de la contrainte CO<sub>2</sub>**

L'industrie pétrolière, comme une raffinerie, est une industrie très lourde et grosse émettrice de CO<sub>2</sub>. Ce secteur est touché par une grande pression économique due au système des quotas. Mais il convient de répondre différemment aux trois questions suivantes :

- Est-ce qu'on va réduire les émissions de CO<sub>2</sub> ?
- Est-ce qu'on va appliquer la technologie du CTSC ?

- Est-ce qu'on localise ou délocalise en fonction du facteur du CTSC ?

La réponse de la première question est : *« Oui ! Le coût de CO<sub>2</sub> devient extrêmement important (à hauteur du bénéfice annuel du groupe). La gestion des émissions de CO<sub>2</sub> est totalement intégrée dans la gestion de l'entreprise (bilan carbone intégré dans tous les nouveaux projets de l'entreprise). »* Selon le calcul fait rapidement lors de l'entretien, l'interviewé indique que le coût supplémentaire envisagé pour le groupe est à hauteur du bénéfice annuel. Ceci dit la gestion du coût de CO<sub>2</sub> devient une mission extrêmement important dans la stratégie du groupe.

La réponse à la deuxième question est : *« C'est une option. »* Pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, ce secteur préfère développer l'efficacité énergétique. En Europe, les 10 premiers sites dans le secteur pétrolier peuvent tous sortir du système des quotas. Comme nous sommes dans la surproduction en Europe, si l'entreprise doit fermer des sites, elle va choisir les sites les moins performants en termes d'efficacité énergétique.

Il y a peu de chance de développer le CTSC au sein de l'usine (enquête) :

- la technologie est trop coûteuse ;
- le problème d'acceptabilité sociale doit être considéré ;
- ensuite, les émetteurs de CO<sub>2</sub> sont dispersés au sein d'un site de raffinerie (par exemple, il y a plus de 50 cheminées dans le site de la raffinerie Total au Havre) ;
- de plus, le *« CTSC est une option pour les secteurs où le CO<sub>2</sub> est concentré. »* En effet, actuellement, le traitement de CO<sub>2</sub> dilué coûte 10 fois plus cher que celui de CO<sub>2</sub> concentré.
- enfin, la technologie du CTSC, très consommatrice en énergie, n'est pas compatible avec le développement de l'efficacité énergétique. Si un site cherche l'excellence dans son efficacité, il va probablement abandonner l'idée du CTSC.

La réponse à la troisième question est : *« Ça rentre dans le calcul des coûts ! »*

### 5.2.3. Facteurs CO<sub>2</sub> et localisation

*« Le facteur du CTSC n'est pas encore dans la réflexion sur la localisation, et ne le sera pas à court terme. »*

Du point de vue d'une entreprise, les infrastructures de mutualisation de gestion du CO<sub>2</sub> mises en place par les collectivités locales seront intéressantes lors d'une localisation si ce service coûte moins cher que si l'entreprise le fait elle-même. Cependant, *« cette marge (éventuelle) ne sera jamais du même ordre de grandeur en termes d'enjeux pour l'industrie lourde. »* C'est-à-dire, *« toutes les aides locales sont marginales par rapport aux enjeux financiers liés aux captages. »* Par exemple, si un site de raffinerie émet 5 Mt de CO<sub>2</sub> par an, et si chaque tonne de CO<sub>2</sub> coûte 50 €<sup>20</sup>, le coût total lié à l'émission du CO<sub>2</sub> est

---

<sup>20</sup> Coût de l'ensemble des opérations du CTSC actuel.

donc 250 M€/an. Combien peut être absorbé par le territoire d'accueil ? Combien de subvention peut toucher l'entreprise ?

L'évolution de l'importance du facteur CO<sub>2</sub> est peu visible ; elle dépend de l'évolution de la réglementation et du prix du CO<sub>2</sub> sur le marché européen. Logiquement, si le prix du CO<sub>2</sub> à la tonne devient supérieur au coût pour capter et stocker une tonne de CO<sub>2</sub>, l'entreprise a intérêt à appliquer la technologie du CTSC. Cependant, ces deux chiffres ne sont pas encore comparables pour le moment<sup>21</sup>, et « *on n'est pas sûr que le prix de CO<sub>2</sub> augmente* ».

### 5.3. Industrie minérale

Dans ce secteur industriel, nous nous concentrons sur une activité qui est la plus motivée dans la recherche de la gestion du CO<sub>2</sub>, la cimenterie. La raison de ce choix sera présentée dans le paragraphe 5.3.2.

#### 5.3.1. Décision de localisation

Avant de comprendre la localisation et ses critères de choix, il convient d'abord de comprendre la logique industrielle de ce secteur. La chaîne logistique au sein d'une cimenterie peut être présentée comme suit :



Figure 5-3 : Prototype d'une chaîne logistique de l'industrie du ciment  
(MP : Matière première ; SF : Produit semi-fini ; PF : Produit fini)

La fabrication du ciment (PF) consiste en l'extraction puis la cuisson de calcaire et d'argile (les MP), produisant ainsi du clinker (SF), qui sera ensuite broyé finement avec du gypse et autres ajouts. Selon les différentes configurations géographiques, la production du clinker et la production du ciment peuvent se trouver dans des endroits différents. Dans ce cas, on a besoin de transporter le clinker. La procédure détaillée peut être illustrée Figure 5-4.

---

<sup>21</sup> Le prix du CO<sub>2</sub> par tonne en janvier 2014 est de 5 € (Desai et Alberola, 2014) et le coût pour capter et stocker une tonne de CO<sub>2</sub> est entre 50 et 100 € actuellement.

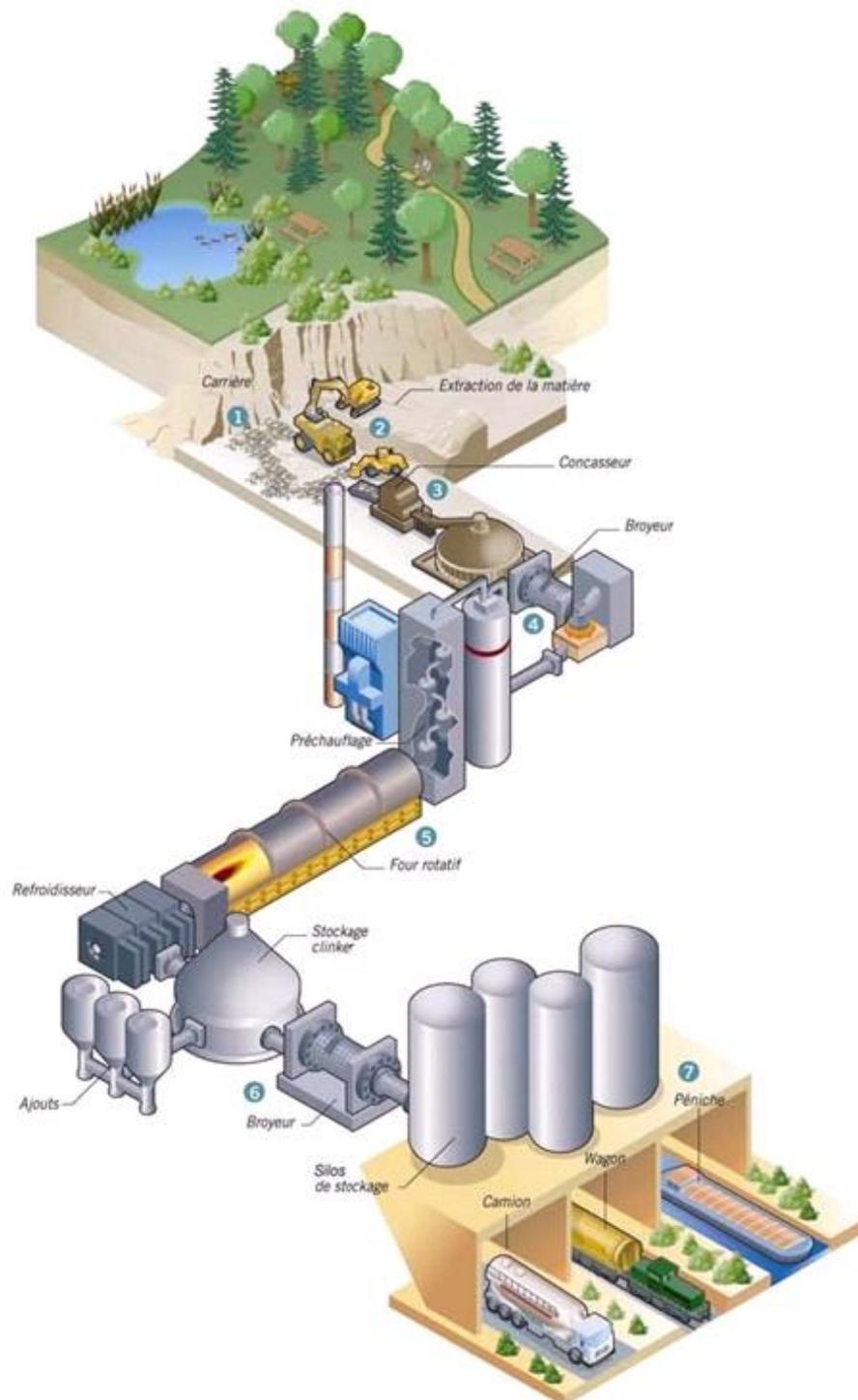


Figure 5-4 : Les étapes de la fabrication du ciment (le cas d'une usine intégrée)

(Source : From waste to resource: creating a sustainable industrial system (Tessier, Saint-Antonin et Mathieu, 2008))

Les matières premières, principalement le calcaire et l'argile, sont extraites de la carrière par abattage (1) puis transférées dans un dumper (2). Après concassage, elles sont transportées à l'usine par un tapis roulant (3) où elles sont stockées et homogénéisées. Un broyage très fin permet d'obtenir une farine crue (4), préchauffée puis passée au four (5) : une flamme à 2 000 °C porte la matière à 1 500 °C, avant qu'elle ne soit refroidie par soufflage d'air. Après cuisson, on obtient le clinker. Le clinker est broyé très finement avec

du gypse (6) pour obtenir du « ciment pur ». Des ajouts peuvent être insérés afin d'obtenir des ciments composés. Les ciments stockés dans des silos sont expédiés en sac ou en vrac vers leurs lieux de consommation. (Tessier, Saint-Antonin et Mathieu, 2008)

Selon cette chaîne, l'industrie minérale est caractérisée par :

- une partie de l'usine doit nécessairement s'implanter à proximité de la carrière pour l'extraction des matières premières ;
- le transport du ciment sur de longues distances est coûteux, ce qui augmente le prix du ciment ;
- l'industrie est très onéreuse, une nouvelle unité de production coûte plusieurs centaines de millions d'euros.

Pour que le coût rendu soit compétitif par rapport aux concurrents du marché, on doit minimiser le coût total, y compris la partie de la force de vente, le coût logistique et le coût de fabrication qui est relativement fixe. Pour maîtriser le coût, il faut absolument optimiser la chaîne logistique et un moyen de maîtriser la chaîne c'est d'être proche de son marché et de la source de matière première.

$$\text{Coût}_{\text{Total}} = \text{Coût}_{\text{vente}} + \text{Coût}_{\text{Logistique}} + \text{Coût}_{\text{Fabrication}}$$

Par conséquent, deux aspects sont essentiels lors d'une localisation :

- Le premier aspect dans la localisation d'une usine est la proximité de la source de matières premières, en l'occurrence le calcaire.
- Le deuxième aspect est que le site soit proche des consommateurs.

Ces deux aspects essentiels sont appliqués dans le processus de localisation de l'entreprise (cf. Figure 11-5).

Lors d'une localisation à l'échelle « macro », c'est-à-dire le choix d'un pays, du point de vue stratégique, la première étape est une analyse du marché. Dans cette étape, les facteurs sont les suivants.

- Le premier facteur est la taille du marché et son évolution, dans les années qui viennent, en besoin de ciment dans le pays.
- Le deuxième facteur est l'équilibre offre-demande. C'est-à-dire quelles sont la production locale et les importations dans ce pays. Cela a un impact important sur les prix.
- Le troisième facteur est la structure du marché, c'est-à-dire combien de concurrents, de quels types et implantés où ?
- Le quatrième facteur est le marché des additifs pour la fabrication du ciment.
- Le cinquième facteur est la présence de clients dominants (*power buyers*) sur le marché, qui peuvent faire pression sur le prix que l'entreprise peut pratiquer.

- Enfin, la stabilité d'un pays d'un point de vue politique, économique, etc.

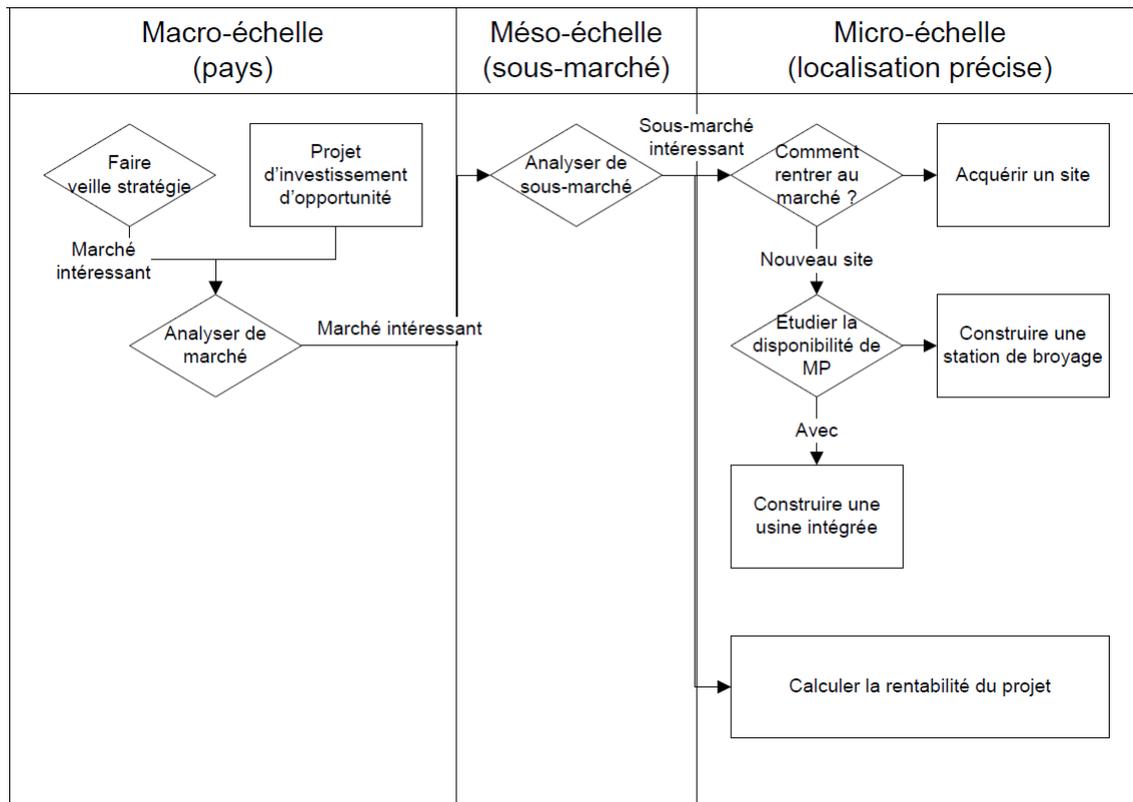


Figure 5-5 : Processus de localisation d'une cimenterie

Il est à noter qu'il y a deux situations qui peuvent déclencher une telle analyse du marché : la veille stratégique et le projet d'investissement d'opportunité.

Ensuite, on refait l'analyse du marché à une échelle plus petite « méso-échelle », au niveau du sous-marché. Dans les différentes régions d'un pays, les croissances de marché du ciment ne sont pas homogènes.

Il est à noter que sur l'échelle « micro-échelle », l'entreprise cherche une localisation précise et elle envisage une implantation. C'est un niveau plutôt technique que stratégique. Le point à étudier est : comment l'entreprise entre sur ce marché ? Est-ce qu'il est mieux de construire une nouvelle usine ou d'acquérir un concurrent qui est déjà sur place ? L'entreprise regarde également les sources de matières premières sur place. Il s'agit de réaliser une étude géologique pour savoir où sont localisées les couches de calcaire et d'évaluer la durée de la ressource. S'il n'y a pas de calcaire sur place, on ne peut qu'implanter une station de broyage et importer du clinker. Si la source de clinker est lointaine, la localisation de cette station de broyage est plutôt dans un port, le clinker étant importé économiquement par voie maritime.

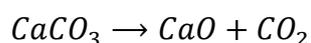
Parallèlement, l'entreprise calcule la rentabilité financière du projet. La cimenterie est une industrie très onéreuse, c'est plusieurs centaines de millions d'euros pour une nouvelle usine. C'est pourquoi les calculs économiques sont importants. Ces calculs

prennent en compte tous les coûts : le coût d'utilisation (acquisition ou location) du terrain, le coût d'acquisition des réserves de matières premières, les coûts fixes et variables de production, etc.

A contrario, la décision de fermer un site est également basée sur la demande et le marché. Si le marché n'existe plus, l'usine sera fermée. Il n'est pas possible de délocaliser l'ensemble de la production pour desservir le même marché.

### 5.3.2. Caractéristiques du secteur vis-à-vis de la contrainte CO<sub>2</sub>

Avec sa procédure de production, les cimenteries produisent naturellement du CO<sub>2</sub> en forte quantité dans la réaction chimique de fabrication :



1 kg de ciment émet :

- 0,393 kg eq CO<sub>2</sub> décarbonatation et
- 0,262 kg eq CO<sub>2</sub> combustion

Soit un total de 0,655 kg eq CO<sub>2</sub>. (Construction Carbone, 2009)

En pratique, une tonne de ciment vaut 60 €. Une tonne de ciment génère une tonne de CO<sub>2</sub>. Donc s'il faut 50 € pour capter et stocker une tonne de CO<sub>2</sub>, on rajoute 50 € à 60 € dans le coût de revient. Une cimenterie qui se trouve avec des surcoûts de ce type-là ferme immédiatement, la faillite. « Ça dure 3 jours, une semaine, je ne sais pas, ça ne peut pas durer très longtemps. » Le business modèle n'existe donc pas.

### Comparaison du coût du CO<sub>2</sub> de la cimenterie par rapport aux autres industries

La charge liée au carbone de 17 €/tCO<sub>2</sub><sup>22</sup> représenterait en moyenne 0,7 % de la valeur ajoutée (VA) des industries (hors branche énergie) comme l'indique la Figure 5-6. Cette charge supplémentaire pourrait représenter 2,6 % de l'excédent brut d'exploitation du secteur industriel (MEDDE, 2010).

Cependant, ce chiffre cache des disparités catégorielles importantes : la charge carbone pourrait représenter 15,4 % de la valeur ajoutée pour la fabrication de produits azotés et d'engrais, 10,4 % pour la sidérurgie, 6,3 % pour la chimie minérale, 5,9 % pour la fabrication de plâtre, chaux et ciment. Les disparités sont encore plus importantes lorsqu'on analyse les résultats par secteur. Le secteur « fabrication du ciment » aurait à payer une contribution carbone correspondant à une part très importante de leur valeur ajoutée, soit 6,7 %. (MEDDE, 2010)

---

<sup>22</sup> Une hypothèse pour réaliser les études du MEDDE en 2010.

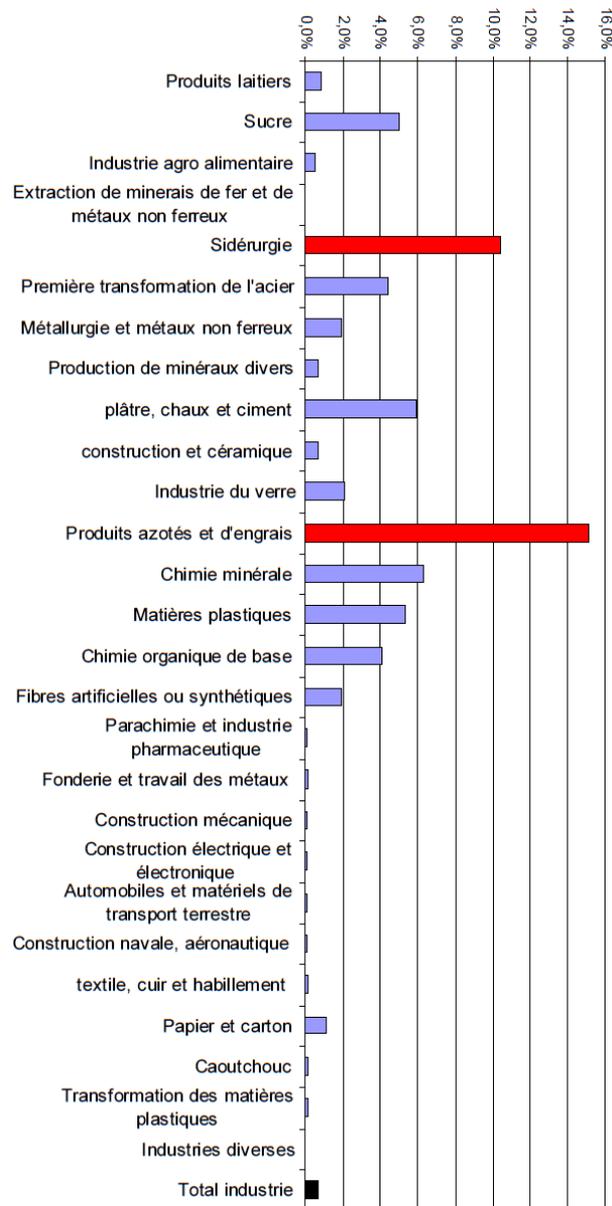


Figure 5-6 : Contribution sur le contenu carbone des combustibles fossiles hors matières premières en % de la Valeur Ajoutée (Sources : MEDDE (MEDDE, 2010))

Pour la cimenterie, bien que la problématique du CO<sub>2</sub> soit relativement récente dans ce secteur, elle devient rapidement très importante à cause de la proportion du coût supplémentaire dans la valeur ajoutée.

Les principales stratégies pour la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> sont d'utiliser des combustibles alternatifs et d'optimiser les processus émetteurs de CO<sub>2</sub> (en utilisant moins de clinker et plus d'additifs qui sont moins émetteurs de CO<sub>2</sub>).

### 5.3.3. Facteurs CO<sub>2</sub> et localisation

« La logique de CO<sub>2</sub> intervient très loin dans l'arbre de décision de localisation. »

Une fois que nous avons compris la logique de la localisation de l'industrie cimentière, nous allons identifier le rôle du facteur CO<sub>2</sub> dans ce processus.

Les solutions pour la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> sont plutôt appliquées dans la phase d'exploitation mais pas dans la phase d'implantation.

Lors d'une étude de localisation, le facteur CO<sub>2</sub> participe dans chaque calcul de la rentabilité financière du projet. Il n'est pas un facteur discriminant, mais un facteur économique comme le coût d'acquisition de terrain, le coût d'acquisition de réserve, les coûts fixes et variables de production, etc.

En outre, cette problématique ne concerne pas toutes les régions ni tous les pays. Aujourd'hui, l'essentiel des pays dans lesquels une cimenterie est présente se trouvent dans des pays en voie de développement<sup>23</sup>, dans lesquels on n'a pas encore cette contrainte de CO<sub>2</sub>. Les zones dans lesquelles le critère de CO<sub>2</sub> pourrait intervenir dans la décision sont les zones qui sont déprimées du point de vue du marché<sup>24</sup>. La France est un marché équilibré. L'entreprise interviewée n'a pas de projet de nouvelle usine en France.

De plus, même en Europe, les cimenteries ne sont pas vraiment réglementées vis-à-vis du CO<sub>2</sub>. Les risques de délocalisations ne sont pour l'instant que peu ou pas avérés. Les secteurs (principalement les secteurs de la chimie, du ciment et de la sidérurgie) qui font face à une forte concurrence internationale ont donc réclamé l'octroi de quotas gratuits (Cheneviere, 2009 ; Leguet, 2011). « Ces secteurs pourront bénéficier de 100 % de quotas gratuits si leurs installations sont les moins polluantes de leur secteur. » (Le Monde, 2012)

Voici quelques données publiques de l'usine du Havre Saint Vigor de l'entreprise Lafarge.

Tableau 5-1 : Émission de CO<sub>2</sub> de l'usine du Havre Saint Vigor de l'entreprise Lafarge  
(source : iRep (MEDDE, s. d.))

Polluant	Unité	2008	2009	2010	2011	2012
CO <sub>2</sub> Total	kt/an	779	802	568	580	636

Tableau 5-2 : Montants de quotas affectés pour les années 2013 à 2020  
à l'usine du Havre Saint Vigor de l'entreprise Lafarge  
(Source : Arrêté du 24/01/14 (MEDDE, 2014))

Unité	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
kt/an	666	654	642	631	619	607	594	582

Si nous comparons le Tableau 5-1 et le Tableau 5-2, nous constatons que les quotas affectés gratuitement pour ce site de production sont pratiquement cent pour cent. Ceci

<sup>23</sup> Exemple : 72 % de chiffre d'affaires de l'entreprise Lafarge est hors Europe en 2012. (Lafarge, 2013)

<sup>24</sup> Exemple : En Espagne, le chiffre d'affaires de l'entreprise Lafarge a baissé de 15 %. (Lafarge, 2012)

prouve que le CO<sub>2</sub> n'est pas encore une contrainte pour cette cimenterie, que ce soit dans sa localisation ou dans son exploitation, au moins jusqu'en 2020.

*Et après 2020, la contrainte de CO<sub>2</sub> sera-t-elle plus sévère pour les cimenteries ?*

La réponse est probablement non. Aujourd'hui, malgré une réglementation tolérante pour ce secteur, des alternatives moins coûteuses apparaissent.

La plupart du CO<sub>2</sub> émis dans la procédure de fabrication est produit dans la préparation du clinker. Autrement dit, si l'on délocalise sa production dans des pays où il y a moins de contraintes environnementales, on contourne le problème du CO<sub>2</sub>. Sur le Port du Havre, deux projets de centres de broyage de clinker importé de pays où la main d'œuvre est moins chère, sont en passe de voir le jour. (Goasguen, 2012)

Il est donc très difficile de réglementer ce secteur même dans le futur. Les réglementations locales sur un marché international sont sans doute une mauvaise idée d'un point de vue économique.

## **5.4. Industrie déchets et traitements**

Il convient de distinguer deux types de « traitements » des déchets d'un point de vue des émissions de CO<sub>2</sub> : les « sites de stockage » et les « usines d'incinération ».

### **5.4.1. Décision de localisation**

Ces sites sont créés pour traiter les déchets d'une zone en particulier. La règle est que les déchets doivent être traités au plus près du lieu de production. La problématique de localisation ou délocalisation n'est donc pas du tout similaire à celle d'une industrie de production. Un projet de création d'un nouveau site de traitement de déchets est souvent initialisé par des collectivités locales. Parfois, ces dernières sont même le propriétaire et/ou l'exploitant du site. Il n'y a donc pas de problème de localisation.

Les facteurs critiques de localisation sont :

- un emplacement qui répond aux contraintes réglementaires ;
- la proximité des habitations ;
- la voie d'accès.

Tous les autres critères sont accessoires.

Il ne s'agit donc pas d'un choix entre les pays, ni entre les régions, mais plutôt d'un endroit dans une zone géographique définie, où il y a un besoin d'un site de traitement de déchet. Autrement dit, dans ce secteur, un processus de localisation n'existe pas vraiment.

#### 5.4.2. Caractéristiques du secteur vis-à-vis de la contrainte CO<sub>2</sub>

Pour les sites de stockage des déchets, une fois que le site est implanté, l'entreprise essaie de trouver des moyens d'optimiser les émissions des GES. Ces moyens sont généralement :

- la valorisation de CH<sub>4</sub> pour la cogénération de l'électricité ;
- la valorisation de chaleur produite par le moteur pour traiter les eaux polluées ;
- comme la majorité du CO<sub>2</sub> émis par l'entreprise est dû au transport par camion des clients, il faut bien choisir le barycentre et la multimodale ;
- l'amélioration de l'efficacité énergétique.

Les incinérateurs sont des émetteurs importants de CO<sub>2</sub> (ils représentent 6,25 % des émissions en France en 2012 (MEDDE, s. d.). Émettant environ une tonne<sup>25</sup> de CO<sub>2</sub> à l'atmosphère pour chaque tonne de déchets incinérés, des solutions devront être envisagées.

#### 5.4.3. Facteurs CO<sub>2</sub> et localisation

*« La problématique carbone aujourd'hui, dans le choix d'un site, pour notre type d'industrie, c'est un critère secondaire. »*

*« La technologie du CTSC présente un coût énorme, ça peut intéresser les grandes industries comme la raffinerie. Par contre, développer un projet avec des pilotes et subventions pour connaître les coûts et bénéfices est forcément intéressant. »*

### 5.5. Industrie chimique et parachimique

C'est un secteur industriel qui conditionne des produits issus de l'industrie chimique sous une forme utilisable par le consommateur final ou par une industrie spécifique. Les produits ainsi élaborés sont fonctionnels. Il existe une très grande variété de produits finaux, ce qui en fait un secteur très hétérogène.

Tandis que certains produits parachimiques sont directement conditionnés pour l'utilisation finale et ne seront plus transformés (par exemple produits phytosanitaires, peintures décoratives, explosifs et colles), d'autres (huiles essentielles, encres d'imprimerie, additifs pour ciments ou bétons, huiles de lubrification, etc.) s'intègrent dans la fabrication en aval d'industries très diverses : agroalimentaire, emballage, etc.

#### 5.5.1. Décision de localisation

Les entreprises interviewées sont les usines de fabrications qui se situent principalement au Havre. La mission de ces usines est de fabriquer des produits chimiques de différentes

---

<sup>25</sup> 1,08 tonne de CO<sub>2</sub> émises pour une tonne de déchets incinérés à l'entreprise Sedibex (Sedibex, 2013).

familles. La décision de localisation est faite au niveau du siège du groupe situé à l'étranger, comme aux États-Unis.

Lorsqu'une entreprise est en extension, elle a le choix parmi ces trois démarches :

- racheter des usines de production appartenant à d'autres entreprises ;
- faire l'extension d'un site ;
- créer un nouveau site.

Les nouveaux projets de localisation de sites se trouvent dans des pays où le prix du combustible (comme le gaz naturel) est moins élevé et les contraintes en termes de sécurité pour les populations vivant aux alentours plus faibles. En Europe, il est parfois difficile d'obtenir un permis de construire et l'arrêté d'autorisation. De plus, le nouveau site doit être proche de ses marchés, car les prix et les contraintes environnementales liées aux transports sont de plus en plus difficiles. Par exemple, pour les raisons mentionnées, les projets d'implantation des nouveaux sites sont plutôt en Chine actuellement.

Quant à la délocalisation, une partie de l'usine ressemble à une raffinerie<sup>26</sup>, c'est une industrie très lourde, c'est « *une activité très peu mobile, pas question de se bouger* ». La question de délocalisation ne se pose donc pas chez eux. L'entreprise a souligné également le cycle de vie de leurs installations : des éléments des installations sont renouvelés en permanence. C'est-à-dire que l'usine est toujours en train de se moderniser. La durée de vie d'une usine n'est donc pas limitée par des installations obsolètes.

### **5.5.2. Caractéristiques du secteur vis-à-vis de la contrainte CO<sub>2</sub>**

Les sites qui participent à notre recherche sont des émetteurs de CO<sub>2</sub> relativement petits (200 à 500 kt d'émission par an), et ils ne sont pas tous soumis au système des quotas<sup>27</sup>.

L'entreprise C-4 ne semble pas trop souffrir des contraintes relatives aux émissions de CO<sub>2</sub> en 2012. Cependant, avec le durcissement des règles à partir de 2013 elle prévoit tout de même d'allouer entre 3 et 4 millions d'euros afin de payer les taxes supplémentaires (un calcul rapide prévoit 6 à 8 € de coût supplémentaire pour 500 kt de CO<sub>2</sub>). L'entreprise a signalé que si ce montant arrive à 10 M€, elle doit fermer. L'enjeu économique lié au CO<sub>2</sub> est donc vital pour elle.

Le CO<sub>2</sub> est émis par les chaudières dans l'usine, après la combustion du gaz naturel. Ces émissions sont à la fois dispersées et diluées. Il est donc très difficile et coûteux pour capter le CO<sub>2</sub> dans ces sources.

---

<sup>26</sup> L'entreprise codée C-3.

<sup>27</sup> Si leurs installations produisent moins de 20 MW selon la réglementation.

Par conséquent, pour les entreprises qui ne sont pas soumises au système des quotas, il n'y a généralement pas d'opérations de CTSC prévues ; pour les entreprises soumises au système des quotas, la solution de la technologie du CTSC est considérée comme une solution « *palliative avec risque* », les entreprises hésitent à y investir.

L'autre raison pour laquelle les entreprises de ce domaine ne veulent pas participer à ces projets est qu'elles ne veulent pas payer deux fois pour l'environnement : une fois par les taxes et une fois en participant à des projets environnementaux. Cependant, l'entreprise est d'accord pour payer une taxe environnementale car pour elles, la logique « pollueur payeur » est correcte.

En effet, l'intérêt de l'entreprise pour la technologie du CTSC dépend de l'intérêt économique qu'elle peut y trouver. Comme l'a dit l'un des interlocuteurs, l'entreprise est ouverte aux innovations permettant le développement durable mais pas à n'importe quel coût.

Une infrastructure commune de CTSC sera intéressante si elle permet à l'entreprise de réaliser des économies. Il apparaît indispensable de définir « qui paie quoi ? » dans le projet. Malgré les subventions et les aides éventuelles de la part des acteurs locaux ou de l'État, l'entreprise va sans doute payer l'équipement de captage, la partie d'accès au réseau, l'utilisation du réseau et les coûts de fonctionnement. Si on peut s'inspirer de l'expérience de la fermeture de l'usine Millenium du Havre en 2008, nous constatons que l'importante subvention donnée au départ (40 % pour 30 M€) n'a pas pu assurer l'équilibre économique d'exploitation.

Pour avoir une vue prospective sur l'évolution du prix du CO<sub>2</sub> sur le marché, les intervenants ne pensent pas, dans le contexte économique actuel, qu'il y aura des réglementations très contraignantes sur le CO<sub>2</sub>, parce que les contraintes environnementales ne sont pas internationales contrairement au marché.

#### **5.5.2.1. Utilisateurs de CO<sub>2</sub>**

Il est à noter que ces entreprises sont elles-mêmes utilisatrices de CO<sub>2</sub>. Par contre, globalement, elles ne consomment pas autant qu'elles émettent. Cependant, ces entreprises ne captent pas le CO<sub>2</sub> qu'elles produisent. Elles l'achètent au marché. Ceci dit qu'il est plus intéressant, en termes économiques, d'acheter le CO<sub>2</sub> que d'installer des équipements pour le capter actuellement.

#### **5.5.2.2. Producteur du CO<sub>2</sub>**

Dans ce secteur, il convient de souligner que certains sites sont des producteurs de CO<sub>2</sub>. Ils génèrent le CO<sub>2</sub> pratiquement pur comme coproduit. Nous prenons ici l'entreprise codée C-4 comme référence. Cette entreprise fabrique des engrais à destination du secteur agricole. Cette procédure industrielle induit la fabrication d'urée, d'ammoniac et de coproduits du CO<sub>2</sub> (environ 500 kt/an) (cf. Figure 5-7).

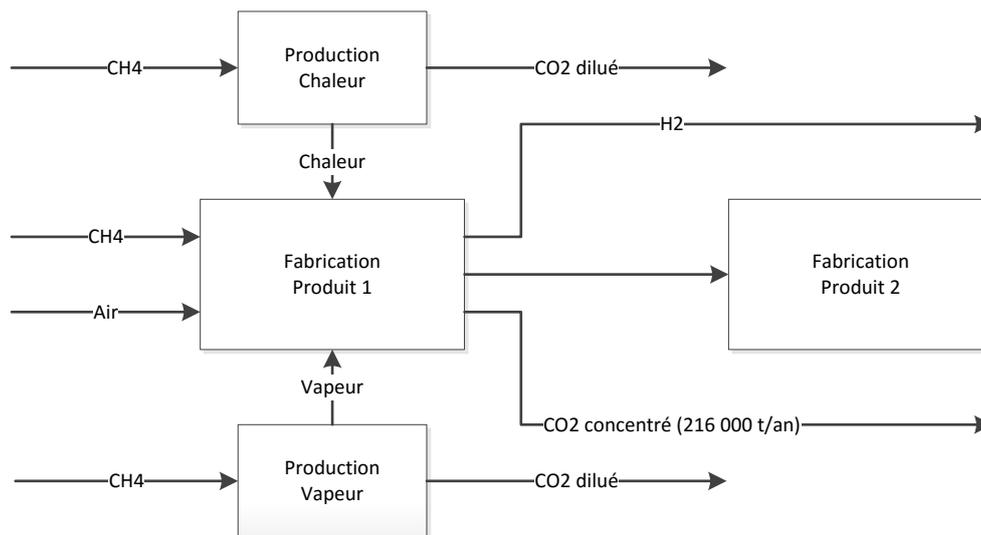


Figure 5-7 : Procédure de production de l'entreprise C-4

Les matières premières de l'usine sont simples à obtenir. Elle n'a besoin que de gaz naturel ( $\text{CH}_4$ ), d'air et d'eau. Comme dans les autres usines industrielles, le  $\text{CO}_2$  issu de la production de la chaleur et de la production de la vapeur est difficile à récupérer car dilué (d'environ 350 000 t en 2010). Mais la particularité de cette usine est que le  $\text{CO}_2$  issu de la fabrication du Produit 1 est facile à purifier (216 000 t en 2010) car concentré. Il est dans certains sites de production en Europe revendu à des entreprises du secteur agro-alimentaire (Coca-cola, les serres entre autres), après la liquéfaction.

Dans ce contexte, l'entreprise préfère parler de la « réutilisation » que du « stockage » du  $\text{CO}_2$ . Elle a un grand potentiel d'écologie industrielle en termes de  $\text{CO}_2$ . Parmi les coproduits de cette entreprise, nous avons constaté que le  $\text{CO}_2$  concentré issu de la procédure (200 kt de  $\text{CO}_2$  par année, facilement récupérable) était relâché dans l'atmosphère. Or ce gaz pourrait être valorisé notamment auprès des entreprises pétrochimiques qui utilisent du  $\text{CO}_2$ .

### 5.5.3. Facteurs $\text{CO}_2$ et localisation

Selon ces entreprises, l'attractivité d'un territoire sera sûrement augmentée avec une l'infrastructure de CTSC. Parce que cette dernière facilitera la gestion des émissions de  $\text{CO}_2$  de ces entreprises et, souvent, une gestion mutualisée est moins chère que les gestions individuelles.

Cependant, « le facteur  $\text{CO}_2$  ne sera pas un critère de localisation. »

## **5.6. Industrie sidérurgique**

### **5.6.1. Décision de localisation**

« *On n'a pas construit d'usines sidérurgiques récentes en Europe depuis 40 ans.* » La dernière usine du groupe interrogé a été construite en France en 1973. Il y avait un projet d'implantation au Havre, mais ce projet ne s'est pas concrétisé.

Les nouvelles usines sidérurgiques sont construites dans les pays où il existe une croissance de marché, comme la Chine où il y a 100 Mt d'acier par an de croissance, ou d'autres pays émergents tels que l'Inde, l'Indonésie, la Brésil, etc. En revanche, dans la plupart des pays industrialisés depuis longtemps, la demande d'acier est constante. Nous pouvons noter que le premier facteur de localisation du secteur est le marché : « *On construit des usines en fonction de la croissance du marché.* »

Ensuite, il y a un deuxième facteur : l'usine construite doit être à proximité de l'arrivée des matières premières. Pour faire une tonne d'acier, il faut 1 à 6 tonne de minerai. Ce qui demande une bonne performance logistique en amont et des outils logistiques très puissants. En conséquent, la nouvelle usine se place soit sur un port pour acheminer les matières premières par bateau, soit à proximité du chemin de fer comme au Brésil.

En même temps, les sites des hauts-fourneaux sont régulièrement améliorés, c'est-à-dire que les remplacements des pièces usées se font périodiquement. Une telle usine n'a donc pas une fin de vie prévue. Comme il n'y a pas des nouveaux besoins, le problème de localisation ne se pose pas dans ce secteur.

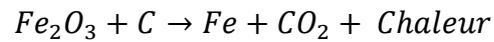
### **5.6.2. Caractéristiques du secteur vis-à-vis de la contrainte CO<sub>2</sub>**

Ce secteur est un émetteur de CO<sub>2</sub> important, ; plusieurs moyens sont mis en place pour réduire ces émissions.

La consommation énergétique a déjà été réduite dans les 50 dernières années dans ce secteur. Depuis 40 ans, 60 % de la consommation de l'énergie a été économisée. Maintenant, il ne reste plus beaucoup de marge de progrès (de 5 à 10 % au maximum) à réaliser. À l'heure actuelle, tous les moyens d'abattement économiques sont utilisés, il reste des moyens qui sont problématiques en termes de rentabilité. Les 5 à 10% de marges énergétiques sont les plus chers à atteindre.

Le recyclage est un autre moyen important pour ce secteur. Aujourd'hui, nous pouvons considérer que 90 % de l'acier qui arrive en fin de vie sera recyclé. C'est-à-dire aussi qu'on est très proche de l'optimum. Pour recycler les derniers 10 % d'acier, le coût devient très rapidement trop élevé. Le secteur ne peut pas faire beaucoup de progrès sur cette approche non plus.

La sidérurgie n'utilise pas des énergies nouvelles. Elle utilise du charbon, non seulement pour ses propriétés énergétiques pour chauffer le haut-fourneau à 1 500 °C, mais aussi comme le réactif chimique. Sur le plan énergétique, le système est très optimisé.



Pour la sidérurgie, si elle veut encore réduire ses émissions, il ne reste qu'un seul moyen, le CTSC.

Contrairement à tous les autres secteurs industriels, la particularité de la technologie du CTSC dans le secteur de la sidérurgie est que le captage du CO<sub>2</sub> dans un haut-fourneau permet de réduire sa consommation d'énergie de plus de 25 %.

Dans un haut-fourneau classique, on injecte de l'air, du charbon (carbone), du minerai de fer. Au sommet, les matières sortantes sont de l'azote, du CO<sub>2</sub> et du CO. La quantité de CO<sub>2</sub> est identique à la quantité de CO. Ce mélange de sortie est un combustible. Comme illustré Figure 5-8, dans une usine sidérurgique normale, on brûle ce combustible dans une chaudière de centrale thermique.

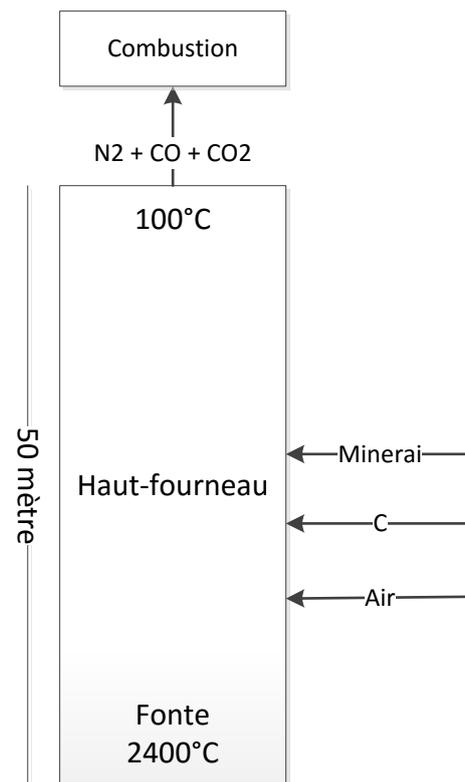


Figure 5-8 : Fonction d'un haut-fourneau classique sans système de captage du CO<sub>2</sub>

Dans un nouveau système de haut-fourneau avec un système de captage du CO<sub>2</sub> (cf. Figure 5-9), ce gaz combustible peut être récupéré et réinjecté dans le haut-fourneau après avoir séparé le CO<sub>2</sub> grâce au système de captage du CO<sub>2</sub>. De plus, de l'O<sub>2</sub> pur est injecté à la place de l'air, il y aura donc plus d'azote dans la boucle. Après le captage, il ne reste que du CO. Tous le CO en sortie va être réinjecté dans le haut-fourneau.

Globalement, le carbone tourne en boucle dans ce nouveau système qui ne peut sortir que les molécules de CO<sub>2</sub>. Le carbone est donc intégralement utilisé. Nous comparons avec le système où le carbone est utilisé pour moitié dans le haut-fourneau et pour moitié dans une chaudière pour produire de l'électricité. Ce nouveau système, sachant que le haut-fourneau est bien plus efficace par rapport à une chaudière, économise 25 % de coke. De plus, comme on peut consommer 25 % de carbone en moins, dès le départ, il y a 25 % de CO<sub>2</sub> qui ne sera pas produit.

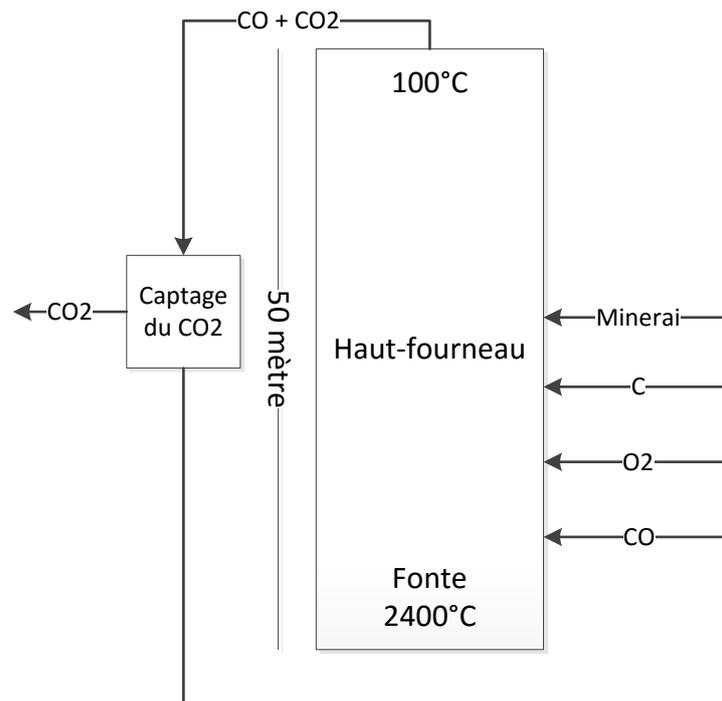


Figure 5-9 : Fonction d'un haut-fourneau avec système de captage du CO<sub>2</sub>

Cependant, cet avantage énergétique ne suffit pas pour inciter l'entreprise à s'engager dans des projets de CTSC. Parce qu'il faut comparer ce gain en quantité de coke avec l'investissement des équipements de CTSC. Actuellement, le prix du coke n'est pas assez élevé pour rentabiliser ce type d'équipement en un temps suffisamment court. Dans l'entreprise, les projets d'investissement sur les équipements qui permettent d'améliorer l'efficacité d'énergie doivent être rentabilisés dans deux ans. Cependant, un haut-fourneau avec le système de captage de CO<sub>2</sub> se rentabilise dans 15 ans.

« Bien que tout le monde parle d'un business modèle pour le CTCS, aujourd'hui, il n'y a pas de business modèle. » Tous les calculs montrent que l'entreprise perd de l'argent à appliquer cette technologie, sachant qu'aucune entreprise ne peut se permettre de perdre de l'argent. « On ne dépense pas 750 M€ pour faire un geste écologique. »

Une tonne d'acier c'est deux tonnes de CO<sub>2</sub> produit. L'acier vaut entre 600 et 1 000 € la tonne. Selon les publications actuelles, si on imagine qu'un coût du CTSC est de 50 € à la

tonne, il faut y ajouter 100 € à la tonne d'acier. C'est donc de l'ordre de 15 % dans le prix total. *« C'est considérable, c'est absolument des sommes considérables. »*

Aucune entreprise ne peut accepter des surcoûts de cet ordre-là simplement pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub>. Alors évidemment, l'argument qui est mis en avant est qu'à un moment donné, le prix du CO<sub>2</sub> sera suffisamment élevé pour que ça devienne attractif. Mais en ce moment, on assiste à des coûts de CO<sub>2</sub> qui baissent. Comme au moment de l'entretien, le prix du CO<sub>2</sub> sur le marché est environ 10 €/tonne, l'interviewé pense que l'évolution du prix du CO<sub>2</sub> n'est pas du tout dans le sens attendu et nécessaire et qu'il n'augmentera pas. *« Il n'y a aucun business modèle pour justifier ce genre de chose compte tenu du contexte économique actuel y compris le prix du CO<sub>2</sub>. Et on ne voit pas quand et pourquoi le prix du CO<sub>2</sub> augmenterait sauf à faire des interventions particulières sur le marché du CO<sub>2</sub>. »* Pour l'instant, personne n'a une vision claire sur l'évolution du prix du CO<sub>2</sub>. C'est donc extrêmement difficile pour ce secteur d'avoir un plan ou une feuille de route sur le développement de cette technologie.

Les applications de CTSC ne seront possibles que si le prix de CO<sub>2</sub> est suffisamment élevé. Même si le prix du CO<sub>2</sub> était suffisamment élevé, cette logique économique ne suffirait pas pour résoudre le problème. Si ce surcoût existe en Europe mais pas aux États-Unis, le prix de l'acier aux États-Unis va devenir moins cher.

### **5.6.3. Facteurs CO<sub>2</sub> et localisation**

Si le prix du CO<sub>2</sub> devient suffisamment élevé, la proximité de stockage du CO<sub>2</sub> sera un atout d'un territoire. Même s'il n'y pas de projet pour les nouvelles usines, les usines existantes peuvent se retrouver avec une hiérarchie de prix de revient du fait de la présence d'une capacité de stockage. Ceci dit, s'il faut dans le futur fermer des unités de production, l'entreprise commence par les unités où le prix de revient est le plus élevé.

De toute manière, le CTSC n'est viable que si les règles étaient les mêmes dans le monde entier ou si une taxe aux frontières était mise en place. Sinon, il y aura des fuites carbone, les usines seront fermées, et on construira des unités de production en-dehors de l'Europe.

Certaines entreprises qui sont dans la concurrence internationale peuvent avoir des droits d'émissions jusqu'en 2020. Mais ensuite, toutes les entreprises devront acheter les droits ou baisser leurs émissions.

Pour les grandes entreprises internationales, la délocalisation n'est pas un vrai problème, elles peuvent produire en Europe mais aussi en Asie ou d'ailleurs, bien qu'elles doivent s'occuper des transports. *« Très sincèrement, c'est une vraie option. C'est quelque chose qui peut être réellement produit. »*

Quant à l'attractivité d'un territoire équipé d'une infrastructure de CTSC, nous pouvons noter deux points :

- Ça dépend de l'évolution du prix de CO<sub>2</sub> ;
- Le groupe n'a jamais fait le calcul du coût d'une délocalisation au sein de l'Europe (par exemple, un site part de Lorraine pour arriver au Havre).

## **5.7. Autres secteurs industriels**

Les autres secteurs industriels comme la métallurgie au Havre ont généralement :

- des émissions de CO<sub>2</sub> faibles ;
- des émissions de CO<sub>2</sub> dues aux chaudières au gaz naturel.

Ces entreprises sont très peu mobiles, elles n'envisagent pas de se délocaliser. La décision de localisation est :

- prise par le siège du groupe, généralement aux États-Unis ;
- basée sur le marché.

La technologie du CTSC, selon les responsables interviewés :

*« Ça n'a rien à voir avec la localisation. » -- un responsable HSE*

## **5.8. Industries qui se localisent sur le territoire du Havre**

À ce jour, peu de sites (émetteurs de CO<sub>2</sub>) sont en train de s'implanter au Havre. Cependant, les cas suivants peuvent être intéressants pour comprendre la motivation du choix.

### **5.8.1. L'entreprise LH-1**

L'entreprise LH-1 a localisé sa dernière unité de production du secteur biochimie au Havre avec un investissement de 30 M€. Elle est soumise au système de quotas CO<sub>2</sub> et les émissions principales sont issues de sa chaudière. Trois sites implantés dans les 5 dernières années dont deux en Allemagne et un au Havre.

### 5.8.1.1. Décision de localisation

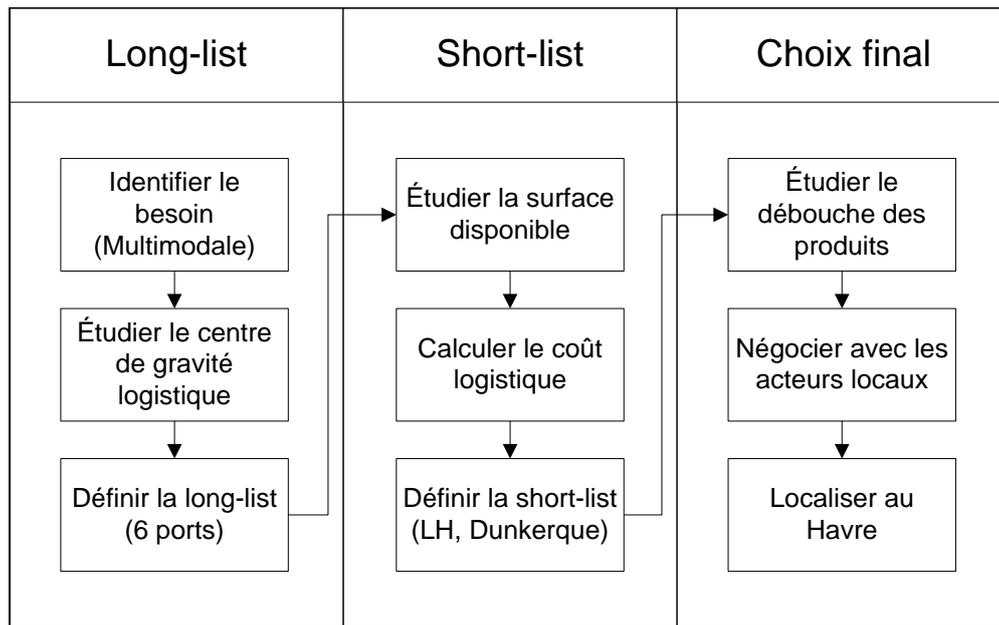


Figure 5-10 : Processus de localisation de l'entreprise LH-1

« La localisation au Havre est pour une meilleure approche logistique » - Le DG du groupe.

Pour l'entreprise, le premier facteur de localisation est clairement « logistique ». L'entreprise veut s'implanter dans une zone multimodale et sur le centre de gravité de l'ensemble des activités du groupe. Lorsqu'elle regarde simultanément le flux d'approvisionnement et le flux de distribution, le centre de gravité de ce réseau logistique est à l'ouest de la France. Six ports de l'ouest sont rapidement définis comme les premiers candidats dans la *long-list*.

Cependant, certains ports sont saturés en termes de place disponible. Après une étude sur la disponibilité du terrain et le coût logistique, l'entreprise a choisi Le Havre et Dunkerque dans la *short-list* pour poursuivre le processus. Enfin, Le Havre a gagné le projet parce que premièrement, les produits en partent plus facilement. En effet, les clients de ce site de production sont principalement les trois raffineries le long de la Seine et la Grande-Bretagne. Deuxièmement, ce projet d'implantation est très bien accompagné par les acteurs locaux havrais.

Un autre facteur mentionné lors de l'entretien est la fiscalité. À l'époque, l'Allemagne est beaucoup plus intéressante car les produits finis ont été entièrement défiscalisés. Mais aujourd'hui, l'Allemagne a réduit cet avantage par rapport aux autres pays européens comme la France. C'est aussi pour cette raison que l'entreprise a choisi la France pour son nouveau site.

### **5.8.1.2. Caractéristiques vis-à-vis de la contrainte du CO<sub>2</sub>**

Une approche d'écologie-industrielle est appliquée dans la gestion des émissions de CO<sub>2</sub>. Concrètement, l'entreprise a tenté de sous-traiter la production de chaleur pour éviter de construire une chaudière qui consomme du gaz naturel.

Cependant, cette initiative de sous-traitance n'a pas abouti à cause des règles d'urbanisme. En effet, le DREAL a refusé que LH-1 s'installe dans le cercle de danger de l'usine voisine pour profiter d'une production de chaleur. Finalement, l'entreprise ne peut bénéficier d'aucun système d'échange d'énergie existant et elle doit construire sa propre chaudière.

### **5.8.1.3. Facteurs CO<sub>2</sub> et localisation**

En tant qu'entreprise écologique, LH-1 est motivée par toutes les formes de mutualisation des utilités, des gestions de coproduits comme le CO<sub>2</sub>. Elle pense que c'est un moyen pour augmenter l'attractivité locale et la compétitivité par rapport aux autres ports.

Par contre, l'importance du facteur CTSC pour l'entreprise « *dépend fortement de prix du marché du CO<sub>2</sub> et des réglementations imposées* ».

## **5.8.2. L'entreprise LH-2**

Cette unité est également entre le secteur chimique et le secteur pétrolier ; au moment de l'entretien, elle était à la fin de la construction. L'investissement est de l'ordre de 50 M€ pour cette implantation.

### **5.8.2.1. Décision de localisation**

Ce projet de localisation a été initialisé en 2004, l'année où l'entreprise a eu le permis de construire à Rouen. Pour des raisons internes, l'entreprise n'a pas pu commencer la construction avant 2007, l'année où le permis de construire a été périmé. Lorsque l'entreprise a redéposé le même dossier au même endroit, elle a eu un refus de permis de construire pour des raisons politiques. L'entreprise a dû localiser cette unité ailleurs.

L'entreprise a ensuite ciblé trois territoires candidats : Caen, Dunkerque et Le Havre, puisque l'étude de marché de l'entreprise a montré qu'elle devait s'implanter sur la « façade maritime Nord-Ouest » et parce qu'au niveau de la France, le barycentre de la consommation du produit fini de l'entreprise est entre Rouen et Le Havre. Ainsi, la matière première de l'entreprise a besoin de transport par voie d'eau ou par train. Une plate-forme logistique multimodale est donc préférable. Finalement, c'est au Havre que l'entreprise a eu les meilleures conditions. D'une part parce qu'il y avait un terrain de 5 ha disponible approprié à l'exploitation ; d'autre part parce que ce terrain est à côté de son client, la raffinerie.

Bien que la première idée ait été de s'installer à Rouen, l'entreprise n'a pas de regret pour son choix final. En termes de logistique aval, l'entreprise trouve que Le Havre est préférable à Rouen.

Un autre facteur important est que le « tissu industriel » au Havre est beaucoup plus important qu'à Rouen. L'entreprise peut trouver des sociétés nécessaires à la réalisation de son activité telles que chaudronnerie, maintenance industrielle, etc. Il existe un réseau potentiel de sous-traitance, plus nombreux et plus qualifié au Havre qu'à Rouen.

Nous pouvons résumer que les critères de choix pour cette localisation est premièrement, la logistique en amont et en aval, deuxièmement, le terrain disponible et troisièmement, un tissu industriel développé.

### **5.8.2.2. Caractéristique vis-à-vis de la contrainte du CO<sub>2</sub>**

*« Le CO<sub>2</sub>, c'est pas ma problématique. »*

Les émissions de CO<sub>2</sub> de l'entreprise issues de deux chaudières d'une puissance totale de 9 MW, ne sont pas suffisantes pour entrer dans le système de quotas (le seuil est de 20 MW). Le CO<sub>2</sub> n'est pas une contrainte tant pour l'exploitation que pour la localisation.

## **5.9. Résultats principaux**

### **5.9.1. Stratégie CTSC dans les entreprises industrielles**

Pour rendre un territoire attractif, il faut mettre l'accent sur ses ressources spécifiques qui ne sont pas encore exploitées. C'est le cas des opérations de CTSC. On peut voir le CO<sub>2</sub> comme une contrainte, mais en même temps, cela peut être un levier, voire un atout, pour augmenter l'attractivité d'un territoire. (Foignet et Carlier, 2009) Le CO<sub>2</sub> est un coproduit des procédés de fabrications pour certaines industries. Cependant, la ville peut proposer des outils de gestion pour réduire le coût lié au CO<sub>2</sub>, voire dans certains cas, il est possible de générer des revenus à partir de ce coproduit en réponse à des besoins bien définis.

Le concept « *CTSC Ready*<sup>28</sup> » (ICF International, 2010) devient aujourd'hui important en France. Dans les entreprises industrielles, la réflexion vis-à -de problème du CO<sub>2</sub> doit être désormais intégrée dès le début de décision d'implantation (la réservation de l'espace, la planification des pipelines...). De plus, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2011, les quotas ne sont plus gratuits pour tous les secteurs industriels. Pour arriver à une installation *CTSC Ready*, l'existence de soutien de la part du territoire d'implantation n'est donc pas négligeable.

La présentation de M. Lionel PERRETTE du MEEDDM dans le séminaire international « Évaluation et maîtrise des risques de Captage, Transport et Stockage de CO<sub>2</sub> (CTSC) : méthodes, pratiques et perspectives » (Perrette, 2011) a bien montré que la compatibilité

---

<sup>28</sup> *CCS Ready* : Être prêt à capter.

d'un bassin industriel avec le projet d'implantation peut dépendre de la technologie CTSC, en termes de prévision d'espace, de réserve foncière, qui permette de développer cette technologie.

Dans ses travaux de recherche en gestion, Bowen (Bowen, 2011) a montré que, au-delà des thématiques au niveau opérationnel, le CTSC doit s'inscrire dans la stratégie des entreprises. Bien évidemment, si une entreprise n'est pas claire dans sa ligne directrice sur le CTSC, il est difficile d'en parler dans le cadre d'un choix de localisation.

Il convient de préciser ici qu'une stratégie de CO<sub>2</sub> est différente d'une stratégie de CTSC dans une entreprise. C'est-à-dire qu'une entreprise peut avoir une stratégie claire et précise sur la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, mais elle ne va pas adopter les technologies du CTSC. En effet, à travers des entretiens, nous constatons que peu d'entreprises aujourd'hui ont une stratégie précise en CTSC, parce que cette technologie n'est pas encore suffisamment mûre à l'échelle industrielle.

Un constat exaltant pour les écologistes est qu'aujourd'hui, les entreprises comprennent de mieux en mieux leurs responsabilités environnementales dans leurs exploitations. Ce fait peut être expliqué par des raisons externes ou internes. Les raisons externes, autrement dites, les exigences, sont les réglementations, les taxes liées aux pollutions, les opinions publiques, etc. Les raisons internes sont la recherche d'optimiser leurs éco-efficacités, la conscience sur les problèmes environnementaux, etc. Selon notre observation, les raisons externes sont plus importantes que les raisons internes, voire capitales.

Parmi les problèmes environnementaux, le problème des émissions de CO<sub>2</sub> apparaît de plus en plus dans les stratégies d'entreprise. Toujours, c'est plutôt grâce aux réglementations en vigueur et au système de quotas européens. La motivation interne des entreprises semble faible, voire absente car contrairement aux autres pollutions, le CO<sub>2</sub> n'est pas toxique et il n'y a pas de danger immédiat. Son traitement n'a pas été réglementé ; il manque encore des explications juridiques. De plus, des discussions sont encore en cours pour déterminer si le CO<sub>2</sub> est un déchet.

Le CO<sub>2</sub> est donc intégré dans la stratégie d'entreprise d'une manière de déterministe qui a un comportement écodéfensif : « Il crée des contraintes techniques et organisationnelles, génère des coûts d'adaptation supplémentaires et ne crée pas de valeur. Sur le plan décisionnel, la politique responsable est une variable de faible importance qui ne conduit jamais à modifier en profondeur l'organisation en place. Seuls des ajustements mineurs sont opérés afin d'être en conformité réglementaire. » (Grandval et Soparnot, 2005)

Bien que le CO<sub>2</sub> soit une pollution plutôt « gentille » par rapport aux autres pollutions toxiques, les entreprises ont quand même mis en place une série d'opérations qui permet de réduire son impact :

- des projets mis en place : pour certaines entreprises, tous projets doivent avoir un bilan carbone à côté d'un bilan économique ;
- la recherche sur les combustibles produisant moins d'émissions de CO<sub>2</sub> ;
- la mise en place d'indicateurs de performance environnementale, etc.

Concrètement, pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, l'entreprise possède quatre solutions standards :

- Améliorer l'efficacité énergétique : cette solution ne répond pas seulement aux exigences environnementales, mais aussi aux exigences économiques, c'est-à-dire qu'elle permet un gain supplémentaire
- Alternner les sources d'énergies : si possible, éviter d'utiliser les énergies fossiles
- CTSC
- Valorisation du CO<sub>2</sub> : essayer de rendre le CO<sub>2</sub> utile

Sachant que les deux premières solutions agissent plutôt sur la source de CO<sub>2</sub>, on essaie ici d'émettre moins de CO<sub>2</sub> possible. Cependant, les deux dernières solutions sont plutôt un traitement de CO<sub>2</sub> émis. Peu d'entreprises privilégient la solution CTSC parmi ces quatre solutions. C'est vraiment le dernier choix envisagé. Nous pouvons résumer les raisons comme suit :

- le CTSC nécessite un investissement trop important avec un ROI faible (15 ans est trop long pour l'industrie d'aujourd'hui), *business model* incertain ;
- il n'existe pas d'obligations strictes comme pour les NO<sub>x</sub> et SO<sub>x</sub> ;
- il faut attendre une technologie plus mûre ;
- il existe une incertitude concernant l'acceptabilité sociale à deux niveaux :
  - sur les opérations de CTSC : notamment sur le transport et le stockage ;
  - sur la technologie de CTSC elle-même ;
- il convient de considérer le contexte économique actuel.

Les coûts importants des démonstrations et certains arrêts des projets remettent plus ou moins en question la viabilité d'une simple stratégie de CTSC. Aujourd'hui, on parle de plus en plus de CTVSC<sup>29</sup> (Captage, Transport, Valorisation et Stockage du CO<sub>2</sub>) à la place de CTSC. Certainement, par rapport au stockage du CO<sub>2</sub>, la valorisation du CO<sub>2</sub> permet un profit supplémentaire et d'éviter les problèmes liés à la sûreté du stockage du CO<sub>2</sub>. Cependant, les défis restent là :

- le coût principal de la chaîne CTVSC est toujours au niveau du captage ;
- le ratio demande/offre du CO<sub>2</sub> est faible.

---

<sup>29</sup> CTVSC : *Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS)* en anglais

Pour résumer, il est difficile de développer une stratégie de CTSC à partir de la motivation interne des industries. Pour développer cette technologie, des interventions politiques sont nécessaires à travers :

- des obligations comme l'interdiction des NO<sub>x</sub> et SO<sub>x</sub> ;
- ou indirectement par la façon de distribuer les quotas de CO<sub>2</sub> afin d'encourager l'utilisation du CTSC au regard des prix du CO<sub>2</sub> sur le marché.

En effet, ces deux perspectives d'évolutions sont issues des réglementations, car la distribution de quotas est également réglementée.

Cependant, ces interventions ont un double effet. Si elles sont trop sévères, elles peuvent entraîner l'arrêt de fabrication, voire la délocalisation des entreprises, c'est-à-dire la fuite carbone. Évidemment, si ces réglementations ne s'appliquent pas internationalement, elles vont encore pénaliser les industries européennes ou les pousser à délocaliser.

### **5.9.2. Facteur CO<sub>2</sub> et localisation**

Le facteur du CO<sub>2</sub> n'est pas un facteur critique pour la localisation des sites industriels. Il peut être mesuré par coût et être intégré dans les facteurs « économiques ».

En effet, dans la même logique que notre étude, les facteurs dit « environnementaux » n'existent pas, contrairement dans la littérature, les facteurs environnementaux et les facteurs économiques sont distingués. Tous les facteurs environnementaux sont en effet les facteurs économiques.

Notre étude propose également que tous les facteurs liés à l'environnement ne seront jamais des facteurs critiques dans une localisation.

### **5.10. Discussions des résultats**

Ces travaux de recherche sont basés principalement sur les théories de la décision (Simon, 1954, 1956, 1957) et l'ensemble des théories de la localisation des industries (Mérenne-Schoumaker, 1991, 2008), dans l'objectif de répondre aux questions suivantes :

- quels sont les processus de localisation des sites industriels ?
- quels sont les critères de choix dans ces localisations ?
- le facteur CO<sub>2</sub> est-il critique dans une décision de ces localisations ? Peut-il provoquer un échec d'un projet d'implantation, voire une délocalisation pour les sites déjà installés ?
- pour faire face à cette nouvelle contrainte de CO<sub>2</sub>, que les acteurs locaux doivent-ils préparer pour assurer l'attractivité de leurs territoires ?

Compte tenu du contexte de ce projet de recherche, les principales entreprises cibles de cette recherche sont :

- les entreprises industrielles émettrices du CO<sub>2</sub> ;
- les entreprises présentes dans la ZIP du Havre.

### 5.10.1. Processus de localisation

Les processus de localisation varient légèrement selon le secteur industriel. Nous constatons que, pour des localisations d'industries lourdes, c'est-à-dire des sites extrêmement coûteux à implanter comme une centrale thermique ou une raffinerie, les processus de localisation sont convergents. Nous avons présenté ce processus convergent dans la Section « **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** » (page **Erreur ! Signet non défini.**). Les processus de décision de la localisation ne sont pas significativement modifiés par la présence des infrastructures de CO<sub>2</sub> éventuelles.

Quant aux critères de localisation, plus de cinquante critères ont été listés après la revue de littérature et les entretiens. Nous pouvons caractériser ces critères en quatre dimensions : économique, sociale, environnementale et politique. Nous constatons que plus les tailles des entreprises sont importantes, plus elles regardent les critères économiques dans leurs localisations de sites, surtout dans un environnement « familier », c'est-à-dire quand une entreprise française veut s'implanter sur un nouveau site en Europe. Cependant, les critères environnementaux ne sont pas dans le sens de la protection de l'environnement, mais plutôt dans le sens qu'une entreprise a tendance à s'implanter dans un milieu où il y a moins de contraintes environnementales.

En même temps, il est possible de différencier les critères critiques et les critères secondaires. Un critère critique est indispensable pour une localisation, comme un réseau électrique pour une centrale électrique ou une carrière pour les industries minérales, tandis qu'un critère secondaire intervient comme un facteur supplémentaire lorsqu'on prend une décision, comme le critère CO<sub>2</sub>.

Aujourd'hui, les industries ont conscience du réchauffement climatique. De nombreuses stratégies ont été mises en place dans ces entreprises. Par contre, les entreprises manquent encore de visibilité sur la technologie CTSC et il y a encore beaucoup de discussions au sein des industries sur cette technologie. Pour la plupart d'entre elles, le CTSC est une solution palliative, coûteuse, avec des risques et parfois une mauvaise image de l'entreprise. Il est le dernier outil à considérer.

Certes, lors d'une implantation, si l'infrastructure du CTSC existait sur place, les entreprises voudraient bien en profiter si cela coûte moins cher que de créer cette infrastructure elle-même. Cependant, ce n'est pas un critère critique d'implantation, parce que :

- soit l'industrie peut gérer toute seule ses émissions ;
- soit la quantité d'émission n'est pas assez importante dans l'entreprise pour les gérer ;

- soit l'entreprise préfère investir sur d'autres moyens de réduction de CO<sub>2</sub>.

Il convient de préciser qu'aucune entreprise dans la ZIP du Havre ne considère le manque d'infrastructures de CTSC comme une raison de délocalisation.

Pour résumer, un soutien CTSC n'augmentera pas significativement l'attractivité d'un territoire. Il peut devenir important, mais pas critique, dans une décision de localisation, s'il y a des obligations liées au CTSC.

### **5.10.2. Technologie de CTSC**

Quels mots pour discuter la technologie du CTSC ? Quels secteurs industriels concerne-t-elle ?

*Pour le secteur énergétique comme les centrales thermiques ?*

Pas vraiment. En France, très peu d'électricité est fabriqué à partir d'unité du charbon ou au gaz naturel. Les centrales thermiques sont là pour juste assurer les heures de pointe.

*Pour les cimenteries ?*

Pas tout de suite. Comme le ciment est exposé à une concurrence internationale, elles ne seront pas soumises dans le système des quotas avant 2040. Aujourd'hui le CO<sub>2</sub> n'est pas leur problème.

*Pour les sidérurgies ?*

Oui, peut-être. La sidérurgie est le seul secteur qui peut appliquer la technologie du CTSC en augmentant l'efficacité énergétique. Cependant, en France, il y a très peu de sites sidérurgiques.

*Pour les raffineries ?*

Pas vraiment. Les émissions de CO<sub>2</sub> dans les raffineries sont très difficiles à capter.

Si ces industries ne sont pas aujourd'hui dans l'obligation de développer la technologie du CTSC, pourquoi s'engagent-elles dans la recherche ? La réponse est simple, la veille stratégique. Les entreprises ont la nature de survie. Elles veulent maîtriser la technologie pour garder un avantage concurrentiel. Pour certaines entreprises, il est possible également de commercialiser et exporter ce savoir-faire aux autres entreprises ou autres pays.

*Alors, le CTSC n'intéresse personne ?*

Si. Après tous les entretiens réalisés, nous constatons qu'au moins deux secteurs sont appropriés pour la technologie du CTSC : les usines d'engrais et les incinérateurs.

Comme présenté dans le paragraphe 5.5.2.2 (page 107), dans le processus de fabrication d'engrais, une quantité importante de CO<sub>2</sub> pur est émis en tant qu'un coproduit. Ce CO<sub>2</sub> est relativement facile à récupérer et sans besoin d'être purifié.

Les incinérateurs ont vocation de traiter et revaloriser au maximum des déchets industriels ou civils. Pour atteindre cet objectif, ils essayent d'appliquer la cogénération, de vendre de la vapeur, etc. Le captage et la commercialisation de CO<sub>2</sub> est tout à fait dans cette logique. Cependant, la difficulté de cette démarche est qu'il faut trouver des clients de CO<sub>2</sub>.

En outre, nous différencions des industries délocalisables et non délocalisables.

L'étude montre que certaines industries telles que les centrales thermiques et les déchetteries sont non délocalisables. Car principalement, ces sites sont installés pour satisfaire les besoins locaux, mais pas pour une raison logistique ou pour un coût de fabrication. Si leurs marchés existent toujours, ils ne vont pas se délocaliser du territoire en question. Pour garder ses sites sur un territoire, les acteurs locaux n'ont pas besoin de créer les autres sources spécifiques comme une infrastructure du CTSC.

### **5.10.3. Décision de l'investissement sur l'infrastructure de CO<sub>2</sub>**

D'un point de vue institutionnel, est-il dans l'intérêt des acteurs locaux de continuer des activités sur les imports et export du pétrole et du charbon ? Sur le long terme, les prix du pétrole et du charbon vont augmenter, les marchés de ces secteurs vont se réduire. Combien de temps vont-ils rester encore ? Pour le territoire, est-il préférable, d'investir pour réellement faire la transition énergétique et commencer à préparer des énergies de nouvelle génération plutôt que d'investir dans un réseau de CO<sub>2</sub>. Par exemple, nous pouvons donner plus de moyens pour les projets d'éolien *offshore*.

Un réseau de CO<sub>2</sub>, qui pourrait coûter des milliards d'euro, a un risque financier important. Nous pouvons faire un parallèle avec le projet « Port Antifer<sup>30</sup> ». C'est un port qui est capable d'accueillir les plus grands bateaux pétroliers (les tankers). Le port a été livré en fin des années 70. À cette époque, les transporteurs du pétrole ont changé la stratégie, ils ont décidé de transporter les pétroles avec des bateaux plus petits, parce que c'est trop dangereux d'avoir des méga-tankers en termes économique et environnemental. Ce port n'est donc plus en service, parce que les méga-tankers n'ont pas été utilisés.

Aujourd'hui, c'est très risqué d'investir dans un projet de réseau de CO<sub>2</sub> au sein du Havre. Les besoins des entreprises industrielles ne sont pas encore très clairs, et le marché potentiel n'est pas du tout formé.

---

<sup>30</sup> Le port du Havre Antifer est un terminal pétrolier situé à une vingtaine de kilomètres au nord du Havre et au sud d'Étretat, dans la commune de Saint-Jouin-Bruneval. Il s'agit d'un port destiné à accueillir des superpétroliers.

## Chapitre 6. Un constat sur les théories de la décision de localisation

Bien que la vocation de cette présente thèse soit d'analyser la relation entre une localisation industrielle et l'influence du nouveau facteur de CO<sub>2</sub> et de mesurer l'importance de ce dernier, le constat conduit à prendre en compte également les autres aspects liés aux différents points de vue académiques, tels que les autres facteurs de localisation et les processus de localisation.

### 6.1. Pertinence des théories classiques de localisation industrielle

Au travers des entretiens effectués, nous pouvons constater que, en général, les théories rationnelles basées sur le calcul de coûts d'implantation et d'exploitation sont toujours valables dans les localisations actuelles.

Weber (Weber, 1909), le fondateur de la théorie classique, propose une localisation optimale en recherchant le meilleur compromis pour minimiser la somme des coûts de transport et de main-d'œuvre. Ces deux facteurs sont toujours d'actualité aujourd'hui. Selon les responsables de localisation interviewés, la mission numéro 1 lors d'un projet de localisation est toujours de trouver le barycentre logistique (tel que présenté dans la Figure 2-2 : Le triangle de localisation de Launhardt et Weber, page 38) entre les flux entrants et les flux sortants. Dans le contexte de mondialisation actuel, grâce au développement des moyens de transport tels que le transport maritime et le transport routier, ce barycentre logistique n'est pas nécessairement géographiquement proche du marché de l'entreprise ou de ses clients. En général, si la production de l'entreprise est divergente, c'est-à-dire s'il y a plus de produits finis que de matières premières, l'entreprise va plutôt implanter ses unités de production à côté des sources de matières premières, comme les raffineries, les industries laitières, etc. Au contraire, si la production est convergente, c'est-à-dire s'il y a moins de produits finis que de matières premières, comme par exemple pour les assembleurs automobile, l'entreprise a tendance à installer ses unités près de ses clients. Ce sont les coûts logistiques en amont et en aval qui déterminent le lieu de l'implantation de l'entreprise dans son réseau de fournisseurs et de clients. D'ailleurs, la plupart des logiciels d'aide à la décision de localisation sont aujourd'hui basés sur cette théorie.

Pour le coût de main-d'œuvre de Weber, la mesure est prise aujourd'hui plutôt dans le contexte de globalisation. Le niveau de vie ainsi que les salaires dans les pays occidentaux restent toujours élevés par rapport à ceux des pays émergents comme les pays « BRIC<sup>31</sup> ». Selon les entreprises interviewées, la raison principale des premières délocalisations est la recherche de coûts de main-d'œuvre moins élevés.

---

<sup>31</sup> Le sigle BRIC peut faire référence à Brésil, Russie, Inde et Chine (remplacé le 14 avril 2011 par le BRICS depuis l'adhésion de l'Afrique du Sud - ajout du S de South Africa - à ce groupe).

Le coût de main-d'œuvre reste toujours une raison principale de délocalisation, bien que, selon ces premiers retours d'expériences, les entreprises prennent en compte aujourd'hui d'autres critères tels que la qualité de la main-d'œuvre, qui influence la qualité des produits fabriqués, l'aspect social comme les conditions de travail pour les salariés locaux, l'impact environnemental local et global (Akono et Fernandes, 2009 ; Fernandes et Akono, 2010).

La localisation à l'échelle nationale est peu impactée par le coût de main-d'œuvre. En France, le niveau de vie est plutôt homogène, et le salaire pour un poste qualifié est aussi indépendant de la zone géographique. De plus, pour les entreprises interrogées, les industries lourdes, toujours à l'échelle nationale, le bassin d'emploi est un facteur de localisation de moins en moins important, parce que les grandes entreprises sont capables d'attirer des talents venant de toute la France.

Il est à noter que le coût de transport pour Weber est une combinaison du poids à transporter et de la distance à couvrir (ton-mile). Dans la réalité, le coût de transport peut être calculé d'une manière beaucoup plus précise, en tenant compte par exemple de l'amortissement de camion, du coût de carburant, du coût de péage, du coût salarial, etc. Bien entendu, il ne concerne que le « coût de circulation » de marchandises. La notion de « coût de transport » est développée par Hoover (Hoover, 1948) en intégrant les coûts logistiques : le coût de manutention, les assurances, les charges financières, les frais commerciaux, les frais selon la nature de produit (par exemple les produits périssables), l'économie d'échelle de distance parcourue, l'économie d'échelle de quantité transportée, etc. Nous pouvons regrouper tous ces coûts, y compris le coût de transport de Weber, dans l'ensemble de coût logistique, en ajoutant bien sûr, dans le contexte actuel, les coûts de dédouanement, les différentes taxes sur le transport, les différentes précautions sur la sécurité et la réglementation, etc.

Malheureusement, le coût de CO<sub>2</sub> n'est pas encore intégré dans le coût logistique, ni pour son traitement ni pour son impact environnemental. Premièrement, il n'existe pas de chiffrage universel du coût de CO<sub>2</sub>. Chaque pays et chaque continent traite cette problématique de manière différente. Le bilan de CO<sub>2</sub> sur un produit existe dans les pays développés, mais pas dans les pays émergents. Et même dans ces pays développés, ce bilan de CO<sub>2</sub> n'est qu'une indication pour les consommateurs, et n'est pas directement lié au prix de produit. Deuxièmement, un coût de CO<sub>2</sub> rend le moyen de transport le moins cher encore moins cher, et le moyen de transport le plus cher encore plus cher. Le transport maritime sera toujours le moyen de transport le moins cher, et le transport aérien sera toujours le moyen le plus cher. Pour cette raison, la théorie qui optimise le coût de transport ne sera pas modifiée en tenant compte du coût de CO<sub>2</sub>.

Nous sommes partis à notre terrain de recherche également avec les théories de Hotelling (Hotelling, 1929), Palander (Palander, 1935) et Lösch (Lösch, 1954) qui relient l'aire de marché et la zone de concurrence (cf. Figure 2-7 - Figure 2-10, page 42). À leur

époque, avec les facteurs très restreints (le modèle de Hotelling considère que le coût de revient d'un produit fini est la somme du coût de fabrication et des frais de transport), ces modèles théoriques pouvaient tracer une aire de marché. Cependant, selon notre observation sur les industries lourdes, il y a peu d'entreprises qui portent le même point de vue sur le marché actuellement. Nous nous permettons de dire qu'une compréhension par l'aire du marché n'est plus pertinente pour expliquer le phénomène de concurrence dans le contexte mondialisé actuel, pour les raisons suivantes. Premièrement, l'entreprise prend en compte beaucoup plus de facteurs qui interviennent dans la mesure d'une zone de chalandise pour une entreprise par rapport à l'époque de Hotelling. Une analyse bidimensionnelle est loin d'être suffisante. Deuxièmement, les technologies de communication et les moyens de transport ne sont plus les mêmes. Dans les e-commerces, un client peut facilement être informé et passer la commande par Internet chez un commerçant qui se situe à l'étranger. En même temps, l'expédition et le coût d'expédition ne sont plus une contrainte forte pour l'entreprise : il existe un réseau de transport multimodal pas cher et très développé au niveau international, national et régional. L'entreprise est donc capable de livrer ou d'expédier les marchandises à un client éloigné. Troisièmement, comme illustré dans la Figure 2-10 : Trois étapes de localisation selon Lösch (Temps 3) (page 43), pour Lösch, lorsque le marché est saturé, les entreprises partagent le marché à la manière d'une grille régulière d'hexagones. Pour que cette hypothèse soit vraie, il faut qu'elle remplisse les conditions suivantes :

- Les entreprises ont les mêmes activités ;
- les entreprises ne partagent pas leurs zones de chalandise.

Or, à l'exception des grandes distributions, les entreprises industrielles comme les producteurs d'électricité, les fabricants de voiture, les cimenteries, les sidérurgies, etc., sont plus en situation de monopole dans leurs domaines aujourd'hui. Nous avons aujourd'hui quelques marques qui desservent l'ensemble de la France. La situation n'est donc pas sur la concurrence entre les entreprises, comme celle de Lösch, mais plutôt sur la localisation et les positions des différents sites au sein d'une même entreprise.

De plus, les marchés d'aujourd'hui ne sont généralement pas cloisonnés. Prenons le cas d'EDF et de GDF-Suez, les deux producteurs et distributeurs d'électricité, leurs marchés se superposent en France. Un foyer peut avoir un contrat chez EDF ou chez GDF. Nous pouvons donner un autre exemple sur le marché des forfaits de téléphone mobile. Tous les opérateurs partagent le même marché, la même population. Même dans les grandes distributions, les clients ont le choix entre plusieurs centres commerciaux. Leur choix dépend du prix des produits à acheter, des promotions en cours, du prix des carburants, etc.

Nous pouvons dire qu'une « aire de marché » telle que celles de Hotelling, Palander ou Lösch n'est plus actuelle. Si une aire existe, c'est une zone multidimensionnelle, voir virtuelle.

Pour Smith et sa théorie des surfaces de profit (Smith, 1981), l'idée est de délimiter des surfaces de profit dans lesquelles les entreprises seront rentables en prenant en compte deux facteurs : le coût de fabrication et le prix de vente. Au travers de nos entretiens, nous pouvons ajouter deux remarques sur cette théorie :

1. « le coût de fabrication » et « le prix de vente » ne sont pas « deux facteurs » simples, mais un ensemble de facteurs économiques. Par exemple, le coût de fabrication peut comprendre le prix des matières premières, le coût logistique en amont, la charge salariale et sociale, la fiscalité, etc. La logique est la même pour le prix de vente. Ces coûts nécessitent une étude approfondie sur tous les points de la carte. En réalité, les entreprises ne font cette étude qu'après la présélection des territoires candidats. C'est-à-dire que les entreprises suivent la logique de la théorie de Smith, mais en sens inverse.
2. Le modèle de Smith ne prend en compte que le coût de fabrication dans la phase d'exploitation, mais pas dans celle d'implantation. Si aujourd'hui, une entreprise industrielle implante un nouveau site de production, la première chose qu'elle doit connaître est le coût d'implantation et son amortissement dans un certain nombre d'années (comme 10, 15, 20 ans ou plus). Nous pouvons ajouter ce coût dans le modèle de Smith pour qu'il soit plus complet, ou bien comparer directement le coût d'installation et le coût logistique supplémentaire pour desservir le nouveau marché depuis l'ancienne usine.

Pour conclure, ces théories néoclassiques ont des logiques qui sont toujours valables actuellement. Cependant, les facteurs pris en compte sont incomplets et simplifiés. Sûrement, ces théories sont la base de la problématique de localisation, mais elles peuvent difficilement être appliquées dans les situations réelles actuelles.

## **6.2. Résultat sur les facteurs de localisation**

Après avoir classifié et fusionné les factures de locations dans la littérature (HAYTER, 1997b ; Mérenne-Schoumaker, 2008 ; Musso et Castagnino, 1997) avec les résultats de nos entretiens (pour ceux qui portent des sens similaires ou sont interdépendants), le classement suivant est illustré dans un « arbre des facteurs » (cf. Figure 6-1).

Par rapport aux facteurs de localisation issus de la revue de la littérature des différents auteurs présentés dans le paragraphe 2.3.2.1 Facteurs de localisation, page 55, cette nouvelle version est d'abord, plus complète, plus claire et mieux regroupée sous différentes dimensions. Ces facteurs ont été discutés un par un avec les praticiens de localisation, ils participent réellement dans les décisions de localisation. Ensuite, de nombreux facteurs qui viennent de la revue de la littérature sont clarifiés. Par exemple, nous remplaçons « la proximité du client », qui signifie une distance géographique, par « le coût logistique aval » et « le délai de livraison » qui sont les critères mesurables et contrôlables.

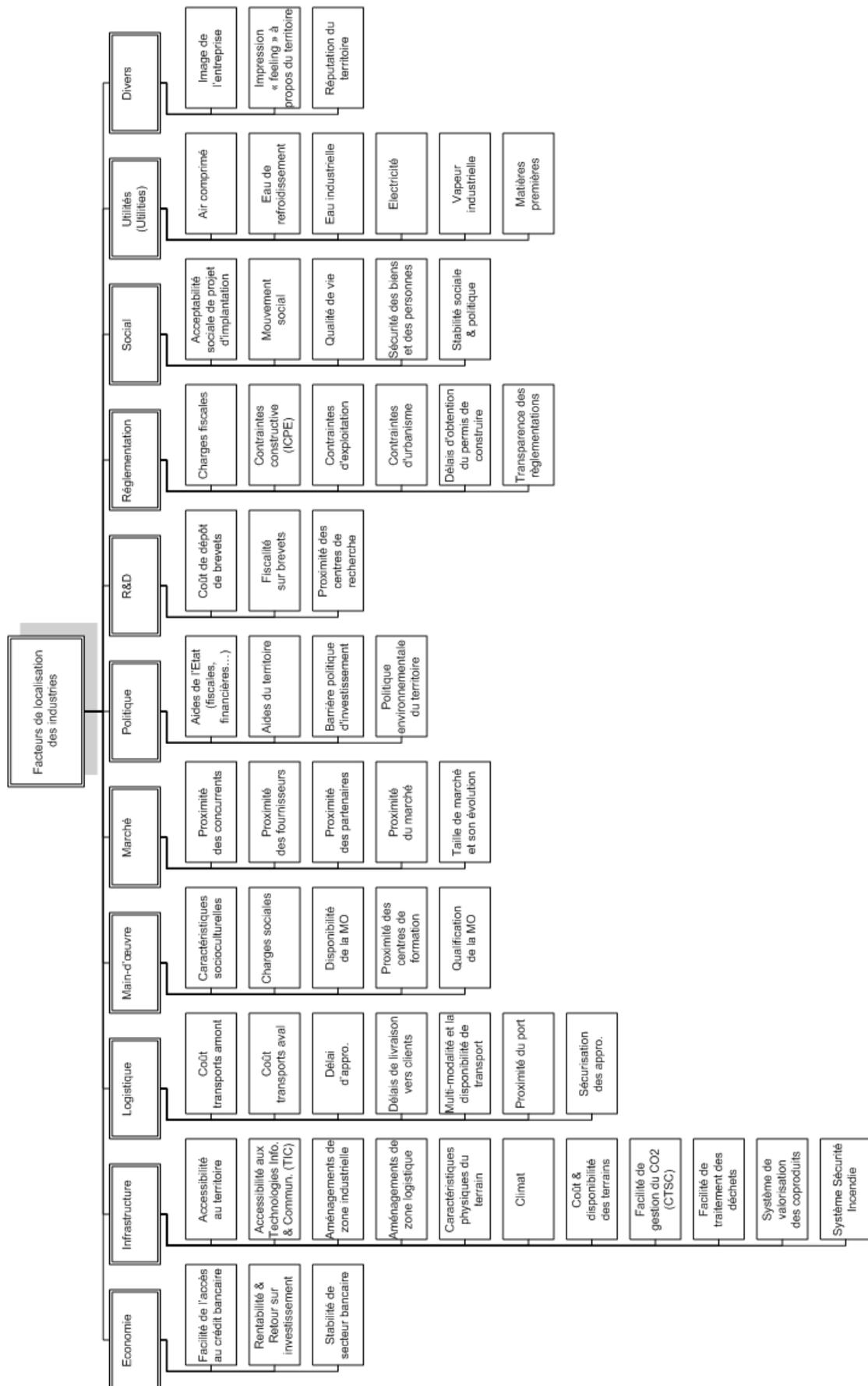


Figure 6-1 : Arbre des facteurs de localisation

### 6.3. Pertinence des théories behavioristes de localisation

Quant aux théories behavioristes de localisation présentées dans cette thèse dans le paragraphe 2.3 Théories behavioristes de localisation (page 47), l'aide à la décision de localisation a plutôt pour objectif de chercher un lieu « satisfaisant » afin d'implanter une nouvelle unité de production. Ces théories analysent les comportements des entreprises dans leurs actes de localisation dans une logique de « rationalité limitée ». Afin de vérifier ces théories, nous avons, dans nos enquêtes avec les entreprises, recueilli non seulement leurs facteurs de localisation, mais aussi leurs processus de localisation.

Pendant les années 70, la nouvelle orientation de la recherche s'est focalisée sur l'aide à la décision et non plus sur la théorie de la décision. Déjà pour Simon (Simon, 1954, 1956, 1957), trois hypothèses implicites de la théorie classique de la décision - qui rendent une décision rationnelle - sont les suivantes :

- les décideurs connaissent bien leur problème ;
- ce problème est toujours représentable en tant que problème d'efficacité ;
- l'information et les ressources nécessaires pour trouver une solution sont toujours disponibles.

Compte tenu de notre observation, nous pouvons déduire que plus une entreprise est grande, plus sa décision est rationnelle :

- Une grande entreprise a plus de décideurs et de parties-prenantes qui ont des objectifs, des exigences, des besoins variés. Avant de chercher un compromis avec le territoire candidat pour la localisation, les différents décideurs doivent arriver à un compromis interne. Les différents aspects et contraintes seront discutés lors de l'obtention de ce compromis qui sera assuré par une intelligence collective, et non individuelle. Nous pouvons dire que cette intelligence collective augmente le degré de rationalité.
- Une grande entreprise a plus de moyens pour définir et résoudre un problème. Un projet de localisation requiert de nombreuses études qui elles-mêmes nécessitent des ressources humaines et financières importantes. Que l'étude soit réalisée dans l'entreprise avec des moyens internes ou par un bureau d'études ou des consultants externes, une grande entreprise a toujours des facilités et la capacité d'obtenir une meilleure solution par rapport à une petite structure. Cette capacité de définir et de résoudre un problème augmente également le degré de rationalité.
- Bien évidemment, les deux points précédents sont étroitement liés à un troisième point : la capacité de recueillir de l'information. Une grande entreprise peut avoir plus de sources d'information et peut être plus compétente dans le traitement de ces informations. Si Simon affirme qu'une information complète est une

hypothèse de base pour obtenir une décision rationnelle, nous pouvons ajouter que plus l'information est complète, plus la décision est rationnelle.

Selon les entretiens effectués avec des grands groupes industriels appartenant à des secteurs différents, les décisions de localisation, les facteurs pris en compte, les processus de localisation sont plutôt rationnels.

Or, dans la réalité, à cause de nombreuses contraintes économiques, sociales, environnementales, fonctionnelles et techniques, les industries lourdes n'ont pas beaucoup de choix dans leurs localisations. Autrement dit, il est parfois très difficile de trouver une place pour s'installer.

Reprenons le cas de l'entreprise LH-1 et LH-2 (cf. le paragraphe 5.8 Industries qui se localisent sur le territoire du Havre, page 113), ces deux entreprises sont venues sur le territoire de la ZIP du Havre pour des raisons différentes. Pourtant, elles considèrent toutes les deux que Le Havre n'est pas le meilleur endroit, mais le seul endroit où elles peuvent s'installer.

Cependant, un facteur est répété par ces deux entreprises : la qualité d'accompagnement des acteurs locaux.

D'abord, selon les théories behavioristes, l'objectif de l'entreprise est de chercher un lieu « satisfaisant » pour s'installer. Comment peuvent-ils, les acteurs locaux, donner une image satisfaisante à l'entreprise intéressée ? Nous proposons au moins trois points :

- Fournir des informations : comme nous l'avons discuté ci-dessus, les informations sont des matières de base pour alimenter une décision. La quantité, la qualité et la pertinence de l'information sont cruciales pour l'entreprise. Pour cela, un territoire doit faire effort de fournir une information complète sur les facteurs recherchés par l'entreprise dans la région.
- Valoriser les ressources territoriales : chaque territoire a ses propres ressources. Cependant, il est important de savoir si ces ressources sont adéquates par rapport aux besoins des entreprises. Si ce n'est pas le cas, il va falloir revaloriser et reconfigurer ses ressources. Ceci correspond à la logique de l'aide à la décision avec laquelle les acteurs locaux doivent accompagner l'entreprise, depuis la compréhension et l'analyse de ses besoins réels, jusqu'à la proposition de solution locale.
- Faciliter la construction du dossier : une volonté d'avancer et d'aider à la construction des éléments du dossier, tels que le permis de construire, les documents pour les réglementations environnementales et l'enquête publique, est importante selon les entreprises. Ces démarches, parfois lourdes, découragent les entreprises surtout dans un pays comme la France où les démarches sont compliquées et les réglementations sont sévères.

En combinant la littérature et les résultats de notre recherche, nous pouvons reparler ici la typologie de la décision de localisation. Comme illustré Figure 6-2, dans notre sujet, en termes d'objectif, lorsqu'une entreprise décide de créer une nouvelle unité de production, c'est au niveau stratégique ; le choix du lieu, qui répond à la question de « comment », est une décision tactique ; et une fois que le lieu est choisi, les décisions sur l'installation de cette unité sont les décisions opérationnelles.

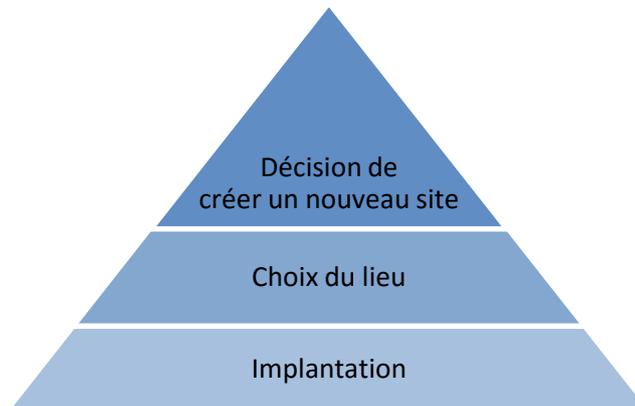


Figure 6-2 : Trois niveaux de décision d'une localisation

En termes de complexité, dans une décision de localisation, de nombreux paramètres (économiques, sociaux, politiques, etc.) interviennent. Ces paramètres sont parfois quantitatifs, mais dans plupart des cas, ils sont qualitatifs (acceptabilité sociale, enjeu politique, etc.). Ainsi, les parties-prenantes d'un projet de localisation sont nombreux (les collectivités locales, les entreprises, les associations, etc.). Nous pouvons donc dire qu'une décision de localisation est une décision non programmable.

#### 6.4. Processus de localisation

Après avoir discuté avec les industries, nous pouvons dire que seules les industries lourdes comme les centrales électriques au charbon ou au gaz, les industries pétrolières, la sidérurgie et la cimenterie, sont des utilisateurs potentiels de la technologie de CTSC. Les petits émetteurs ne sont parfois pas au courant de cette technologie. Trois processus de localisation typiques de leurs secteurs sont cartographiés :

- pour le secteur énergétique (cf. Figure 5-1 page 90) ;
- pour le secteur minéral (cf. Figure 5-5, page 100) ;
- pour le secteur chimique (cf. Figure 5-10, page 114).

Ici, nous allons résumer le processus de la décision de localisation des industries lourdes.

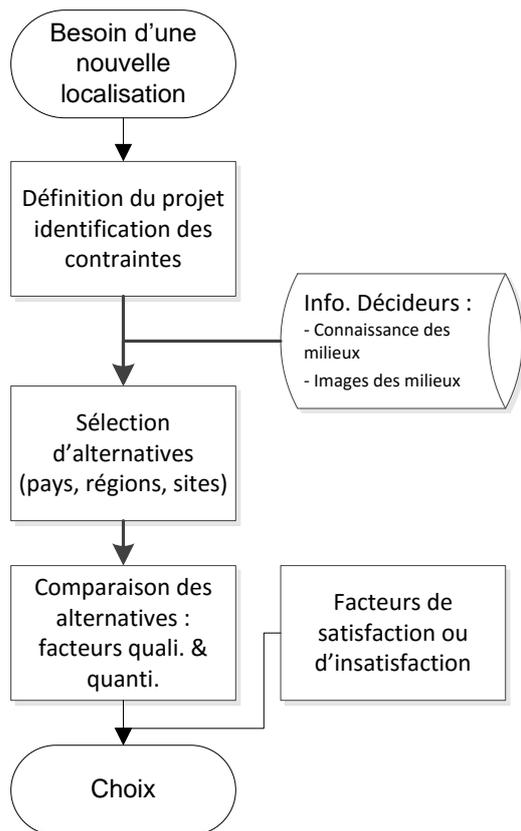


Figure 6-3 : Le processus de localisation dans la littérature (Mérenne-Schoumaker, 2008)

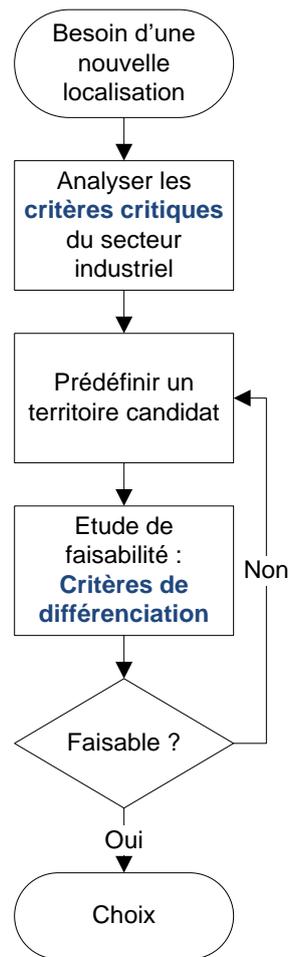


Figure 6-4 : Le processus de localisation des industries lourdes

Selon les entretiens réalisés, nous avons adapté les processus de localisation des industries de Mérenne-Schoumaker (Mérenne-Schoumaker, 2008) (Figure 6-3) à notre cas particulier, les industries lourdes, illustré Figure 6-4.

Une fois que l'entreprise a décidé d'implanter un nouveau site, elle liste tous les critères critiques de son domaine d'activité. Ce sont les critères primordiaux sans lesquels un site ne peut pas fonctionner. Ces critères sont généralement connus par les décideurs et sont propres au secteur : par exemple, le réseau électrique pour les producteurs d'électricité, la logistique amont et aval pour la sidérurgie, une carrière pour une cimenterie, etc.

L'entreprise va ensuite lister les territoires candidats qui peuvent répondre à ces exigences et elle va très souvent retenir un candidat pour l'étude de faisabilité. Dans cette étude, on calcule l'ensemble des coûts d'implantation, des coûts d'exploitation et le retour sur investissement. Dans cette étape, les critères qui rentrent dans le calcul sont les critères de différenciation. Si le résultat de l'étude est satisfaisant, on détermine le choix, sinon l'entreprise va refaire la même étude sur un autre candidat qui répond également à leurs critères critiques.

Nous pouvons dire, après notre étude, que le critère du CTSC n'est pas un critère critique pour ces industries dans leurs décisions de localisation. Par contre, il est un critère de différenciation qui :

- est présent dans le calcul de coût total d'une implantation ;
- constitue une attractivité supplémentaire : une entreprise va calculer combien d'euros elle peut économiser grâce au soutien du territoire d'accueil disposant d'infrastructures de CTSC ;
- peut être compensé par les autres critères de différenciation : par exemple, un terrain peut être intéressant s'il a d'autres avantages comme la facilité d'accès même s'il ne possède pas des infrastructures de CTSC.

Dans cette optique, les attentes des entreprises envers un territoire pour le CTSC consistent plutôt en un soutien économique.

## Chapitre 7. Préconisations et recommandations

*Outre des résultats académiques sur les facteurs et processus de localisation des entreprises industrielles, présentés au chapitre précédent, nous espérons que cette étude pourrait également aider les responsables de localisation et de la technologie de CTSC dans leurs décisions. Ce court chapitre formule quelques recommandations pour les acteurs locaux dans leurs décisions d'investissement dans les infrastructures ainsi que deux pistes en termes de développement durable pour leurs réflexions.*

### 7.1. Recommandations aux acteurs locaux

Dans un environnement incertain en termes de réglementation, l'évolution de la pratique de gestion du CO<sub>2</sub>, tout spécifiquement la technologie du CTSC n'est pas encore très claire pour les entreprises aujourd'hui. Il n'existe pas actuellement de projets de localisation qui intègrent le critère de CO<sub>2</sub>. Face à cette situation, comment les acteurs locaux vont se préparer et appréhender cette technologie du CTSC ?

Dans ce chapitre, nous proposons quelques points issus de ce projet de recherche et ouvrons des pistes de discussions liées à l'infrastructure du CTSC.

D'abord, il est aujourd'hui trop tôt pour investir dans les infrastructures de CTSC. Le CTSC est encore dans la phase de recherche ; les démonstrations ont donné des retours d'expériences très variés. Le programme CTSC n'est pas vraiment dans les feuilles de route des entreprises, et ne constitue pas un critère significatif de localisation. C'est parce que les règlements actuels ne sont pas suffisants pour pousser les entreprises à mettre en place le CTSC, et son évolution est difficilement prévisible. Généralement, les réglementations sur les émissions de CO<sub>2</sub> seront logiquement de plus en plus sévères. Or, comme nous sommes dans une concurrence internationale, des réglementations trop sévères vont supprimer les compétitivités des industries européennes, surtout dans le contexte économique actuel. En outre, les réglementations sur le CO<sub>2</sub> ne favorisent pas toutes la technologie du CTSC. Or l'avenir technologique, social et législatif n'est pas suffisamment clair non plus pour l'entreprise. Comme il manque la vision sur cette technologie, il est risqué, pour les territoires, d'investir aujourd'hui dans des infrastructures de CTSC. Il est clair qu'aucun site ne va sûrement venir au Havre uniquement pour ce réseau de CO<sub>2</sub>.

Ensuite, les infrastructures de CTSC, tel qu'un réseau CTSC, sont extrêmement coûteuses (des milliards d'euros), le risque financier est élevé. Il convient donc de bien arbitrer les investissements en tenant compte des ressources limitées des collectivités publiques concernées, comme par exemple, perfectionner ses points forts. En effet, la plupart des

usines choisissent Le Havre pour la raison logistique. Il est donc intéressant d'améliorer la performance des activités portuaires et la qualité des prestations logistiques.

De plus, Le Havre est géographiquement loin des lieux de stockage de CO<sub>2</sub>. Pour stocker le CO<sub>2</sub>, il y a deux choix, soit *onshore*, soit *offshore*. Le Havre est loin des lieux de stockage, soit *onshore*, le bassin parisien, soit *offshore*, la Mer du Nord. Sans parler des contraintes sociales et législatives du stockage *onshore*, il faut faire plus de 400 km de pipeline pour connecter Le Havre et le *Hub* Rotterdam. Dès lors, cette démarche rend Le Havre subordonné par rapport à la position de Rotterdam. Certainement, une infrastructure investie, genre un pipeline qui connecte Le Havre et Rotterdam, va compenser le handicap sur la distance à un lieu de stockage, c'est-à-dire elle peut rendre le CTSC au Havre possible. Cependant, s'il fallait passer par Rotterdam, il serait toujours moins pratique de s'implanter au Havre que de s'implanter à Rotterdam pour faire le CTSC.

Pour conclure, un investissement dans des infrastructures de CTSC est relativement tôt en termes d'attractivité de territoire. Cependant, nous pouvons néanmoins proposer les outils suivants pour développer le CTSC au Havre.

## 7.2. Infrastructure organisationnelle

Premièrement, nous avons besoin d'une « infrastructure organisationnelle » territoriale de CTSC. Une infrastructure dite organisationnelle signifie un acteur ou une organisation qui pourrait soutenir le développement du CTSC. Par rapport à une infrastructure physique, comme un réseau, des pipelines, une infrastructure organisationnelle est virtuelle. Elle est sous une forme de bureau, association ou cabinet, comme RCI de Rotterdam. Cette organisation peut assurer les missions suivantes :

- la veille stratégique<sup>32</sup> sur la technologie du CTSC : suivre l'avancement technologique du CTSC et les retours d'expériences des démonstrations en cours ;
- la veille stratégique sur les réglementations liées au CTSC : suivre les réglementations européennes, nationales sur la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et tout spécifiquement, sur la technologie du CTSC ;
- l'élaboration d'un plan de financement : établir les contacts avec les financeurs potentiels pour les projets territoriaux de CTSC ;
- la coordination et les communications vers les entreprises concernées : aucun projet possible sans que les entreprises y participent. Elles sont les utilisatrices de cette technologie. Il convient donc d'échanger avec elles pour savoir leurs attentes et besoins.

---

<sup>32</sup> La veille stratégique est un outil d'information et de compréhension permanente des réalités des marchés, des techniques des concurrents, de leurs intentions et capacités à les mettre en œuvre. Elle se définit alors comme un processus informationnel par lequel les entreprises peuvent s'informer de l'état et de l'évolution de leur environnements socio-économique dans le but créatif de découvrir des opportunités et de réduire l'incertitude. (Lesca et Schuler, 1998 ; Smida et Ben Romdhane, 2004)

Grâce à cette organisation, Le Havre pourrait réagir très rapidement dès lors qu'un investissement physique serait obligatoire ou approprié. Ainsi, cette organisation serait le guichet unique et l'interlocuteur principal des entreprises industrielles quand elles voudraient établir les discussions sur le sujet du CTSC avec le territoire du Havre.

### 7.3. Plateforme d'information de l'écologie industrielle

Deuxièmement, nous avons besoin de développer l'écologie industrielle. Il s'agit de revaloriser du CO<sub>2</sub> capté plutôt que de le stocker.

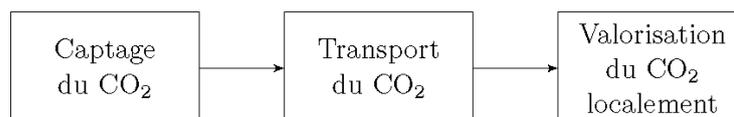


Figure 7-1 : CTSC et l'écologie industrielle

Voici deux définitions données par des chercheurs : selon BOIRAL et CROTEAU (Boiral et Croteau, 2001), l'écologie industrielle est : « *une approche intégrée d'analyse et de réduction des flux de matière et d'énergie visant à améliorer l'éco-efficience des métabolismes industriels par la promotion de technologies, de valeurs et de pratiques destinées à assurer la protection, la durabilité ainsi que le renouvellement des ressources nécessaires au développement.* » Dans l'article de Adoue et al. (Adoue, Ansart et Vincent, 2002), l'écologie industrielle est : « *une approche systémique de la société industrielle pour la valorisation systématique des déchets et des surplus d'énergie. Par analogie avec les écosystèmes, l'objectif est de créer des chaînes alimentaires industrielles où ces flux, autrefois perdus (mis en décharge, incinérés...), seraient réutilisés par d'autres industriels ou collectivités.* »

Nous pouvons constater que l'approche illustrée par la Figure 7-1 rentre parfaitement dans la logique d'écologie industrielle.

Il existe des utilisateurs du CO<sub>2</sub> dans la ZIP du Havre, telles que les industries pétrochimiques. Du CO<sub>2</sub> capté pourrait être valorisé localement. Or, après le premier essai de recueil des données, nous constatons que les données telles que la quantité du besoin en CO<sub>2</sub>, sa pureté et ses conditions ne sont pas directement accessibles. Il faudrait donc créer une plate-forme de niveau plus haute et ouvrir les discussions entre les entreprises pour faire sortir les pistes de l'écologie industrielle.

Il convient de préciser qu'il y a des entreprises qui possèdent du CO<sub>2</sub> pur généré par leurs processus de production (cf. le paragraphe 5.5.2.2, page 107). Comme présenté Figure 5-7, page 108, l'usine possède 216 Kt/an de CO<sub>2</sub> pur (sans besoin de captage) à récupérer et valoriser. Ceci constitue une piste de valorisation du CO<sub>2</sub> intéressante.

## **Chapitre 8. Conclusion générale**

### **8.1. Origine de la thèse**

L'optimisation de la chaîne logistique porte sur la sélection de sites logistiques (dont les sites industriels au niveau de production) et de modes et circuits de transport. Dans le cas particulier du choix de lieux d'installation, la démarche implique les entreprises en quête de sites répondant à des caractéristiques particulières, mais aussi les collectivités publiques soucieuses de valoriser l'attractivité de leurs territoires.

Or, la sélection de sites logistiques est rendue d'autant plus difficile que le modèle de performance de la chaîne logistique se complexifie, combinant des critères de sûreté et d'environnement avec ceux de délai et de qualité.

Typiquement, les entreprises émettrices de CO<sub>2</sub> tiendront de plus en plus compte de l'incidence des opérations de gestion de CO<sub>2</sub> sur l'évaluation de tel ou tel lieu possible pour l'implantation industrielle ; de même, les collectivités publiques doivent réfléchir aux moyens à mettre en place afin de rendre leurs territoires attractifs pour de telles entreprises, tant dans l'exercice de leur activité principale que dans celui des activités induites par la production de CO<sub>2</sub>.

La localisation est une décision stratégique cruciale pour une entreprise. L'enjeu est vital, l'erreur n'est pas permise. Cependant, la nouvelle contrainte de localisation et la gestion du CO<sub>2</sub> sont peu étudiées dans la littérature d'aujourd'hui. Ce réel besoin est exprimé par les collectivités régionales et les entreprises industrielles : à quel niveau le facteur est-il important dans la décision de la localisation des industries ?

Pour apporter une réponse, cette thèse étudie les nouvelles tendances environnementales dans la conception de la chaîne logistique, plus spécifiquement, la localisation des industries. Elle inspire les connaissances et les méthodes dans le domaine des sciences de gestion et elle donnera, aux décideurs d'entreprise, un état des lieux du problème de la gestion du CO<sub>2</sub> dans la localisation et, aux collectivités locales, des recommandations d'aménagement territorial vis-à-vis de ce nouveau facteur de localisation afin d'améliorer leur attractivité.

### **8.2. Contexte environnemental**

La lutte contre le réchauffement climatique est un enjeu majeur pour nos sociétés contemporaines. En effet, le GIEC prévoit qu'une hausse des températures supérieure à 2 °C pourrait avoir des conséquences néfastes sur l'environnement et les activités humaines. Dans ce cadre, l'Europe et la France ont fait de la réduction des émissions des gaz à effets de serre une priorité.

Les gaz à effet de serre ont pour principale conséquence le réchauffement de la planète. Ils sont utiles puisque sans eux, la température de la Terre serait de  $-18\text{ °C}$ . Ils retiennent une bonne partie du rayonnement solaire et évitent ainsi qu'il reparte dans l'espace.

En revanche, l'effet de serre est étroitement lié à l'intensité des teneurs dans l'atmosphère de certains gaz (vapeur d'eau, dioxyde de carbone, méthane, protoxyde d'azote, composés fluorés, ...) et varie donc de façon calculable en fonction de ces teneurs.

C'est pourquoi, l'augmentation croissante et forte des émissions dues aux activités humaines, dites anthropiques, joue un rôle important dans le réchauffement de la planète, même si celles-ci ne représentent qu'une petite partie des émissions naturelles.

Les émissions anthropiques proviennent essentiellement de la combustion d'énergie fossile (pétrole, charbon, gaz naturel). Elles se retrouvent à quantité quasi identique dans les domaines de l'industrie, du transport et du secteur résidentiel et tertiaire, notamment au niveau du chauffage et de la climatisation. L'agriculture est l'autre grande source de gaz à effet de serre, notamment du méthane.

Pour gérer cette crise environnementale, des actions rapides et efficaces doivent être mises en place au niveau mondial afin d'empêcher les émissions des GES, en particulier le  $\text{CO}_2$ .

En France, l'objectif de réduction du  $\text{CO}_2$  est traduit par « Facteur 4 », c'est-à-dire diviser par quatre les émissions françaises de  $\text{CO}_2$  d'ici 2050. Cet objectif est difficile à atteindre, aucune solution technique prise isolément ne permettra de réduire suffisamment les émissions pour parvenir à la stabilisation, mais une gamme de mesures d'atténuation sera nécessaire. Tous les leviers ci-dessus doivent être actionnés simultanément. L'agence internationale de l'énergie évalue ainsi le potentiel du CTSC à 19 % du total de la réduction nécessaire des émissions à l'horizon 2050.

Le système d'échange est entré en vigueur en janvier 2005 au sein de l'Union Européenne. Dès lors, les industriels assujettis ont rendu compte de leurs émissions de dioxyde de carbone et ont dû respecter les quotas qui leur ont été alloués en achetant des quotas ou en acquittant une taxe le cas échéant.

Au niveau national, des réglementations pour certaines sections industrielles sont transposées en France. Ces nouvelles contraintes obligent les entreprises émettrices de  $\text{CO}_2$  à réfléchir à de nouveaux modes de gestion environnementale et peuvent influencer leurs décisions de localisation ou délocalisation. En France, la deuxième période d'allocations de quotas, entrée en vigueur au 1er janvier 2008, s'achève fin 2012. 54 établissements haut-normands étaient concernés et devaient annuellement déclarer leurs émissions de dioxyde de carbone suivant une méthode validée par l'inspection des

installations classées et restituer les quotas correspondants (1 « quota » par tonne de CO<sub>2</sub>).

Dès le 1<sup>er</sup> janvier 2013 débute la troisième période d'échange. Le champ d'application du système est notablement élargi : 62 installations seront concernées en Haute-Normandie.

Ces réglementations obligent les industriels à réfléchir sur la gestion des émissions de CO<sub>2</sub>. Généralement, trois moyens de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> sont possibles :

- la recherche de l'efficacité énergétique, la sobriété énergétique et le symbiotisme énergétique sont les voies essentielles ;
- en parallèle, il faut s'attacher à substituer les énergies fossiles par les énergies renouvelables (solaire, éolien, marines) ;
- les opérations de captage, transport et stockage (ou bien réutilisation) du CO<sub>2</sub> émis par les activités humaines (surtout les grands émetteurs industriels en premier lieu) constituent un complément à la démarche indiquée ci-dessus.

Les opérations de CTSC permettent de capter le CO<sub>2</sub> émis par les grandes unités industrielles, le transporter et le stocker dans des structures géologiques, pendant une durée millénaire (cf. Figure 1-2, page 10).

### **8.3. Cadre académique**

Pour étudier le sujet de localisation, des sites industriels entre autres, nous avons réalisé une revue bibliographique des travaux existants. Nous pouvons présenter ces travaux sous deux rubriques : les théories classiques de la localisation et les théories de la décision.

#### **8.3.1. Théories classiques de la localisation**

Bien que la localisation fasse l'objet de recherches des différents domaines scientifiques tels que l'économie, la géographie et la gestion, les premières études relèvent d'une approche économique.

Après les premiers éléments scientifiques sur le sujet de Von Thünen en 1826 et le premier modèle de Launhardt en 1882, Alfred Weber (1909) est considéré comme le fondateur de la théorie classique de la localisation. Ses études hypothético-déductives sont basées sur les calculs économiques pour déterminer un lieu dit « optimal » pour localiser un site. L'idée est de construire un modèle simplifié de la réalité, et d'ajouter graduellement des facteurs pour approcher le modèle de la réalité. Les premiers modèles sont très simplifiés, comme celui de Launhardt. Dans son modèle, l'objectif est de minimiser le coût du transport et les variables sont les distances physiques vers les clients et les fournisseurs, et le volume à transporter. Le coût du transport est considéré comme proportionnel à la distance et le volume à transporter ; les autres facteurs sont considérés comme des constantes.

$$C_T = \sum_{i=1}^i D_i V_i + \sum_{j=1}^j D_j V_j$$

où:

- $C_T$  : le coût total de transport ;
- $D$  : la distance ;
- $V$  : le volume à transporter ;
- $i$  : le nombre de fournisseurs ;
- $j$  : le nombre de clients.

Ce modèle est ensuite complété par différents auteurs à travers l'ajout de variables. Weber introduit une variable relative à la main-d'œuvre, Hotelling (1929) intègre le facteur de la concurrence spatiale, etc.

Bien que cette approche soit ancienne, elle est toujours couramment utilisée aujourd'hui. En utilisant de nouvelles méthodes de calcul comme la programmation linéaire, de nouveaux outils de calcul comme l'ordinateur, il est possible d'intégrer aujourd'hui des centaines de facteurs quantifiables. De nombreux logiciels d'aide à la décision de localisation utilisent cette logique, par exemple CAST de Barloworld qui optimise les lieux de localisation pour les réseaux de distributions principalement.

Si nous changeons le point de vue sur le problème de localisation, passant d'une logique d'entreprise vers une logique d'agglomération, il faudrait introduire ici le courant de la « nouvelle économie géographique ».

Un site peut se localiser seul dans un espace rurale, mais, pourquoi des entreprises préfèrent-elle s'installer dans un cluster ou autrement dit, dans une zone industrielle ou une zone industrialo-portuaire (ZIP) ? L'étude des forces centripètes (les synergies) et des forces centrifuges sont l'objet de l'économie d'agglomération. La multiplication des ressources locales favorise le développement de la région, et inversement, le développement de la région attire plus d'entreprises : ce modèle de développement a un effet boule de neige.

En 1920, Marshall a identifié trois moyens de mutualisation des avantages dans une zone industrielle :

- la construction de bassins d'emploi ou de main-d'œuvre spécialisée locale ;
- l'identification de fournisseurs locaux (nous pouvons rajouter ici les clients locaux dans la même logique) ;
- la facilitation des échanges informationnels locaux.

Paul Kurgman est considéré comme le fondateur de ce courant. Dans son œuvre « Géographie Commerciale » en 1998, il résume les travaux de l'économie régionale,

l'économie d'agglomération, tout en ajoutant l'effet des forces centrifuges. Il y propose des grands axes de la nouvelle économie géographique.

Cette logique peut rapidement être liée à des ressources et services en commun sur un territoire comme les infrastructures de transport, l'écologie industrielle, etc. L'économie externe est donc une source importante pour les installations et des avantages attractifs pour les entreprises qui cherchent un lieu.

Il est à noter que dans ce cas, les facteurs de localisation ne sont plus statiques comme les distances physiques et les volumes de marchandises, mais sont dynamiques car ils dépendent des interactions des sites dans une même zone. Idem, ces facteurs sont souvent caractérisés dans une logique prospective.

### **8.3.2. Décision de la localisation**

Revenant sur le point de vue de l'entreprise, les gestionnaires préfèrent adopter une approche décisionnelle. Une entreprise est un système de décision. À travers des décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles, les entreprises vivent leurs vies quotidiennes.

Jusqu'ici, les études économiques sur la localisation sont basées sur les hypothèses suivantes :

- la concurrence parfaite ;
- les informations sont tout à fait transparentes ;
- et les décideurs sont parfaitement rationnels.

Pourtant, aucune de ces hypothèses ne sont valides dans la réalité selon Simon. Après son intégration de la logique « rationalité limitée » dans les années 50, l'objectif de localisation devient, non plus le choix d'un lieu « optimal », mais plutôt celui d'un lieu « satisfaisant » aperçu par les décideurs. La décision de localisation n'est pas simplement un calcul de minimisation des coûts totaux de la localisation, de l'installation, voire la future exploitation, mais surtout un compromis de différentes contraintes. Dans cette logique, le « meilleur lieu » n'existe pas, l'entreprise s'arrête à la première solution satisfaisante.

Un autre point important est que la décision de localisation est une décision stratégique dans l'entreprise. Il convient de comprendre le processus de cette décision. Mérenne-Schoumaker, dans son livre en 2008, propose un processus standard de la localisation :

- définition du projet et identification des contraintes ;
- sélection d'alternatives (en tenant compte de l'information disponible) ;
- comparaison des alternatives ;
- choix.

Ce processus correspond au processus général de la décision de Simon.

#### **8.4. Questions de la thèse**

Après avoir compris les enjeux tant pour les industries émettrices que pour les collectivités locales, cette thèse porte l'ambition de chercher la part actuelle et à venir, prise par la gestion du CO<sub>2</sub> (tout spécialement opérations de CTSC) dans les choix d'implantation de sites industriels. L'idée finale est de restituer aux collectivités locales une indication quant à l'attractivité supplémentaire qu'elles tireraient d'un investissement dans ce domaine.

La question centrale de la thèse est donc :

Est-ce que les nouvelles réglementations et contraintes environnementales (comme le critère permis d'émission CO<sub>2</sub>) influenceront la décision de localisation ?

Pour mieux répondre à cette question, il convient de préciser les points suivants :

- le facteur de CO<sub>2</sub> signifie la facilité de gérer les émissions du CO<sub>2</sub> dans un territoire (proche de la zone de stockage géologique du CO<sub>2</sub>, accès aux technologies/réseaux de CTSC, etc.) ;
- dans la littérature scientifique, le facteur de CO<sub>2</sub> n'est pas encore mentionné comme un facteur de localisation ;
- il faut mesurer ou estimer l'importance du facteur CO<sub>2</sub> par rapport aux autres facteurs de localisation (comme le marché, la main-d'œuvre, la position géographique, etc.) ;
- il va falloir identifier si le facteur de CO<sub>2</sub> est un facteur critique (décisif) ou dans quelles conditions, le facteur CO<sub>2</sub> devient critique ;
- la « délocalisation » signifie la possibilité que des entreprises quittent le territoire parce que ce dernier n'a pas de moyen efficace pour gérer leur coproduit CO<sub>2</sub> ;
- les entreprises concernées sont les entreprises émettrices de CO<sub>2</sub> qui sont, en premier lieu, les installations soumises au système d'échange de quotas (production d'énergie, ciment, verre, métaux ferreux, industries minérales, pâtes à papier) et les exploitants d'installations de combustion de plus de 20 MW.

#### **8.5. Terrain de recherche**

Le cluster industriel du Havre représente la troisième grande zone émettrice de CO<sub>2</sub> en France avec 15 grands émetteurs de CO<sub>2</sub> au-dessus de 100 000 tonnes par an (dont 4 au-dessus de 1 Mt) dans un rayon de 50 km (cf. Figure 1-10). Les émissions globales considérées sont respectivement de 10,7 Mt en 2005, 14,5 Mt en 2008 et environ 20,7 Mt en 2020.

Comme illustré dans la Tableau 1-3 (page 24), les émissions de cette zone géographique représentent 8,85 % des émissions françaises totales en 2008, soit une densité supérieure de plus d'un facteur 6 par rapport à la moyenne nationale.

Cette ZIP du Havre porte des ambitions en matière de développement durable par la maîtrise de ses émissions de CO<sub>2</sub>, avec une volonté énoncée de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de 3 % par an sur le territoire. Ainsi, Le Havre a un fort potentiel de développement pour des opérations de CTSC : en supposant un taux de captage du CO<sub>2</sub> de 90 % et un début de captage à échelle industrielle en 2020, une durée de vie moyenne des installations émettrices de 30 ans, Le Havre peuvent capter de l'ordre de 560 Mt de CO<sub>2</sub> émis par ses industries.

Ce territoire, combiné avec l'évolution des technologies de CTSC et les réglementations environnementales de plus en plus sévères, est un terrain parfait pour l'ensemble des recherches sur le CTSC, telles que les technologies de captage, l'acceptabilité sociale et les sciences de gestion.

## **8.6. Méthodologie**

Dans le cadre des travaux portant sur les localisations, il faut souligner l'importance des méthodes mises en œuvre pour collecter et traiter l'information, les recherches reposant essentiellement sur les enquêtes auprès des dirigeants d'entreprises et de ceux qui ont accompagné leur choix. Les résultats obtenus sont ainsi largement dépendants des techniques d'enquête (échantillonnage, questionnaire ou guide d'entretien), de la bonne volonté et de la qualité des répondants ou encore des méthodes mises en œuvre pour traiter les informations recueillies (méthodes quantitatives ou qualitatives comme l'analyse des données).

Une information de qualité, fiable, disponible et directement utilisable est un élément central. Plus le décideur est informé, meilleure sera sa décision. Au niveau de la collecte de l'information, il sera donc important de rencontrer les personnes qui ont réellement participé aux choix (Mérenne-Schoumaker, 2008).

La nature de ce sujet de recherche, qui est plutôt pour comprendre un phénomène que pour mesurer, nous amène à choisir une démarche qualitative. Pour trouver les questions pertinentes afin de recueillir des informations de qualité, dans ce projet de recherche nous utilisons d'abord une approche qualitative par entretiens individuels avec un panel d'experts en localisation et des décideurs industriels. Ensuite, les informations et données recueillies seront traitées et analysées qualitativement. Enfin des recommandations seront données aux acteurs locaux (du Havre) pour qu'ils puissent mieux comprendre les nouvelles contraintes et exigences environnementales (en l'occurrence le CTSC) dans les décisions de localisation des entreprises industrielles.

### **8.6.1. Échantillonnage**

D'abord, nous visons les industries émettrices de CO<sub>2</sub> pour notre enquête de terrain. Parce que le sujet est lié directement à des opérations de réduction de CO<sub>2</sub>, les grands secteurs comme l'énergie fossile, la pétrochimie, la cimenterie, la sidérurgie rentrent automatiquement dans notre périmètre d'étude. En revanche, les industries comme l'automobile, malgré son volume d'activité, n'ont pas de densités significatives en termes d'émission de CO<sub>2</sub>, elles ne font donc pas l'objet d'études dans cette recherche. Nous classons ces industries par ordre décroissant de leurs volumes d'émission et nous considérons que plus ses émissions sont importantes, plus son intérêt est important dans notre étude.

Il est à noter que les méthodes d'études et les facteurs pris en compte sont très différents entre des localisations d'un site de l'industrie lourde et un autre type de site comme un point de vente, un entrepôt ou une PME.

Ensuite, le terrain de notre recherche est principalement des sites de la ZIP du Havre. En effet, la région du Havre possède une densité d'émission de CO<sub>2</sub> 6 fois plus élevée que la moyenne nationale. En même temps, l'autorité du Havre est intéressée par des études de faisabilité sur les infrastructures de CTSC.

Il convient de préciser que nous travaillons sur les localisations des sites. Cependant, les sièges sociaux où les décisions de localisation sont prises ne sont pas nécessairement au Havre, ou même en France. Dans ce cas, nous essayons de remonter la ligne hiérarchique et nous nous déplaçons vers les sièges si la situation le permet.

Enfin, nous préférons rencontrer directement les décideurs qui participent à la décision de localisation comme des services de localisation, des services stratégiques, des directeurs de site, etc., pour obtenir des informations de première main.

Ce choix génère beaucoup de difficultés dans la pratique, car les responsables de haut niveau ne sont pas toujours disponibles pour les études académiques. Dans ce cas, nous sommes obligés de passer par d'autres responsables de l'entreprise pour recueillir des informations indirectes.

### **8.6.2. Traitement de l'information**

Quant à analyser les données pour retirer les résultats, les différentes méthodes scientifiques peuvent être utilisées (statistique, analyse factorielle des correspondances, etc.). La méthode peut être finalement choisie en fonction de la nature des données collectées.

Il s'agit d'une approche spécifiquement qualitative du sujet, que ce soit par la nature des données recueillies (comptes rendus d'entretiens semi-directifs) et par le mode d'analyse appliqué à ces données (analyse textuelle pour la compréhension des discours).

## 8.7. Résultats

Les résultats issus de plus de 50 entretiens mettent l'accent sur le lien entre la formation générale et des problèmes concrets.

- Au plan académique, contribuer à une meilleure connaissance des processus de décision en matière de conception de la chaîne logistique, plus spécifiquement de sélection de sites industriels, ainsi qu'à la promotion d'une approche globale de la performance des chaînes logistiques incluant la dimension environnementale.
- Au plan professionnel, mettre à disposition des praticiens concernés par des modèles de gestion des opérations de CTSC pouvant à la fois être consultés comme des meilleures pratiques et servir de base au développement d'outils formels d'aide à la décision.

Ces résultats sont classés selon notre grille de lecture : les facteurs de localisation et leurs évolutions, les processus de localisation et l'importance du facteur CTSC dans la décision de localisation. Chaque point est présenté par secteur industriel.

Par exemple, sur les facteurs de localisation, dans le secteur des énergies fossiles (centrales à charbon), les facteurs les plus importants sont le réseau d'électricité, la facilité d'approvisionnement des charbons, et l'eau de refroidissement.

Pour répondre à la question centrale de notre thèse, les processus de décision de la localisation ne sont pas significativement modifiés par les infrastructures de CO<sub>2</sub> éventuelles. Les opérations de CTSC interviennent comme un coût supplémentaire lorsqu'on calcule la rentabilité. Aucune entreprise dans la ZIP du Havre ne considère que le manque d'infrastructures de CTSC soit une raison de délocalisation.

## 8.8. Discussion

Bien que les résultats ne soient pas homogènes selon les secteurs d'activité, nous pouvons néanmoins comprendre quelques points clés du comportement de localisation des sites industriels et la place de facteurs de CO<sub>2</sub>.

Premièrement, le facteur de CO<sub>2</sub> est un facteur économique pour l'industrie. En effet, des facteurs « environnementaux » n'existent pas chez les industriels, la gestion du CO<sub>2</sub> intervient uniquement lorsque ces opérations génèrent un coût supplémentaire ou créent un profit. Autrement dit, lorsqu'une entreprise décide d'appliquer des opérations pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> comme le CTSC, cela n'a rien à avoir avec l'environnement.

Deuxièmement, comme ce facteur rentre dans le calcul du coût total d'installation et d'exploitation, il n'est pas un facteur critique, mais plutôt secondaire. Une infrastructure du CTSC peut rendre le territoire plus attractif uniquement lorsqu'elle rend ce coût total moins cher.

Troisièmement, les entreprises ne vont pas appliquer spontanément les opérations de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> sauf si la loi les y oblige. En effet, ces opérations sont extrêmement coûteuses et difficilement rentables économiquement.

Aujourd'hui, les industries ont conscience du réchauffement climatique. Nombreuses stratégies ont été mises en place dans ces entreprises. Par contre, il y a encore beaucoup de discussions au sein des industries pour la technologie du CTSC. Pour la plupart d'entre elles, le CTSC est une solution palliative, coûteuse, avec risques et parfois une mauvaise image de l'entreprise.

Les processus de décision de la localisation ne sont pas significativement modifiés par les infrastructures du CO<sub>2</sub> préinstallées éventuelles. Les opérations de CTSC interviennent comme un coût supplémentaire lorsqu'on calcule la rentabilité.

Si une telle infrastructure existait sur un territoire, les entreprises voudraient bien en profiter. Cependant ce n'est pas un critère d'implantation critique, parce que :

- soit l'industrie peut gérer toute seule ses émissions ;
- soit la quantité d'émissions n'est pas assez importante pour les gérer ;
- soit on préfère investir sur d'autres moyens de réduction de CO<sub>2</sub>.

Parallèlement, aucune entreprise dans la ZIP du Havre ne considère que le manque d'infrastructure de CTSC soit une raison de délocalisation.

Pour résumer :

- En termes de localisation, le CO<sub>2</sub> est un facteur non pas environnemental mais économique.
- Les entreprises seront les acteurs principaux de cette technologie, mais pas le promoteur. Lorsque le modèle économique n'existe pas, les entreprises ne vont pas s'engager naturellement.
- Le promoteur de cette technologie est le pouvoir public national ou communautaire, à travers des réglementations (comme pour NO<sub>x</sub> et SO<sub>x</sub>) et des moyens de financement pour les industries délocalisables.
- Les acteurs locaux jouent un rôle d'organisateur.
- Derrière tout ça, il y a un choix politique à faire : développement économique ou protection de l'environnement. Sachant que les deux ne sont pas compatibles. Le développement durable n'est qu'un moyen de diminuer l'impact environnemental, mais il ne favorise pas l'environnement.

## **8.9. Recommandations aux autorités locales**

Parmi les moyens de réduction des émissions de GES, la technologie du CTSC n'est pas suffisamment mure actuellement et les entreprises ne sont pas encore prêtes à réfléchir aux nouvelles localisations pour capter leur CO<sub>2</sub>. Investir plusieurs millions, voire milliards,

d'euros sur une infrastructure de CTSC est très risqué financièrement pour une région, surtout pour une région comme Le Havre qui n'a qu'une centrale à charbon.

Cependant, les acteurs locaux doivent mobiliser une compétence de gestion du CO<sub>2</sub>, à travers de la veille stratégique, une plate-forme de communication et une plate-forme de financement pour appréhender les projets éventuels dans le futur.

Il faut rappeler que la technologie de CTSC est nécessaire pour stabiliser le réchauffement climatique. Cependant, le seul moyen d'appliquer cette technologie est l'obligation. Les entreprises seront des acteurs principaux de cette technologie, mais pas les promoteurs.

Sauver la planète est coûteux, la question est qui va payer. Si les lois obligent les entreprises à l'appliquer, cela augmentera sûrement les coûts de revient des industries et augmentera les prix de leurs produits. Certaines entreprises sont sous la concurrence internationale, avec des concurrents des pays sans contraintes environnementales. La compétitivité de ces entreprises va diminuer, il va falloir donc que l'État subventionne jusqu'à 100 % des coûts liés à cette technologie.

### **8.10. Contribution académique**

Cette thèse fait apparaître une lacune importante en matière de relations entre la localisation des industries et le facteur de CO<sub>2</sub>.

D'abord, cette étude complète les facteurs de localisations des entreprises industrielles dans le cadre de la théorie classique de localisation par l'introduction d'un nouveau facteur d'actualité, un facteur lié au CO<sub>2</sub>.

Ensuite, dans le cadre décisionnel de localisation, un certain nombre de processus typiques des industries lourdes sont identifiés. Cela enrichit le processus de localisation « standard » dans les littératures et porte un aspect de la « réalité ».

Enfin, la méthodologie de cette recherche est applicable dans d'autres recherches similaires telles que l'introduction d'autres facteurs dans la décision de localisation.

## Bibliographie

ADEME, 2011, « Le fonds démonstrateurs européen « NER 300 » : un dispositif majeur pour développer les technologies décarbonées en Europe »,.

ADOUE C., ANSART A., VINCENT F., 2002, « Recherche de synergies matières/énergie entre secteurs industriels: réflexions et perspectives », *Déchets*, No 28, p. pp. 3-7.

AIDA, 2010, « Arrêté du 23/07/10 relatif aux chaudières présentes dans les installations de combustion d'une puissance thermique supérieure ou égale à 20 MWth autorisées ou modifiées à compter du 1er novembre 2010 »,.

AKONO D., FERNANDES V., 2009, « Impacts du développement durable sur les organisations logistiques », *Management & Avenir*, n° 26, 6, p. 241-255.

AMIEL M., BONNET F., JACOBS J., 1998, *Management de l'administration*, De Boeck Supérieur, 308 p.

ARTHUIS J., 1993, *Les délocalisations et l'emploi: Mieux comprendre les mécanismes des délocalisations industrielles et des services*, Les Éditions d'Organisation.

AUBERT-LOTARSKI A., 2007, « Analyse de contenu », *Décrire et agréger des données chiffrées et qualitatives*, ESEN.

AUBERT P., SILLARD P., 2005, « Délocalisations et réductions d'effectifs dans l'industrie française »,.

BARDIN L., 1991, *L'analyse de contenu*, Presses universitaires de France, 308 p.

BERTHIER N., 2010, *Les techniques d'enquêtes en sciences sociales: méthodes et exercices corrigés*, Paris, Armand Colin.

BLANCHET A., GOTMAN A., 2007, *L'enquête et ses méthodes. L'entretien*.

BLAUG M., 1999, *La pensée économique*, Paris, Economica.

BOIRAL O., CROTEAU G., 2001, « Du développement durable à l'écologie industrielle, ou les métamorphoses d'un concept caméléon », *Actes Xe Conférence de l'Association internationale de management stratégique*.

BONNEVILLE A., 2010, « Captage et stockage du CO2 : Enjeux techniques et sociaux en France », dans HA-DUONG M., NACEUR C. (dirs.), Versailles, Editions Quae.

BOWEN F., 2011, « Carbon capture and storage as a corporate technology strategy challenge », *Energy Policy*, p. 2256-2264.

BRABET J., 1988, « Faut-il encore parler d'approche qualitative et d'approche quantitative? », *Recherche et Applications en Marketing*, 3, 1, p. 75-89.

- BRÉMONT J., GELEDAN A., 1981, *Dictionnaire économique et social*, Hatier.
- BRUNET R., FERRAS R., THÉRY H., 1993, *Les mots de la géographie: dictionnaire critique*, RECLUS (Collection Dynamiques du territoire).
- CAMPENHOUDT L. VAN, QUIVY R., MARQUET J., 2011, *Manuel de recherche en sciences sociales*, Paris, Dunod.
- CHENEVIÈRE C., 2009, « Le marché européen des quotas de CO<sub>2</sub> », *Courrier hebdomadaire du CRISP*, n° 2040, 33, p. 5-51.
- CLODIC D., 2010, « EDITO : Captage, Stockage et Valorisation du CO<sub>2</sub> », *Le journal de la Chaire Industrielle Captage, Transport et Stockage du CO<sub>2</sub>*, 1, p. 1.
- CONSTRUCTION CARBONE, 2009, « Du carbone dans le CIMENT ! »,.
- COPELAND B.R., TAYLOR M.S., 2000, « Free trade and global warming : a trade theory view of the Kyoto protocol », Working paper, 4, Wisconsin Madison - Social Systems.
- COUSSY P., 2010, « Les enjeux économiques », dans *Captage et stockage du CO<sub>2</sub> : Enjeux techniques et sociaux en France*, Versailles.
- DANTZIG G.B., 1948, *Programming in a linear structure*, Washington D.C., USAF.
- DANTZIG G.B., 1951, « Activity analysis of production and allocation », dans New York, J. Wiley, p. 359-373.
- DESAI Z., ALBEROLA E., 2014, « Tendances Carbone n°88 », *Tendances Carbone*, février 2014.
- DEY P.K., 2001, « Integrated approach to project feasibility analysis: a case study », *Impact Assessment and Project Appraisal*, 19, 3, p. 235-245.
- DREAL, 2012, « L'industrie et l'environnement en Haute-Normandie », Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement.
- DUNNE K.J., 2006, *Perspectives on Localization*, John Benjamins Publishing, 363 p.
- EDF, 2010, « Dossier de presse EDF Le Havre »,.
- ENGELENBURG B.C.W. VAN, 2011, « ROTTERDAM CCS NETWORK PROJECT: Case study on "lessons learnt", The methodology and plan of the research », DCMR Centre for Environmental Expertise.
- EXBRAYAT N., GAGNÉ C., RIOU S., 2013, « Taxe carbone globale, effet taille de marché et mobilité des firmes », *Revue économique*, Vol. 64, 2, p. 265-278.
- FERNANDES V., AKONO D., 2010, « Impacts du développement durable sur les choix de relocalisation : une approche exploratoire »,.
- FOIGNET J.-J., CARLUER F., 2009, « Le « Yield Management » », *Revue française de gestion*, n° 196, 6, p. 29-47.

- FUTURA-SCIENCES, s. d., « Récupération assistée du pétrole », *Futura-Sciences*.
- GEOGREEN, 2009, « Étude de pré faisabilité d'une chaîne CTS intégrée au Havre », Le Havre Développement.
- GIEC, 2005, « Piégeage et stockage du dioxyde de carbone : Résumé à l'intention des décideurs et Résumé technique », GIEC.
- GIEC, 2007, « Bilan 2007 des changements climatiques », Genève, GIEC.
- GOASGUEN R., 2012, « Au Havre, la guerre des cimentiers fait rage - Industrie/Négoce - LeMoniteur.fr »,.
- GRANDVAL S., SOPARNOT R., 2005, « Le développement durable comme stratégie de rupture : une approche par la chaîne de valeur inter-sectorielle », *Management & Avenir*, 5, 3, p. 7-7.
- GRANDVAL S., SOPARNOT R., 2008, « Intégrer le développement durable dans le Business Model de l'entreprise », dans *Le développement durable - Théories et applications au management: Théories et applications au management*, p. 123-137.
- HAMMERSLEY M., 1992, « Deconstructing the Qualitative-Quantitative Divide », dans BRANNEN J. (dir.), *Mixing Methods: Qualitative and Quantitative Research*.
- HAYTER R., 1997a, *The dynamics of industrial location : the factory, the firm and the production system.*, Reprint., Chichester, Wiley.
- HAYTER R., 1997b, *The dynamics of industrial location : the factory, the firm and the production system.*, Reprint., Chichester, Wiley.
- HENDRIKS C., GRAUS W., BERGEN F. VAN, 2004, « Global carbon dioxide storage potential and costs », EEP-02001, Ecofys, TNO.
- HOOVER E.M., 1948, *The Location Of Economic Activity*, McGraw Hill Book Company Inc., 336 p.
- HOTELLING H., 1929, « Stability in Competition », *the Economic Journal*, 39, 153, p. 41-57.
- IBM, 2008, « Mastering carbon management: Balancing trade-offs to optimize supply chain efficiencies », IBM Global Business Services, IBM Institute for Business Value.
- ICF INTERNATIONAL, 2010, « Defining CCS Ready: An Approach to An International Definition », The Global Carbon Capture and Storage Institute.
- IFP, 2010, « Stockage géologique du CO<sub>2</sub> »,.
- IFP ÉNERGIES NOUVELLES, 2010, *Changement climatique : Les technologies de captage du CO<sub>2</sub>*.
- IFP ÉNERGIES NOUVELLES, 2011, *COCATE*.

- INJEP H., 2012, « Les méthodes qualitatives », 25 octobre 2012.
- ISRAËL B., 2012, *Quel avenir pour l'industrie dans les places portuaires : l'exemple de l'estuaire de la Seine*, Presses des MINES, 28 p.
- KEMPF H., 2011, « La crise freine les projets de captage et de stockage du carbone en profondeur », *Le Monde*.
- LAFARGE, 2012, « Rapport Financier pour le quatrième trimestre clos au 31 décembre 2011 ».
- LAFARGE, 2013, « Rapport annuel Lafarge 2012 », Lafarge.
- LAOUKILI A., 2014, « Éditorial », *Connexions*, 101, 1, p. 7-10.
- LAROCHE H., 2014, « La décision comme production d'ordre dans les organisations », *Connexions*, 101, 1, p. 11-18.
- LAUNHARDT W., 1882, « Die Bestimmung des zweckmäßigsten Standorts einer gewerblichen Anlage (Determining the optimal location of an industrial site) », *Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure*, 26, p. 105-116.
- LECOMTE F., BROUTIN P., LEBAS E., 2009, *Le captage du CO2: Des technologies pour réduire les émissions de gaz à effet de serre*, Paris, Editions Technip, 202 p.
- LEGUET B., 2011, « LES SYSTEMES DE QUOTAS AU SERVICE DE LA REDUCTION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE », CDC Climat.
- LEHMANN-ORTEGA L., ROY P., 2009, « Les stratégies de rupture : Introduction », *Revue française de gestion*, 197, 7, p. 109-111.
- LE MONDE, 2012, « La France amorce la fin des droits à polluer gratuits dans l'industrie », *Le Monde.fr*, 5 décembre 2012.
- LE PARLEMENT EUROPÉEN ET LE CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE, 2003, « Directive 2003/87/CE: établissant un système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre dans la Communauté »,.
- LESCA H., SCHULER M., 1998, « Veille stratégique: comment ne pas être noyé sous les informations », *Economies et sociétés*, 32, p. 159-180.
- LHD, 2011, « Un nouveau Président pour Le Havre Développement ».
- Loi N° 2009-967, 2009, « LOI No 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (1) »,.
- LÖSCH A., 1954, *The Economics of Location*, Yale University Press.
- MAHFOUD A., 2010, « Introduction Aux Sciences de Gestion », *Scribd*.

MALHERBE D., 2006, *Initiation aux sciences de gestion : histoire, actualité, métiers et formations*, Paris, Vuibert.

MANZAGOL C., 1980, *Logique de l'espace industriel*, Presses universitaires de France, 256 p.

MARCHESE U., 1996, *Lineamenti e problemi di economia dei trasporti*, Genova, ECIG.

MCKINSEY, 2008, « Carbon Capture & Storage: Assessing the Economics », McKinsey.

MEDDE, 2010, « Contribution carbone pour les secteurs industriels », Le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.

MEDDE, 2014, « Arrêté du 24/01/14 fixant la liste des exploitants auxquels sont affectés des quotas d'émission de gaz à effet de serre et le montant des quotas affectés à titre gratuit pour la période 2013-2020 »,.

MEDDE, s. d., « Registre français des émissions polluantes »,.

MEEDDM, s. d., « Quotas de CO<sub>2</sub> - Inspection des Installations Classées »,.

MÉRENNE-SCHOUMAKER B., 1991, *La Localisation des industries: mutations récentes et méthodes d'analyse*, Nathan.

MÉRENNE-SCHOUMAKER B., 2008, *La localisation des industries : enjeux et dynamiques*, Presses universitaires de Rennes, 255 p.

METSTOR, s. d., « À propos de l'utilisation du CO<sub>2</sub> »,.

MOLGA P., 2011, « Captage du CO<sub>2</sub> : le chantier de la controverse », *Les Echos*, janvier 2011.

MUSSO E., CAPPATO A., 2002, « La localisation des activités de production: systèmes d'information et de support dans la prise de décision de localisation », *Économie, Société, Région*, p. 251-283.

MUSSO E., CASTAGNINO P., 1997, « Avantages compétitifs des villes: une analyse comparative dans le cadre de l'Europe du Sud », *REVUE D ECONOMIE REGIONALE ET URBAINE*, p. 67-96.

MUTHER R., 1966, *L'implantation rationnelle de votre entreprise*, Ed. d'Organisation et Ed. Eyrolles.

OBSERVATOIRE DE L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE, 2012, « Evolution du cours du quota de CO<sub>2</sub> »,.

ONU, s. d., « DÉCLARATION DE RIO SUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DÉVELOPPEMENT: PRINCIPES DE GESTION DES FORÊTS », *ONU Bienvenue aux Nations Unies*.

PADEIRO M., 2009, « Localisation des activités économiques et développement durable des territoires », *Laboratoire Ville Mobilité Transports*.

- PALANDER T., 1935, *Beiträge zur Standortstheorie (Contributions to Location Theory)*, Thèse de doctorat, Stockholm University College.
- PEART A., 2010, « Qu'est-ce que la fuite de carbone ? », Congrès du travail du Canada.
- PERRETTE L., 2011, « La place du CTSC en France, les démonstrateurs/pilotes », *Séminaire International: Évaluation et maîtrise des risques de Captage, Transport et Stockage du CO<sub>2</sub> (CTSC): méthodes, pratiques et perspectives*.
- PERSHAD H., 2011, « Tees Valley CCS Network », *Carbon Capture Journal*, N° 20.
- PÉTONNET C., 2013, « Une anthropologue en ville : Colette Pétonnet (1929-2012) », 13 mars 2013.
- PRED A., 1967, « Behavior and Locations: Foundations for a Geographic and Dynamic Location Theory », *Lund Studies in Geography*.
- PRIETO M., SLIM A., 2009, « Évaluation des actifs environnementaux : quels prix pour quelles valeurs ? », *Management & Avenir*, 28, 8, p. 18.
- RAWSTRON E.M., 1958, « Three principles of industrial locations. transactions », *Institute of British Geographers*, 25, p. 132-142.
- RCI, 2011, « CO2 capture and storage in Rotterdam : A Network Approach ».
- REMOUÉ A., LUTZKY A., 2009, « Le captage du CO2 prend son virage industriel », *usinenouvelle.com*.
- RILEY R.C., 1973, *Industrial Geography*, CHATTO, WINDUS (dirs.), Londres.
- ROUSSEL F., 2010, « Plus de 160 secteurs industriels bénéficieront de quotas de CO2 gratuit jusqu'en 2027 », *Actu-Environnement*.
- SACHS I., 2010, « Préface », dans HA-DUONG M., NACEUR C. (dirs.), Versailles, Editions Quae.
- SAUVAYRE R., 2013, *Les méthodes de l'entretien en sciences sociales*, Paris, Dunod.
- SBIHI A., EGGLESE R.W., 2010, « Combinatorial optimization and Green Logistics », *Annals of Operations Research*, 175, 1, p. 159-175.
- SEDIBEX, 2013, « Rapport d'activité 2012 ».
- SERGOT B., 2006, *Les déterminants des décisions de localisation : Les créations de nouveaux sites des entreprises françaises de l'industrie et des services*, Sciences de gestion, Université Paris I - Panthéon Sorbonne.
- SIMCHI-LEVI D., 2008, « Supply Chain verte vers une industrie plus respectueuse de l'environnement », *Supply Chain Magazine*, 26.
- SIMON H.A., 1954, « A behavioral model of rational choice », *Quarterly Journal of economics*, 69, p. 99-118.

- SIMON H.A., 1956, « Rational choice and the structure of the environment », *Psychological Review*, 63, p. 129-138.
- SIMON H.A., 1957, « Models of man: social and rational; mathematical essays on rational human behavior in society setting », dans J.Wiley, p. 241-260.
- SMIDA A., 2006, « Les moments de décision stratégique. Un essai de conceptualisation et de modélisation »,.
- SMIDA A., ROMDHANE E. BEN, 2004, « Les déterminants culturels des pratiques de veille stratégique », *Colloque annuel du CIDEGEF, « Filemanagement face à l'environnement socio-culturel »*, p. 28-29.
- SMITH D.M., 1981, *Theoretical Framework for Geographical Studies of Industrial Location*, WILEY J., SONS (dirs.), 2<sup>e</sup> édition, New York.
- STAKE R.E., 1995, *The art of case study research*, Thousand Oaks, Sage Publications, 175 p.
- SWARTE T. DE, 2011, « Interstices entre sciences de gestion, sciences de l'ingénieur et psychanalyse », *Revue internationale de psychosociologie et de gestion des comportements organisationnels*, Vol. XVII, 43, p. 333-346.
- TARNAI S., s. d., « Recycler le CO2 grâce à la photosynthèse industrielle »,.
- TELLIER L.N., 1993, *Économie spatiale: Rationalité économique de l'espace habité*, MORIN G. (dir.), Boucherville, publisher.
- TESSIER S., SAINT-ANTONIN L., MATHIEU C., 2008, « From waste to resource: creating a sustainable industrial system », Press Kit, Lafarge.
- THIÉTART R.-A., 2007, *Méthodes de recherche en management*, Dunod, 586 p.
- THIÉTART R.-A., 2007, *Méthodes de recherche en management*, Paris, Dunod.
- THÜNKEN J. VON, 1826, *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie, Teil 1*, Friedrich Perthes.
- TSOUKIÀS A., 2006, « De la théorie de la décision à l'aide à la décision », dans *Concepts et Méthodes pour l'Aide à la Décision volume 1: outils de modélisation*, Hermès Science Publications, p. 25-69.
- UNIVERSITÉ DU HAVRE, 2011, « Projet d'étude Cointeau »,.
- WEBER A., 1909, *Über den Standort der Industrien (On the Location of Industries)*, Germany: Mohr Verlag, Tübingen.
- ZADEH L.A., 1965, « Fuzzy sets », *Information Control*, 8, p. 338-353.

## Liste de figures

FIGURE 1-1 : ÉVOLUTION DU COURS DU QUOTA DE CO <sub>2</sub> .....	6
FIGURE 1-2 : LE PRINCIPE DE LA TECHNOLOGIE CTSC .....	10
FIGURE 1-3 : LES TECHNOLOGIES DE CAPTAGE DU CO <sub>2</sub> .....	10
FIGURE 1-4 : COÛT DU TRANSPORT EN FONCTION DU DÉBIT .....	16
FIGURE 1-5 : COÛT DU TRANSPORT EN FONCTION DE LA DISTANCE.....	16
FIGURE 1-6 : ÉVALUATION DES COÛTS DE STOCKAGE DU CO <sub>2</sub> .....	17
FIGURE 1-7 : COÛT TOTAL DES OPÉRATIONS DE CTSC (AVEC ET SANS RAP).....	18
FIGURE 1-8 : UNE CONVERGENCE DES VOLONTÉS .....	20
FIGURE 1-9 : LES ACTIVITÉS PORTUAIRES DU HAVRE.....	21
FIGURE 1-10 : LA RÉPARTITION DES ENTREPRISES ÉMETTRICES DE CO <sub>2</sub> AU HAVRE.....	21
FIGURE 1-11 : ÉMISSIONS DE CO <sub>2</sub> DE 2008 EN FRANCE.....	22
FIGURE 1-12 : ÉMISSIONS DE CO <sub>2</sub> DE 2008 EN NORMANDIE .....	23
FIGURE 1-13 : DÉMARCHÉ GÉNÉRALE DE LA RECHERCHE .....	30
FIGURE 2-1 : L'ENTREPRISE COMME UN SYSTÈME INTÉGRÉ DANS L'ESPACE ÉCONOMIQUE ET GÉOGRAPHIQUE .....	36
FIGURE 2-2 : LE TRIANGLE DE LOCALISATION DE LAUNHARDT ET WEBER.....	38
FIGURE 2-3 : LA SOLUTION MÉCANIQUE DE VARIGNON .....	39
FIGURE 2-4 : ISOTIMS ET ISODAPANES .....	39
FIGURE 2-5 : ISODAPANE CRITIQUE .....	40
FIGURE 2-6 : COÛTS DE TRANSPORT SELON DES MOYENS DE TRANSPORT .....	41
FIGURE 2-7 : PARTAGE DU MARCHÉ DE DEUX FIRMES EN COMPÉTITION.....	42
FIGURE 2-8 : TROIS ÉTAPES DE LOCALISATION SELON LÖSCH (TEMPS 1) .....	43
FIGURE 2-9 : TROIS ÉTAPES DE LOCALISATION SELON LÖSCH (TEMPS 2) .....	43
FIGURE 2-10 : TROIS ÉTAPES DE LOCALISATION SELON LÖSCH (TEMPS 3) .....	43
FIGURE 2-11 : OPTIMUM DANS DIFFÉRENTES SITUATIONS DE COÛTS ET REVENUS.....	44
FIGURE 2-12 : OPTIMUM AU DÉPART DES SURFACES DE PROFIT .....	45
FIGURE 2-13 : CATÉGORIES DE DÉCISION PAR OBJECTIF .....	50
FIGURE 2-14 : NOTIONS D'AGRÉGATION .....	50
FIGURE 2-15 : NOTION DE ROBUSTESSE ET COHÉRENCE .....	51
FIGURE 2-16 : MODÈLE DE PROCESSUS DÉCISIONNEL SIMPLIFIÉ PAR H. SIMON .....	52
FIGURE 2-17 : UN MODÈLE LOGISTIQUE DE COMPROMIS TIENT COMPTE DE DIFFÉRENTES OPTIONS ET LES FACTEURS D'OBJECTIF .....	60
FIGURE 2-18 : SCHÉMA GÉNÉRAL DU PROCESSUS DE DÉCISION D'UNE NOUVELLE LOCALISATION.....	62
FIGURE 2-19 : IMPACT DES TROIS PILIERS DU DÉVELOPPEMENT DURABLE SUR LES DÉCISIONS DE RELOCALISATION .....	64
FIGURE 2-20 : MISE EN RELATION DES FACTEURS LIÉS AU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DES CHOIX DE RELOCALISATION.....	64
FIGURE 3-1 : LA STRUCTURE DU GUIDE D'ENTRETIEN.....	72
FIGURE 3-2 : LE VOLUME DES ÉMISSIONS DE CO <sub>2</sub> PAR SECTEUR INDUSTRIEL EN 2008 (ÉLABORÉ À PARTIR DES DONNÉES DU REGISTRE FRANÇAIS DES ÉMISSIONS POLLUANTES (MEDDE, S. D.)).....	74
FIGURE 3-3 : EXEMPLE DE CODAGE AVEC CINTANOTES .....	78
FIGURE 4-1 : LES TERRAINS SIMILAIRES AU HAVRE SUR LE SUJET .....	82
FIGURE 5-1 : PROCESSUS DE LOCALISATION D'UNE CENTRALE THERMIQUE .....	90
FIGURE 5-2 : L'EMPILEMENT DES MOYENS DE PRODUCTION : EXEMPLE D'UNE JOURNÉE DE FORTE CONSOMMATION EN HIVER ...	93
FIGURE 5-3 : PROTOTYPE D'UNE CHAÎNE LOGISTIQUE DE L'INDUSTRIE DU CIMENT .....	97
FIGURE 5-4 : LES ÉTAPES DE LA FABRICATION DU CIMENT (LE CAS D'UNE USINE INTÉGRÉE) .....	98
FIGURE 5-5 : PROCESSUS DE LOCALISATION D'UNE CIMENTERIE.....	100
FIGURE 5-6 : CONTRIBUTION SUR LE CONTENU CARBONE DES COMBUSTIBLES FOSSILES HORS MATIÈRES PREMIÈRES EN % DE LA VALEUR AJOUTÉE.....	102
FIGURE 5-7 : PROCÉDURE DE PRODUCTION DE L'ENTREPRISE C-4 .....	108

FIGURE 5-8 : FONCTION D'UN HAUT-FOURNEAU CLASSIQUE SANS SYSTÈME DE CAPTAGE DU CO <sub>2</sub> .....	110
FIGURE 5-9 : FONCTION D'UN HAUT-FOURNEAU AVEC SYSTÈME DE CAPTAGE DU CO <sub>2</sub> .....	111
FIGURE 5-10 : PROCESSUS DE LOCALISATION DE L'ENTREPRISE LH-1 .....	114
FIGURE 6-1 : ARBRE DES FACTEURS DE LOCALISATION.....	127
FIGURE 6-2 : TROIS NIVEAUX DE DÉCISION D'UNE LOCALISATION .....	130
FIGURE 6-3 : LE PROCESSUS DE LOCALISATION DANS LA LITTÉRATURE .....	131
FIGURE 6-4 : LE PROCESSUS DE LOCALISATION DES INDUSTRIES LOURDES.....	131
FIGURE 7-1 : CTSC ET L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE .....	135

## Liste de tableaux

TABLEAU 1-1 : ÉMISSIONS DE CO <sub>2</sub> DE 2008 EN NORMANDIE.....	23
TABLEAU 1-2 : ÉMISSIONS DE CO <sub>2</sub> DE 2008 EN SEINE-MARITIME.....	23
TABLEAU 1-3 : LA DENSITÉ DES ÉMISSIONS DE CO <sub>2</sub> AU HAVRE .....	24
TABLEAU 1-4 : PRINCIPALES ÉMISSIONS DE CO <sub>2</sub> EN HAUTE-NORMANDIE EN 2011.....	24
TABLEAU 1-5 : RÉPARTITION PAR SECTEUR INDUSTRIEL DES ÉMISSIONS DE CO <sub>2</sub> DANS LA ZIP DU HAVRE EN 2008.....	25
TABLEAU 2-1 : EXEMPLE DU TRIANGLE DE LOCALISATION.....	39
TABLEAU 2-2 : UNE TYPOLOGIE DES CONDITIONS DE LOCALISATION AVEC LEURS CARACTÉRISTIQUES TANGIBLES ET NON TANGIBLES .....	56
TABLEAU 3-1 : LIAISON CLASSIQUE ENTRE LES APPROCHES ET L'ORIENTATION DE LA RECHERCHE .....	68
TABLEAU 4-1 : RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES ENTRETIENS EFFECTUÉS .....	80
TABLEAU 4-2 : LA DURÉE TOTALE DES ENTRETIENS ET DES ENREGISTREMENTS.....	80
TABLEAU 4-3 : NOMBRE D'ENTRETIENS PAR SECTEUR .....	81
TABLEAU 4-4 : LES ACTEURS LOCAUX INTERVIEWÉS .....	81
TABLEAU 4-5 : LES CABINETS DE CONSEIL INTERVIEWÉS.....	82
TABLEAU 4-6 : LES CENTRE DE RECHERCHE SUR LE CTSC INTERVIEWÉS .....	83
TABLEAU 4-7 : LES ENTREPRISES INTERVIEWÉES.....	83
TABLEAU 4-8 : LES FONCTIONS DES INTERVIEWÉS DES ENTREPRISES INDUSTRIELLES .....	84
TABLEAU 4-9 : LES CHERCHEURS UNIVERSITAIRES INTERVIEWÉS .....	85
TABLEAU 5-1 : ÉMISSION DE CO <sub>2</sub> DE L'USINE DU HAVRE SAINT VIGOR DE L'ENTREPRISE LAFARGE.....	103
TABLEAU 5-2 : MONTANTS DE QUOTAS AFFECTÉS POUR LES ANNÉES 2013 À 2020 À L'USINE DU HAVRE SAINT VIGOR DE L'ENTREPRISE LAFARGE.....	103

# Table des matières

<b>CHAPITRE 1. INTRODUCTION GÉNÉRALE</b> .....	<b>2</b>
1.1. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL.....	2
1.1.1. Réchauffement climatique.....	3
1.1.2. Engagements politiques.....	4
1.1.3. Contexte réglementaire.....	4
1.1.4. Technologies pour réduire les émissions de dioxyde de carbone.....	8
1.1.5. Technologie du CTSC.....	9
1.2. RÉGION ENVISAGÉE : LA ZIP DU HAVRE.....	20
1.2.1. Ville de logistique.....	20
1.2.2. Ville émettrice de CO <sub>2</sub> .....	20
1.2.3. Une gestion collective de CO <sub>2</sub> peut-elle constituer un avantage spécifique du territoire ?.....	24
1.2.4. Projet européen COCATE.....	26
1.3. ENJEUX.....	28
1.4. QUESTION CENTRALE DE LA THÈSE.....	28
1.5. OBJECTIFS.....	29
1.6. DÉMARCHE GLOBALE DE LA THÈSE.....	30
<b>PARTIE I : CADRE THÉORIQUE SUR LA LOCALISATION</b> .....	<b>32</b>
<b>CHAPITRE 2. DÉCISIONS DE LOCALISATION DES SITES INDUSTRIELS</b> .....	<b>33</b>
2.1. DÉFINITION ET ENJEUX DES DÉCISIONS DE LOCALISATION DES SITES INDUSTRIELS.....	33
2.1.1. Définitions.....	33
2.1.2. Enjeux de localisation.....	35
2.2. THÉORIES CLASSIQUES DE LOCALISATIONS INDUSTRIELLES.....	37
2.2.1. Alfred Weber et la solution du moindre coût.....	37
2.2.2. Analyse approfondie des coûts de transport.....	41
2.2.3. Contribution sur la concurrence spatiale.....	42
2.2.4. Optique du marché.....	42
2.2.5. Surfaces de profit.....	44
2.2.6. Limites des théories économiques.....	45
2.3. THÉORIES BEHAVIORISTES DE LOCALISATION.....	47
2.3.1. Théories de la décision.....	47
2.3.2. Décision de la localisation.....	54
2.4. FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX EN TANT QUE FACTEUR DE LOCALISATION.....	63
2.4.1. Localisation liée aux facteurs environnementaux.....	63
2.4.2. Délocalisation liées à la contrainte environnementale.....	65
<b>PARTIE II : PROBLÉMATISATION ET LA MÉTHODE DE RECHERCHE</b> .....	<b>66</b>
<b>CHAPITRE 3. MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE</b> .....	<b>67</b>
3.1. DÉMARCHE DE RECHERCHE GÉNÉRALE.....	67
3.2. UNE APPROCHE QUALITATIVE.....	67
3.3. OUTILS DE RECUEIL DES DONNÉES.....	68
3.3.1. Questionnaire, observation, ou entretien ?.....	69
3.3.2. Entretien directif, semi-directif ou non-directif ?.....	70
3.3.3. Entretien individuel ou collectif ?.....	70
3.3.4. Question ouverte ou question fermée ?.....	70

3.3.5. Entretien face à face ou par téléphone ? .....	71
3.3.6. Enregistrement ? .....	71
3.4. GUIDE D'ENTRETIEN .....	71
3.4.1. Accord de confidentialité .....	72
3.4.2. Questions liées à la nature de l'entreprise .....	72
3.4.3. Questions liées à la localisation des sites industriels émetteurs de CO <sub>2</sub> .....	72
3.4.4. Questions liées à la stratégie d'entreprise pour la réduction des émissions de CO <sub>2</sub> .....	73
3.4.5. Questions liées au CO <sub>2</sub> à la localisation et la délocalisation .....	73
3.5. ÉCHANTILLONNAGE .....	74
3.5.1. Représentation spatiale .....	74
3.5.2. Représentation sectorielle .....	74
3.5.3. Entreprises en mouvement .....	75
3.5.4. Définition des interviewés .....	75
3.6. ENTRETIENS EXPLORATOIRES .....	76
3.7. TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNÉES QUALITATIVES .....	76
<b>CHAPITRE 4. DONNÉES RECUEILLES.....</b>	<b>80</b>
4.1. ACTEUR LOCAUX .....	81
4.2. CABINETS DE CONSEIL .....	82
4.3. EXPERTS EN CTSC.....	83
4.4. INDUSTRIES.....	83
4.5. UNIVERSITAIRES.....	85
<b>PARTIE III : RÉSULTATS, DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>86</b>
<b>CHAPITRE 5. DÉCISION DE LOCALISATION ET FACTEUR CO<sub>2</sub> .....</b>	<b>87</b>
5.1. PRODUCTION D'ÉNERGIE .....	88
5.1.1. Décision de localisation .....	88
5.1.2. Caractéristiques du secteur vis-à-vis de la contrainte CO <sub>2</sub> .....	91
5.1.3. Facteurs CO <sub>2</sub> et la localisation.....	91
5.2. INDUSTRIE PÉTROLE ET GAZ .....	95
5.2.1. Décision de localisation .....	95
5.2.2. Caractéristiques du secteur vis-à-vis de la contrainte CO <sub>2</sub> .....	95
5.2.3. Facteurs CO <sub>2</sub> et localisation .....	96
5.3. INDUSTRIE MINÉRALE .....	97
5.3.1. Décision de localisation .....	97
5.3.2. Caractéristiques du secteur vis-à-vis de la contrainte CO <sub>2</sub> .....	101
5.3.3. Facteurs CO <sub>2</sub> et localisation .....	102
5.4. INDUSTRIE DÉCHETS ET TRAITEMENTS.....	104
5.4.1. Décision de localisation .....	104
5.4.2. Caractéristiques du secteur vis-à-vis de la contrainte CO <sub>2</sub> .....	105
5.4.3. Facteurs CO <sub>2</sub> et localisation .....	105
5.5. INDUSTRIE CHIMIQUE ET PARACHIMIQUE .....	105
5.5.1. Décision de localisation .....	105
5.5.2. Caractéristiques du secteur vis-à-vis de la contrainte CO <sub>2</sub> .....	106
5.5.3. Facteurs CO <sub>2</sub> et localisation .....	108
5.6. INDUSTRIE SIDÉRURGIQUE.....	109
5.6.1. Décision de localisation .....	109
5.6.2. Caractéristiques du secteur vis-à-vis de la contrainte CO <sub>2</sub> .....	109
5.6.3. Facteurs CO <sub>2</sub> et localisation .....	112

5.7. AUTRES SECTEURS INDUSTRIELS .....	113
5.8. INDUSTRIES QUI SE LOCALISENT SUR LE TERRITOIRE DU HAVRE.....	113
5.8.1. L'entreprise LH-1 .....	113
5.8.2. L'entreprise LH-2 .....	115
5.9. RÉSULTATS PRINCIPAUX.....	116
5.9.1. Stratégie CTSC dans les entreprises industrielles .....	116
5.9.2. Facteur CO <sub>2</sub> et localisation .....	119
5.10. DISCUSSIONS DES RÉSULTATS.....	119
5.10.1. Processus de localisation.....	120
5.10.2. Technologie de CTSC .....	121
5.10.3. Décision de l'investissement sur l'infrastructure de CO <sub>2</sub> .....	122
<b>CHAPITRE 6. UN CONSTAT SUR LES THÉORIES DE LA DÉCISION DE LOCALISATION .....</b>	<b>123</b>
6.1. PERTINENCE DES THÉORIES CLASSIQUES DE LOCALISATION INDUSTRIELLE .....	123
6.2. RÉSULTAT SUR LES FACTEURS DE LOCALISATION .....	126
6.3. PERTINENCE DES THÉORIES BEHAVIORISTES DE LOCALISATION.....	128
6.4. PROCESSUS DE LOCALISATION .....	130
<b>CHAPITRE 7. PRÉCONISATIONS ET RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>133</b>
7.1. RECOMMANDATIONS AUX ACTEURS LOCAUX.....	133
7.2. INFRASTRUCTURE ORGANISATIONNELLE .....	134
7.3. PLATEFORME D'INFORMATION DE L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE.....	135
<b>CHAPITRE 8. CONCLUSION GÉNÉRALE.....</b>	<b>136</b>
8.1. ORIGINE DE LA THÈSE .....	136
8.2. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL.....	136
8.3. CADRE ACADÉMIQUE .....	138
8.3.1. Théories classiques de la localisation.....	138
8.3.2. Décision de la localisation .....	140
8.4. QUESTIONS DE LA THÈSE.....	141
8.5. TERRAIN DE RECHERCHE .....	141
8.6. MÉTHODOLOGIE.....	142
8.6.1. Échantillonnage .....	143
8.6.2. Traitement de l'information .....	143
8.7. RÉSULTATS .....	144
8.8. DISCUSSION .....	144
8.9. RECOMMANDATIONS AUX AUTORITÉS LOCALES .....	145
8.10. CONTRIBUTION ACADÉMIQUE.....	146
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>147</b>
<b>LISTE DE FIGURES.....</b>	<b>154</b>
<b>LISTE DE TABLEAUX.....</b>	<b>156</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES.....</b>	<b>157</b>
<b>GLOSSAIRE.....</b>	<b>161</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>162</b>
<b>ANNEXE I : PROJETS CTSC EN EUROPE.....</b>	<b>163</b>
RÉSEAU CTSC DE ROTTERDAM.....	163
POINT DE VUE D'ANVERS.....	164

RÉSEAU CTSC DE TEES VALLEY.....	164
ÉDIMBOURG.....	164
GRAND PORT MARITIME DE MARSEILLE.....	165
<b>ANNEXE II. ACCORD DE CONFIDENTIALITÉ .....</b>	<b>166</b>
<b>ANNEXE III. GUIDE D'ENTRETIEN.....</b>	<b>169</b>

## Glossaire

**ADEME** : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

**AIE** : Agence Internationale de l'Énergie

**ANR** : Agence Nationale de la Recherche

**BRGM** : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

**CTSC** : *Carbon Capture and Storage* (voir CSC en français)

**Chaire CTSC** : Chaire d'enseignement et de recherche « Captage, Transport et Stockage du CO<sub>2</sub> »

**CIREN** : Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement

**CODAH** : COmmunauté De l'Agglomération Havraise

**CRE** : Commission de Régulation de l'Énergie

**CSC** : Captage et Stockage du CO<sub>2</sub> (voir CTSC en anglais)

**CTSC** : Captage, Transport et Stockage du CO<sub>2</sub>

**EOR** : Enhanced Oil Recovery (Récupération améliorée du pétrole)

**EGR** : Enhanced Gas Recovery (Récupération améliorée du gaz)

**GCTSCI** : Global Carbon Capture and Storage Institute

**GES** : Gaz à effet de serre

**GIEC** : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (voir IPCC en anglais)

**GPMH** : Grand Port Maritime du Havre

**IEA** : International Energy Agency

**IFEN** : Institut français de l'environnement

**IFP** : Institut Français du Pétrole

**INERIS** : Institut National de l'Environnement industriel et des Risques

**IPCC** : Intergovernmental Panel on Climate Change (voir GIEC en français)

**iREP** : Registre Français des Émissions Polluantes

**ISEL** : Institut Supérieur d'Études Logistiques

**MEEDDM** : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer

**MEDDE** : Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie

**MDP** : Mécanisme de Développement Propre

**NETL** : National Energy Technology Laboratory

**PNAQ** : Plan national d'affectation des quotas

**RCI** : Rotterdam Climate Initiative

**SCM** : *Supply Chain Management* (Gestion de la chaîne logistique)

**SCTSC** : Scottish Carbon Capture & Storage

**ZEP** : Zero Emissions Platform

**ZIP** : Zone industrialo-portuaire

# **Annexes**

## Annexe I : Projets CTSC en Europe

### Réseau CTSC de Rotterdam

À partir de 2006, Rotterdam commence à mettre en place un projet de réseau CTSC pour un horizon de 20 ans (Van Engelenburg, 2011 ; RCI, 2011). Ce projet nommé « *Rotterdam CTSC Network* » est un projet d'aménagement de territoire initialisé par « *Rotterdam Climate Initiative (RCI)* ». Le terme « *Network* » est dans le sens d'une mutualisation de transport et de stockage du CO<sub>2</sub>. Avec 18 partenaires industriels majeurs, l'objectif du projet est de mettre en place le CTSC sur le territoire de Rotterdam et de trouver une solution finale pour le captage du CO<sub>2</sub> multi-sources, le stockage intermédiaire « *Hub* » à travers une infrastructure commune de transport et la réutilisation ou le stockage du CO<sub>2</sub>.

*« On sait que CTSC est une solution temporaire, mais nous avons besoin d'acheter du temps (« Buy Time »). » -- Directeur de Deltalinqs*

Les quatre fondateurs de RCI sont la Ville de Rotterdam, l'autorité du Port de Rotterdam, DCMR *Environmental Protection Agency* et Deltalinqs. Deltalinqs est une association qui représente des intérêts communs de toutes les entreprises industrielles et logistiques de la ZIP de Rotterdam. L'organisation est considérée comme le point focal et la porte-parole de plus de 600 entreprises et associations inscrites. Via son réseau unique de contacts, Deltalinqs est le partenaire de consultation du gouvernement et de l'UE au niveau régional.

Avec les entreprises membres, plusieurs sujets de discussion actuels sont importants. Le changement climatique est très important car premièrement, les réglementations environnementales sont de plus en plus sévères ; deuxièmement, Rotterdam essaie d'être proactif dans les programmes de CTSC. Un accord ambitieux de réduction de 50 % des émissions de CO<sub>2</sub> est conclu entre le gouvernement local et DCMR *Environmental Protection Agency*. Il est à noter que cet accord n'est pas une obligation mais une volonté locale. L'objectif européen est connu pour 20 % de réduction. Cependant, Rotterdam pense que si l'on envisage cette situation d'une manière réfléchie, dans le meilleur cas, on peut arriver à une réduction de 50 %. Lors de la discussion il y a 5 ans, presque tous les membres de Deltalinqs signalent que cette cible est irréalisable et extrêmement coûteuse ; pourquoi Rotterdam va la faire alors que personne ne la fait dans le monde ? Deltalinqs prend la responsabilité d'organiser des discussions politiques avec ses membres : on ne peut pas perdre la vision globale de Rotterdam en gérant ses propres activités. Il faut projeter vers le futur avec un esprit libre et essayer de faire le mieux ! C'est grâce à ces discussions que le programme a commencé. Bien sûr, la cible de 50 % est difficile à atteindre, mais en même temps, c'est un « jeu politique » que Deltalinqs est en train de jouer en tant que communicateur. Une des plus importantes contributions vers la cible et les opérations de CTSC.

Quant à la localisation des entreprises, Rotterdam pense qu'il est sûr que le CTSC peut devenir un facteur critique dans la localisation des entreprises industrielles. Aujourd'hui, le CTSC est une politique gouvernementale mais pas une affaire qui permet des profits. Il ne peut être rentable que si la quantité de CO<sub>2</sub> émise est importante. Ainsi, si un réseau s'établit, c'est-à-dire autour d'un site industriel, il est beaucoup plus facile de rendre le CTSC rentable économiquement.

Un réseau CTSC va sûrement améliorer l'attractivité d'un territoire. Un tel réseau peut aider les entreprises à faire face à la nouvelle exigence environnementale et à exploiter leurs activités « zéro émission ».

Cependant, nous devons nous poser la question, le modèle Rotterdam est-il transposable à d'autres ports comme Le Havre ? La stratégie de Rotterdam est une stratégie de N° 1. Il ose investir et il veut être toujours proactif. Cependant, ces investissements et être proactif sont extrêmement coûteux, les autres ports peuvent-ils suivre le même chemin ? Malgré la volonté des activités locales et les industries de Rotterdam, le financement du projet n'est toujours pas au point. Sur 11 M€ de coût global du projet, seulement 3,5 M€ sont disponibles. Un tel enjeu financier peut-il être assuré par les autres ports ? Sans parler de la distance vers la Mer du Nord...

### **Point de vue d'Anvers**

Par rapport à Rotterdam, Anvers adopte une stratégie beaucoup plus prudente. Anvers pense qu'investir aujourd'hui sur le CTSC est trop risqué et il préfère attendre le retour d'expérience de Rotterdam avant de s'engager.

Grâce à l'avantage géographique par rapport à Rotterdam, Anvers peut commencer à investir dans le CTSC une fois que Rotterdam aura réussi. C'est-à-dire que si le réseau du CTSC marche bien à Rotterdam, il sera très facile de se brancher dessus.

### **Réseau CTSC de Tees Valley**

Sur la même thématique que Le Havre, le travail du territoire Tees Valley est également intéressant à étudier (PERSHAD, 2011). Pour développer l'attractivité de son territoire, Tees Valley a réalisé une étude sur la faisabilité de mutualisation des opérations de CTSC. Cette étude montre qu'une infrastructure gérée en commun rend les opérations de CTSC plus rentables. Le coût estimé pour les pipelines *onshore* et *offshore* est de 210 M£.

Le gouvernement local n'a pas encore mis en place des opérations ou des organisations concrètes à la suite à cette étude.

### **Édimbourg**

L'annulation de projet *Longannet*, le dernier projet candidat de NER300, est plus ou moins décourageante pour les Écossais. Mais ils réorientent rapidement leur attention sur le

nouveau projet « Peter Head ». L'Université d'Édimbourg et *Scottish Carbon Capture & Storage (SCTSC)* sont les promoteurs principaux de la technologie de CTSC en Écosse. Cependant, leurs intérêts ne sont pas sur un réseau de CTSC sur le territoire, mais plutôt sur des projets de point à point comme le projet Perter Head (1 M£) et le projet Longannet (1,5 M£).

Ces deux projets sont issus de deux appels d'offre gouvernementaux. Le projet Longannet a été terminé car il n'avait plus de participant. Tous les participants se sont retirés de la table pour des raisons très diverses. Ici, nous pouvons avoir une vue rapide sur le niveau des difficultés rencontrées par les industries lors d'un projet de CTSC. Malgré 1 M£ de financement d'État, personne n'a pu finir le concours.

### **Grand port maritime de Marseille**

Le Grand Port Maritime de Marseille a aussi commencé un projet d'étude de pré faisabilité sur la thématique du CTSC. Aujourd'hui, aucune perspective n'est diffusable au public avant les premiers résultats de cette étude.

## **Annexe II. Accord de confidentialité**

### **ENTRE LES SOUSSIGNÉES**

L'Université du Havre,  
Établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel  
Dont le siège est situé 25 Rue Philippe Lebon, BP 1123, 76063 Le Havre Cedex  
Représenté par son Président, Monsieur Camille GALAP

Ci-après désignée par « l'ULH »

Représenté par Monsieur Yan MU  
Doctorant du laboratoire NIMEC  
Institut Supérieur d'Études Logistiques (ISEL)  
Quai Frissard, BP 1137, 76063 Le Havre Cedex

ET

{Nom d'entreprise}  
{Adresse d'entreprise}

Ci-après désignée par « l'Entreprise »

Représenté par  
{Nom d'interviewé}  
{Fonction}

L'ULH et l'entreprise seront ci-après individuellement ou collectivement désignés par les  
« Parties ».

### **PRÉAMBULE**

Dans le cadre du projet de recherche « Intégration du critère de dioxyde de carbone dans la localisation des industries : le cas du cluster industriel du Havre » lancé par l'Université du Havre, les enquêtes et les entretiens seront organisés dans le but de recueillir les données qualitatives ou quantitatives.

La confidentialité de ces données recueillies est assurée par ce présent document.

Ce projet de recherche est financé par la Chaire d'Enseignement et de Recherche « Captage, Transport et Stockage du CO<sub>2</sub> (CTSC) ».

**CECI EXPOSE, IL EST CONVENU ET ARRÊTÉ CE QUI SUIT :**

## **ARTICLE 1 - DÉFINITIONS :**

- 1.1 La « Partie Émettrice » désigne les parties qui communiquent leurs informations confidentielles à l'autre partie.
- 1.2 La « Partie Bénéficiaire » désigne la partie qui reçoit les informations confidentielles de l'autre partie.
- 1.3 Les Parties vont s'échanger des documents, logiciels, données, échantillons, savoir faire, prototypes, informations, études et outils relatifs à la localisation et l'implantation d'une entreprise ci-après désignés globalement « les informations ». Ces échanges se feront sous forme écrite (supports différents) ou sous forme orale (enregistrement).

## **ARTICLE 2 - CONFIDENTIALITÉ :**

- 2.1 La Partie Bénéficiaire s'engage à garder strictement confidentiel et à ne pas divulguer ou communiquer à des tiers, par quelque moyen que ce soit, les informations qui lui seront transmises par la Partie Émettrice ou auxquelles elle aura accès à l'occasion de l'exécution du présent accord.
- 2.2 La Partie Bénéficiaire prendra toutes les mesures nécessaires pour préserver le caractère confidentiel des informations. Ces mesures ne pourront pas être inférieures à celles prises par elle pour la protection de ses propres informations confidentielles.
- 2.3 La Partie Bénéficiaire s'engage à ne communiquer lesdites informations qu'aux membres de son personnel appelés à en prendre connaissance et à les utiliser. Toutefois, la Partie Bénéficiaire pourra communiquer les informations à ses sous-traitants qui pourraient avoir à participer au projet sus mentionné après accord préalable, écrit et exprès de la Partie Émettrice.
- 2.4 La Partie Bénéficiaire s'engage à prendre toutes les dispositions pour que ses employés et sous-traitants, selon l'article 2.3 du présent accord, traitent lesdites informations conformément aux dispositions de confidentialité et d'utilisation du présent accord.

## **ARTICLE 3 - UTILISATION DES INFORMATIONS :**

- 3.1 Les informations obtenues par la Partie Bénéficiaire ne pourront être utilisées que pour l'exécution de l'objet du présent accord, visé au préambule. Toute autre utilisation sera soumise à l'autorisation préalable et écrite de la Partie Émettrice.
- 3.2 En aucun cas, la Partie Bénéficiaire ne pourra se prévaloir sur la base des dites informations d'une quelconque concession de licence ou d'un quelconque droit d'auteur ou de possession antérieure selon la définition du Code de la Propriété Intellectuelle.

#### **ARTICLE 4 - EXCEPTIONS :**

Toutefois, les dispositions prévues au présent accord ne s'appliqueront pas aux informations pour lesquelles la Partie Bénéficiaire pourra prouver :

- qu'elle les possédait avant la date de communication par la Partie Émettrice, ou
- que ces informations étaient du domaine public avant la date de communication par la Partie Émettrice ou qu'elles y sont entrées par la suite sans qu'une faute puisse être imputée à la Partie Bénéficiaire, ou
- qu'elle les a reçues sans obligation de secret d'un tiers autorisé à les divulguer.

#### **ARTICLE 5 - DURÉE :**

5.1 Le présent accord prend effet le {date d'entretien} et est conclu pour une durée d'un (1) an.

5.2 Les dispositions de confidentialité prévues au présent accord s'appliqueront pendant toute la durée de celui-ci et pendant cinq (5) ans après son échéance ou sa résiliation quelle qu'en soit la cause.

5.3 Si le présent accord devait déboucher sur des collaborations, les différentes Parties conviennent de rechercher loyalement les conditions d'une coopération commerciale et/ou technique et s'engage à conclure un contrat de collaboration.

#### **ARTICLE 6 - LOI APPLICABLE :**

Le présent accord est régi par la loi française.

#### **ARTICLE 7 - LITIGES :**

En cas de difficultés sur l'interprétation ou l'exécution du présent contrat, les parties s'efforceront de résoudre leur différend à l'amiable.

En cas de désaccord persistant, les différends seront portés devant le tribunal compétent.

Fait en deux (2) exemplaires originaux, dont un (1) pour chaque partie.

---

Monsieur Yan MU

Date :

Signature :

Entreprise

Date :

Signature :

Université du Havre

Date :

Signature :

### Annexe III. Guide d'entretien

Cette étude, lancée au sein de l'Université du Havre, fait partie des projets de recherche de la Chaire CTSC (Captage, Transport et Stockage du CO<sub>2</sub>). Elle a pour but d'identifier l'importance du facteur CO<sub>2</sub> dans les décisions de localisation des entreprises émettrices de CO<sub>2</sub> pour leurs sites de production. Cet entretien est prévu d'être effectué entre le chercheur et des membres de l'équipe stratégique de ces entreprises.

L'Université du Havre s'engage à protéger votre confidentialité. Pour plus d'informations sur les conditions de collecte et d'utilisation des données, veuillez lire notre « Accord de confidentialité ».



Pour que cet accord soit en vigueur, vous pouvez le remplir avec l'aide du chercheur.

Une copie avec la signature du Président de l'Université du Havre vous sera envoyée.

Votre participation permettra aux acteurs locaux de comprendre davantage les besoins des industries en termes environnementaux et d'appliquer des politiques locales plus cohérentes pour mieux répondre à vos attentes.

L'entretien vous prendra au maximum une heure.

Pour toute information complémentaire ultérieure, veuillez contacter :

M. Yan MU  
Doctorant en gestion de l'Université du Havre  
Téléphone : 06 00 00 00 00  
Email : [abcdef@gmail.com](mailto:abcdef@gmail.com)

Date de l'entretien :

Lieu de l'entretien :

## Partie 1. Questions liées à la nature de l'entreprise

Raison sociale de votre entreprise :	
Quelle fonction exercez-vous ?	

### 1.1. Votre activité

**Question 1 :** Veuillez indiquer le secteur d'activité de votre entreprise :

Agro-alimentaire et boissons	<input type="radio"/>
Bois, papier et carton	<input type="radio"/>
Chimie et parachimie	<input type="radio"/>
Déchets et traitements	<input type="radio"/>
Énergie	<input type="radio"/>
Industrie des cuirs et peaux, tannerie	<input type="radio"/>
Industries extractives	<input type="radio"/>
Industries minérales	<input type="radio"/>
Logistique (Entreposage, transport, commerce)	<input type="radio"/>
Mécanique, traitements de surfaces	<input type="radio"/>
Pétrole et gaz	<input type="radio"/>
Sidérurgie, métallurgie, coke	<input type="radio"/>
Textile et habillement, teinture, impression, laveries	<input type="radio"/>
Autre, précisez : _____	<input type="radio"/>

**Question 2 :** Veuillez présenter vos activités principales : \_\_\_\_\_

**Question 3 :** Veuillez préciser votre CA ? \_\_\_\_\_

**Question 4 :** Veuillez indiquer la capacité de votre production selon votre secteur d'activité (en tonnes, en MW, etc.) : \_\_\_\_\_

**Question 5 :** Veuillez indiquer la localisation de l'entreprise : \_\_\_\_\_

### 1.2. Vos émissions de CO<sub>2</sub>

**Question 6 :** Veuillez indiquer la situation et la prévision de vos émissions de CO<sub>2</sub> en moyen par période PNAQ en mille tonnes (**Kt**) :

En Kt	Vos émissions de CO <sub>2</sub>
en période PNAQ I (2005-2007)	
en période PNAQ II (2008-20012)	
en période PNAQ III (2013-2020)	

**Question 7 :** Votre site est-il soumis au système de quotas ?

	Oui	Non
en période PNAQ I (2005-2007)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
en période PNAQ II (2008-20012)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
en période PNAQ III (2013-2020)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

→ Si vous n'êtes pas soumis au système de quotas en aucune période, passez directement à la Question 10.

**Question 8 :** Veuillez indiquer vos quotas accordés par l'État en moyen, vos quotas échangés ou stockés en moyen et votre quantité de CO<sub>2</sub> pénalisée (en termes d'amande 100€/t) en moyen par période PNAQ en mille tonnes (Kt) :

En Kt	Quotas accordés	Quotas échangés ou stockés*	Quantité pénalisée
en période PNAQ I (2005-2007)			
en période PNAQ II (2008-2012)			
en période PNAQ III (2013-2020)		---	---

\* « + » pour la quantité achetée ou déstockée et « - » pour la quantité vendue ou stockée

## Partie 2 : Les questions liées à la localisation des sites industriels émetteurs de CO<sub>2</sub>

**Question 9 :** Y a-t-il un service spécifique qui est en charge des choix du lieu d'implantation du nouveau site ?

Oui, Précisez le nom du service : _____	<input type="radio"/>
Non	<input type="radio"/>

### 2.1. La décision de la localisation

**Question 10 :** Sur ces dix dernières années (ou depuis la création de votre entreprise si celle-ci a moins de 10 ans d'existence), combien d'unités de production avez-vous décidé d'implanter ? Pouvez-vous préciser lesquelles ?

**Question 11 :** Pensez-vous les réaliser :

à court-terme (moins de 2 ans) ?	<input type="radio"/>
à moyen-terme (entre 2 ans et 5 ans) ?	<input type="radio"/>
à long-terme (plus de 5 ans) ?	<input type="radio"/>
Autre, précisez : _____	<input type="radio"/>

**Question 12 :** Quels sont vos prochains projets d'implantation de sites de production ?

**Question 13 :** Pouvez-vous décrire les étapes successives de votre processus de sélection de sites ?

**Question 14 :** Ce processus de décision de localisation est-il appuyé sur un/des logiciel(s) ?

**Question 15 :** Veuillez indiquer la durée totale du processus de recherche et de sélection du lieu d'implantation du nouveau site, du moment de la décision à celui du choix final d'implantation pour ce site : \_\_\_\_\_

**Question 16 :** A quelle échelle géographique votre entreprise a-t-elle effectuée cette recherche d'un lieu d'implantation pour le nouveau site ?

A l'échelle d'une commune	<input type="radio"/>
A l'échelle d'une agglomération urbaine	<input type="radio"/>
A l'échelle d'une région	<input type="radio"/>
A l'échelle d'un pays	<input type="radio"/>
A l'échelle internationale (plusieurs pays ont été envisagés)	<input type="radio"/>
Autre, précisez : _____	<input type="radio"/>

**Question 17 :** Combien de sites en moyenne étudiez-vous pour une localisation ?

## 2.2. Facteurs de la localisation

**Question 18 :** Pourriez-vous évaluer l'importance et l'évolution des facteurs de localisation suivants ?

Sans objet	Peu important	Moyennement important	Très important	Critique	
0	1	2	3	4	5

Facteur qui prend de l'importance	Facteur d'importance constante	Facteur qui perd de l'importance
↗	–	↘

Dimensions	Facteurs	Importance					Évolution			
		0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
<b>Économie</b>		0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Facilité de l'accès au crédit bancaire	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Rentabilité et retour sur investissement	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Stabilité de secteur bancaire	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
<b>Infrastructure</b>		0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Accessibilité au territoire	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Accessibilité aux Technologies de l'Information et de la Communication (TIC)	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Aménagements de zone industrielle	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Aménagements de zone logistique tels que les entrepôts prêts à louer	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Caractéristiques physiques du terrain	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Climat	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Coût et disponibilité du terrain	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	<b>Facilité de gestion des émissions du CO<sub>2</sub></b>	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Facilité de traitement des déchets	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Système de valorisation des coproduits et des déchets	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Système Sécurité Incendie	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
<b>Logistique</b>		0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Coût de transports amont	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Coût de transports aval	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Délai d'approvisionnement	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Délais de livraison vers clients	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Multi-modalité et disponibilité de transport	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Proximité du port	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Sécurisation des approvisionnements	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
<b>Main-d'œuvre</b>		0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Caractéristiques socioculturelles de la main-d'œuvre (assiduité, rapidité, rigueur...)	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Coût de la main-d'œuvre (charges sociales)	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Disponibilité de la main-d'œuvre	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Proximité des universités ou des centres de formation	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘

	Qualification (compétence) de la main-d'œuvre	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
<b>Marché</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>↗</b>	<b>-</b>	<b>↘</b>
	Proximité des entreprises de même activité (concurrents)	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Proximité des entreprises partenaires	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Proximité des fournisseurs	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Proximité du marché (zone de chalandise)	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Taille de marché et son évolution	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
<b>R&amp;D</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>↗</b>	<b>-</b>	<b>↘</b>
	Coût de dépôt de brevets	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Fiscalité sur brevets	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Proximité des centres de recherche et d'innovation	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
<b>Réglementation</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>↗</b>	<b>-</b>	<b>↘</b>
	Aides fiscales, aides financières et services publics et parapublics	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Barrière politique d'investissement	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Charges fiscales	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Contraintes constructives (ICPE)	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Contraintes d'exploitation	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Contraintes d'urbanisme	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Délais d'obtention du permis de construire (environnement administratif)	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Transparence des réglementations	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
<b>Social</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>↗</b>	<b>-</b>	<b>↘</b>
	Acceptabilité sociale de projet d'implantation par les populations	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Qualité de vie « multidimensionnelle »	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Sécurité des biens et des personnes	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Stabilité sociale	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Stabilité politique	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
<b>Utilités</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>↗</b>	<b>-</b>	<b>↘</b>
	Disponibilité et coût de l'air comprimé	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Disponibilité et coût de l'eau de refroidissement	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Disponibilité et coût de l'eau industrielle	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Disponibilité et coût de l'électricité	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Disponibilité et coût de vapeur industrielle	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Disponibilité et coût des matières premières	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
<b>Divers</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>↗</b>	<b>-</b>	<b>↘</b>
	Image de votre entreprise	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Impressions subjectives (« <i>Feeling</i> ») sur territoire	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
	Réputation du territoire	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘

## Partie 3 : Les questions liées à la stratégie pour la réduction des émissions du CO<sub>2</sub>

**Question 19 :** Y a-t-il un service spécifique qui est en charge de la gestion du CO<sub>2</sub> ?

Oui, Précisez le nom du service : _____	<input type="radio"/>
Non	<input type="radio"/>

### 3.1. Source du CO<sub>2</sub> émis

**Question 20 :** Veuillez préciser les sources du CO<sub>2</sub> généré :

Production de l'énergie par combustion	<input type="checkbox"/>
Production de la chaleur par combustion	<input type="checkbox"/>
Transformation des produits	<input type="checkbox"/>
Autre, précisez : _____	<input type="checkbox"/>

**Question 21 :** Si le CO<sub>2</sub> est généré par la combustion, quels sont vos combustibles principaux ?

Charbon	<input type="checkbox"/>
Fuel	<input type="checkbox"/>
Gaz naturel	<input type="checkbox"/>
Autre, précisez : _____	<input type="checkbox"/>

**Question 22 :** Veuillez indiquer le pourcentage de CO<sub>2</sub> dans la fumée : \_\_\_\_\_

**Question 23 :** Veuillez lister les autres composants principaux dans la fumée :  
\_\_\_\_\_

**Question 24 :** Veuillez indiquer la pression du CO<sub>2</sub> émis : \_\_\_\_\_ bar

**Question 25 :** Veuillez indiquer la température du CO<sub>2</sub> émis : \_\_\_\_\_ °C

### 3.2. Stratégie de gestion des émissions de CO<sub>2</sub>

**Question 26 :** Pourriez-vous évaluer l'importance et l'évolution des stratégies de gestion des émissions de CO<sub>2</sub> au sein de l'entreprise ?

	Importance						Evolution		
	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
Amélioration de l'efficacité énergétique	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
Application des opérations CTSC	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
Développement des valorisations du CO <sub>2</sub>	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
Développement des énergies renouvelables	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
Optimisation des procédés de production	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘

### 3.3. Votre projet CTSC

**Question 27 :** Existe-il un projet CTSC au sein de l'entreprise ?

Oui, je suis acteur principal d'un projet CTSC	<input type="radio"/>	→ Passez à la Question 28
Oui, je participe financièrement à un projet CTSC	<input type="radio"/>	→ Passez à la Question 36
Non	<input type="radio"/>	→ Passez à la Question 35
Non-réponse	<input type="radio"/>	→ Passez à la Question 36

**Question 28 :** Il s'agit d'un projet de :

Recherche	<input type="radio"/>
Démonstration (test d'une unité)	<input type="radio"/>
Application industrielle	<input type="radio"/>
Autre, précisez : _____	<input type="radio"/>

**Question 29 :** Ce projet est en phase de :

Réflexion	<input type="radio"/>
Conception	<input type="radio"/>
Etudes de faisabilité	<input type="radio"/>
Préparation	<input type="radio"/>
Réalisation	<input type="radio"/>
Finition	<input type="radio"/>
Opération	<input type="radio"/>
Autre, précisez : _____	<input type="radio"/>

**Question 30 :** La capacité de captage : \_\_\_\_\_ Kt

**Question 31 :** La capacité de stockage : \_\_\_\_\_ Kt

**Question 32 :** Quelles modes des opérations concernent votre projet :

Captage individuel	<input type="checkbox"/>
Captage mutualisé	<input type="checkbox"/>
Transport individuel	<input type="checkbox"/>
Transport mutualisé	<input type="checkbox"/>
Stockage individuel	<input type="checkbox"/>
Stockage mutualisé	<input type="checkbox"/>
Chaîne complète de CTSC	<input type="checkbox"/>
Autre, précisez : _____	<input type="checkbox"/>

**Question 33 :** Quelles technologies sont utilisées dans votre projet ?

Captage Postcombustion	<input type="checkbox"/>
Captage Précombustion	<input type="checkbox"/>
Captage Oxycombustion	<input type="checkbox"/>
Captage CLC (Chemical looping Combustion)	<input type="checkbox"/>
Transport par gazoduc	<input type="checkbox"/>
Transport par navire	<input type="checkbox"/>
Stockage en aquifères salins	<input type="checkbox"/>
Stockage en gisements d'hydrocarbures déplétés	<input type="checkbox"/>
EOR (Enhanced Oil Recovery : récupération assistée du pétrole)	<input type="checkbox"/>
Autre, précisez : _____	<input type="checkbox"/>

**Question 34 :** Quels soutiens attendez-vous du territoire par les acteurs locaux sur le développement d'un projet comme celui-ci ? (Un accompagnement, un soutien, la communication...)

→ Passez à la Question 36

**Question 35 :** Pour quelles raisons vous n'avez **PAS** un projet CTSC au sein de votre entreprise ?

Production CO <sub>2</sub> négligeable	<input type="checkbox"/>
Préférence pour d'autres stratégies de réduction des émissions du CO <sub>2</sub> (efficacité énergétique, énergies renouvelables, valorisation du CO <sub>2</sub> )	<input type="checkbox"/>
Connaissances insuffisantes sur les technologies de CTSC applicables	<input type="checkbox"/>
Raisons techniques (en attente de la maturation des technologies)	<input type="checkbox"/>
Raisons économiques (les opérations ne seront pas rentables, préférence donnée à l'utilisation/achat de quotas)	<input type="checkbox"/>
Raisons financières (ne dispose pas de financements)	<input type="checkbox"/>
Raisons réglementaires (pas de contrainte réglementaire aujourd'hui)	<input type="checkbox"/>
Acceptabilité sociale des populations (risque de rejet par la population)	<input type="checkbox"/>
Autre, précisez : _____	<input type="checkbox"/>

### 3.4. CTSC et la localisation (ou délocalisation)

**Question 36 :** Selon vous, une politique d'aide aux opérations de CTSC améliorerait-elle l'attractivité du territoire ?

Oui	<input type="radio"/>
Non	<input type="radio"/>

**Question 37 :** Selon la plupart des simulations, la réduction des quotas accordés par l'État va entraîner une augmentation du prix du CO<sub>2</sub>. Dans ce contexte, pensez-vous que des soutiens du territoire suivants seront important voire **INDISPENSABLES** pour votre prochaine implantation ?

Sans objet	Peu important	Moyennement important	Très important	Indispensable	
0	1	2	3	4	5

Soutien qui prend de l'importance	Soutien d'importance constante	Soutien qui perd de l'importance
↗	–	↘

	Importance						Évolution		
	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
Subvention d'État pour une localisation dans un territoire qui protège l'environnement	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
Volonté ou une politique locale qui favorise la gestion de CO <sub>2</sub>	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
Proposition d'une zone de stockage à proximité	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
Infrastructure de système de transport de CO <sub>2</sub>	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
Système de captage mutualisé de CO <sub>2</sub>	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
Possibilité de revendre du CO <sub>2</sub> sur place	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
Territoire qui a une image « verte »	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
Proposition de participation à un projet de démonstration	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
Proposition de participation à un projet à échelle industrielle des opérations CTSC	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
Autre, précisez : _____	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘

**Question 38 :** Pour vos sites déjà implantés, avec l'évolution des réglementations en vigueur, les éléments suivants constituent-ils des raisons importantes de délocalisation ?

	Importance						Évolution		
	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
L'absence d'une volonté ou d'une politique locale qui favorise la gestion de CO <sub>2</sub>	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
L'éloignement des sites de stockage de CO <sub>2</sub>	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
L'éloignement des sites de stockage de CO <sub>2</sub> et le manque de solutions de transport de CO <sub>2</sub>	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
Le manque de système de captage mutualisé du CO <sub>2</sub>	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
Le territoire a une mauvaise image environnementale	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘
Autre, précisez : _____	0	1	2	3	4	5	↗	-	↘

**NOUS VOUS REMERCIONS VIVEMENT DE VOTRE PARTICIPATION  
A CETTE RECHERCHE**

**Question 39 :** Avez-vous d'autres remarques concernant cette étude ?

**Question 40 :** Y a-t-il dans ce questionnaire des questions que nous n'avons pas abordées et qui vous paraissent importantes ? si oui, précisez lesquelles : \_\_\_\_\_

**Question 41 :** Avez-vous d'autres remarques concernant ce questionnaire ?

Afin de vous marquer notre reconnaissance pour le temps passé à répondre aux nombreuses questions que contient ce questionnaire, nous nous proposons de vous envoyer par courriel les principaux résultats de cette recherche. Si ces résultats vous intéressent, veuillez indiquer :

Votre adresse Email : \_\_\_\_\_