



HAL
open science

Écologie industrielle, milieu éco-innovateur et diversification de l'économie territoriale : le cas du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque

Fedoua Kasmi

► **To cite this version:**

Fedoua Kasmi. Écologie industrielle, milieu éco-innovateur et diversification de l'économie territoriale : le cas du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque. Economies et finances. Université du littoral Côte d'Opale - ULCO; Laboratoire de Recherche sur l'Industrie et l'Innovation - Lab. RII, 2018. Français. NNT : 2018DUNK0488 . tel-04558966

HAL Id: tel-04558966

<https://theses.hal.science/tel-04558966>

Submitted on 25 Apr 2024

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 LITTORAL CÔTE D'OPALE
ÉCOLE DOCTORALE SESAM

**CENTRE LILLOIS D'ETUDES ET DE RECHERCHES
SOCIOLOGIQUES ET ECONOMIQUES (UMR, CNRS 8019)**

**THÈSE DE DOCTORAT EN SCIENCES
ÉCONOMIQUES**

**Écologie industrielle, milieu éco-innovateur et diversification
de l'économie territoriale : le cas du complexe industrialo-
portuaire de Dunkerque**

Préparée et soutenue publiquement le 26 novembre 2018 par

Fedoua KASMI

Sous la direction de

Mme Blandine Laperche (Directrice de thèse)

Mme Céline Merlin-Brogniart (Co-directrice de thèse)

M.	Nicolas Buclet	Professeur, Université Grenoble Alpes (rapporteur)
M.	Jean-Alain Héraud	Professeur, Université de Strasbourg (rapporteur)
Mme.	Danielle Galliano	Directrice de Recherche, INRA Toulouse
M.	Dimitri Uzunidis	Professeur, Université du Littoral Côte d'Opale et TUC
M.	Xavier Vence	Professeur, Université de Saint-Jacques-de-Compostelle, Espagne
Mme.	Céline Merlin-Brogniart	Maître de Conférences, Université de Lille (Co-directrice de thèse)
Mme.	Blandine Laperche	Professeure, Université du Littoral Côte d'Opale (Directrice de thèse)

ANNÉE UNIVERSITAIRE : 2017-2018

L'Université du Littoral Côte d'Opale n'entend donner aucune approbation ou improbation aux opinions émises dans les thèses : ces opinions doivent être considérées comme propres à leur auteur...

Remerciements

Je souhaite remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail de thèse. J'adresse en particulier mes remerciements et toute ma gratitude à ma directrice de thèse Madame Blandine Laperche pour m'avoir suivie et accompagnée durant toutes ces années de thèse. Sa confiance, ses conseils et remarques constructives ont été indispensables à l'élaboration de ce travail. Sa passion pour la recherche et les longues discussions que nous avons eues m'ont permis d'apprendre et d'approfondir mon esprit critique. Je lui suis également très reconnaissante pour sa grande disponibilité, son implication et sa bienveillance qui m'ont permis de réaliser ce travail dans les meilleures conditions.

Je tiens à remercier chaleureusement Madame Céline Merlin-Brogniart pour avoir accepté de co-diriger cette thèse. Ses conseils, ses corrections et les nombreuses discussions que nous avons eues ainsi que son soutien m'ont été d'une très grande aide.

Mes remerciements vont également à Monsieur Nicolas Buclet (Professeur, Université Grenoble Alpes) et Monsieur Jean-Alain Héraud (Professeur, Université de Strasbourg) pour avoir accepté d'être rapporteurs de cette thèse. Je remercie également Madame Danielle Galliano (Directrice de Recherche, INRA Toulouse), Monsieur Dimitri Uzunidis (Directeur des recherches, Université du Littoral Côte d'Opale), Monsieur Xavier Vence (Professeur, Université de Saint-Jacques-de-Compostelle) pour avoir accepté d'examiner mon travail et prendre part au jury.

Je tiens à remercier vivement Monsieur Dimitri Uzunidis (président d'honneur du Réseau de Recherche sur l'Innovation) pour m'avoir intégrée dans les programmes et activités de recherche du laboratoire ainsi que dans les activités d'édition du réseau de recherche sur l'Innovation. Ses suggestions et orientations en matière de méthodologie scientifique m'ont été d'une aide précieuse. Ses discussions et conseils avisés m'ont permis d'approfondir mes connaissances dans le domaine de l'économie territoriale et de l'innovation. Un grand merci pour son soutien et ses encouragements.

Je souhaite également remercier Madame Sophie Boutillier pour son soutien, ses encouragements et pour les discussions passionnantes que nous avons eues sur l'innovation et le développement économique du territoire. Je la remercie également pour toutes les remarques dont elle m'a fait part sur mon travail lors des séminaires des doctorants organisés au sein du laboratoire.

Je tiens à remercier tout particulièrement toutes les entreprises et institutions du dunkerquois qui m'ont ouvert leurs portes lors de l'enquête de terrain. Merci à toutes les personnes qui ont accepté de répondre à mes questions et qui m'ont fourni toutes les données et documentation nécessaires. Leur implication précieuse a largement contribué à l'élaboration de ce travail.

J'adresse un grand merci à mes collègues et amis doctorants Meryem Akesbi, Antoine Mahaillet, Hélène Perrin Boulonne et Guillem Achermann (Docteur en sciences économiques) avec qui j'ai pu partager cette aventure passionnante. Je remercie aussi vivement Sana ELouar Mrizak qui vient de rejoindre l'équipe du laboratoire pour sa grande aide et son orientation en matière d'indicateurs de mesure de la variété reliée.

Mes remerciements vont également à l'équipe et aux membres du Réseau de Recherche sur l'Innovation dans lequel je suis membre et chargée de mission – RRI jeunes chercheurs. Les nombreuses manifestations (séminaires, forums, journées d'étude, écoles d'été...) organisées par le RRI m'ont donné l'opportunité de présenter mes travaux et d'avoir des retours fructueux qui m'ont permis d'enrichir mon travail. Je remercie en particulier Romain Debref (Maître de conférence, Université de Reims Champagne-Ardenne) et Simon Nadel (Maître de conférence, Université de Lille) pour toutes les discussions passionnantes que nous avons eues notamment sur l'éco-innovation.

Je tiens à remercier également l'équipe de la Maison de Recherche en Sciences de l'Homme de Dunkerque (MRSH), en particulier, Monsieur Philippe Chagnon, Madame Nathalie Livoury (centre de documentation de la MRSH), Madame Justine Manier et Madame Delphine Groux (responsables du secrétariat de la MRSH) pour leur aide dans l'accès à la documentation, mais aussi pour leurs encouragements. Je souhaite également remercier toute l'équipe de la bibliothèque de l'ULCO pour leur amabilité et pour m'avoir facilité l'accès à la documentation nécessaire à la réalisation de la thèse.

Enfin, mes profonds remerciements vont à mes chers et merveilleux parents qui ont cru en moi et qui m'ont toujours soutenue et aidée. Les mots sont insuffisants pour décrire ma gratitude et ma reconnaissance envers eux. Un grand merci à mes frères pour leur grand soutien et leurs précieux encouragements. Je remercie toute ma famille, tous mes amis et toutes les personnes que j'aime. Je leur dédie ce travail de thèse.

Fedoua Kasmi - Septembre 2018

Résumé de la thèse

L'écologie industrielle comprend un ensemble de pratiques visant à réduire les rejets industriels polluants et se présente aujourd'hui comme une voie possible à la transition du système industriel vers un mode de fonctionnement plus durable, inspiré des écosystèmes naturels. Sa mise en œuvre peut aussi être à l'origine de dynamiques d'innovation favorables au développement et la diversification des territoires, en particulier industriels. L'écologie industrielle est en effet généralement étudiée sous l'angle de son organisation industrielle (organisation des flux d'intrants et de produits, cadre institutionnel et organisation de la coopération entre entreprises) et des impacts environnementaux qu'elle entraîne (économie des matériaux, recyclage, etc.). Nous étudions dans cette thèse son potentiel en termes de développement économique territorial. Pour cela nous construisons un cadre théorique et conceptuel permettant de mettre en avant le rôle de l'écologie industrielle comme un moteur de développement et de diversification des territoires. Nous proposons un nouveau modèle d'analyse s'articulant autour du concept de milieu éco-innovateur. Ce concept, construit en croisant la littérature sur l'écologie industrielle et les théories de l'économie territoriale et de l'innovation, permet d'expliquer les mécanismes par lesquels l'écologie industrielle peut favoriser les dynamiques d'éco-innovation et d'attractivité. Il constitue le socle sur lequel reposent nos hypothèses.

Ce modèle d'analyse est appliqué au cas du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque (Hauts de France), un territoire à forte spécialisation industrielle à la recherche de nouvelles voies de diversification des activités économiques. Nous cherchons à comprendre les atouts de l'écologie industrielle pour la construction d'un milieu « éco-innovateur », au sein duquel les effets d'agglomération favorisent la génération et l'attractivité d'activités nouvelles contribuant ainsi à une diversification de l'économie territoriale. Pour cela nous adoptons une méthodologie mixte basée sur l'analyse descriptive de deux bases de données d'entreprises et sur un ensemble d'entretiens semi-directifs auprès de 30 entreprises et institutions. L'étude empirique permet de constater que l'écologie industrielle contribue au développement des caractéristiques d'un milieu éco-innovateur à Dunkerque. Pour autant, les dynamiques d'apprentissage collectif et d'éco-innovations restent modestes. De plus, une nouvelle dynamique de création d'entreprises s'est développée à Dunkerque depuis 2014. Ces entreprises sont reliées aux entreprises constitutives de la symbiose, soit par le secteur d'activité, soit par des synergies éco-industrielles. Cette dynamique ne concerne toutefois que quelques unités, mais tend à conforter notre schéma d'analyse. La dynamique de diversification fondée sur une variété reliée ici mise en évidence se heurte toutefois à de nombreuses difficultés. Celles-ci sont liées aux aspects opérationnels et organisationnels des synergies mais elles sont aussi spécifiques au territoire (fragilité économique et dépendance de sentier). La contribution de l'écologie industrielle à la diversification des territoires industriels dépend selon nous de la résolution de ces difficultés. Le développement d'activités de service et d'une gouvernance territoriale adaptée peut contribuer à la réduction de ces limites. Nous étudions les caractéristiques du secteur des services et de la gouvernance de la symbiose industrielle à Dunkerque. Nous aboutissons à un ensemble de recommandations qui peuvent être utiles tant aux politiques publiques qu'aux entreprises et institutions, afin de renforcer le milieu éco-innovateur et de favoriser les dynamiques d'innovation qu'il promet.

Mots clés : écologie industrielle, symbiose industrielle, territoire industriel, milieu éco-innovateur, éco-innovation, variété reliée, diversification, Dunkerque

Title: Industrial ecology, eco-innovative milieu and diversification of the territorial economy: the case of the industrial-port complex of Dunkirk

Abstract

Industrial ecology includes a set of practices aimed at reducing polluting industrial discharges and stands today as a possible way for the transition of industrial system towards a more sustainable operating mode, inspired by natural ecosystems. Its implementation can also be at the origin of innovation dynamics favorable to the development and diversification of territories, especially industrial ones. Industrial ecology is generally studied from the view of its industrial organization (organization of input and output flows, institutional framework and organization of cooperation between companies) and the environmental impacts it entails (economy of materials, recycling, etc.). In this thesis, we study its potential in terms of territorial economic development. For this purpose, we build a theoretical and conceptual framework to highlight the role of industrial ecology as a driver for development and diversification of territories. We propose a new analytical model based on the concept of eco-innovative milieu. This concept, built by crossing the literature on industrial ecology and theories of territorial economy and innovation, explains the mechanisms by which industrial ecology can promote territorial attractiveness and eco-innovation dynamics. It is the foundation on which our hypotheses are based. This model of analysis is applied to the industrial-port complex of Dunkirk (Hauts de France), a territory with strong industrial specialization in search of new ways of diversification of economic activities. We seek to understand the advantages of industrial ecology for the construction of an "eco-innovative" milieu, in which the effects of agglomeration favor the generation and the attractiveness of new activities thus contributing to a diversification of territorial economy. We adopt a mixed methodology based on the descriptive analysis of two databases of companies and a set of semi-structured interviews with 30 companies and institutions.

The empirical study shows that industrial ecology contributes to the development of the characteristics of an eco-innovative milieu in Dunkirk. However, the dynamics of collective learning and eco-innovations specific to eco-innovative milieus remain modest. In addition, a new dynamic of business creation has developed in Dunkirk since 2014. These new companies are linked to companies in the industrial symbiosis, either by the sector of activity, or by eco-industrial synergies. However, this dynamic only concerns a few units, but tends to validate our analysis. The diversification dynamic based on a related variety highlighted here faces, however, many difficulties. These are related to the operational and organizational aspects of the synergies but they are also specific to the territory (economic fragility and path dependence). The contribution of industrial ecology to the diversification of industrial territories depends, in our opinion, on the resolution of these difficulties. The development of service activities and adapted territorial governance can contribute to the reduction of these limits. We study the characteristics of the service sector and the governance of the industrial symbiosis in Dunkirk. We end up with a set of recommendations that can be useful for public policies as well as for companies and institutions, in order to strengthen the eco-innovative milieu and foster the innovation dynamics that it promises.

Key word: industrial ecology, industrial symbiosis, industrial territory, eco-innovative milieu, eco-innovation, related variety, diversification, Dunkirk

Sommaire

INTRODUCTION GÉNÉRALE	21
PARTIE I : ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE ET TERRITOIRE : UNE APPROCHE PAR LE MILIEU « ÉCO-INNOVATEUR »	35
INTRODUCTION DE LA PREMIÈRE PARTIE	37
CHAPITRE I : ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE ET TERRITOIRE INDUSTRIEL : UNE RELATION ÉTROITE	39
INTRODUCTION DU PREMIER CHAPITRE.....	39
Section 1 : Définitions et fonctionnement de l'écologie industrielle.....	41
1. Historique et définitions de l'écologie industrielle.....	41
1.1. Émergence et institutionnalisation de l'écologie industrielle	42
1.1.1. Les premières réflexions autour de l'écologie industrielle	42
1.1.2. L'institutionnalisation de l'écologie industrielle en tant que pratique et discipline	46
1.2. L'écologie industrielle : vers un fonctionnement plus durable des activités industrielles	52
1.2.1. Les premières définitions et la prise en compte des impacts de l'activité industrielle industrielles sur l'environnement	52
1.2.2. L'analogie entre écologie industrielle et écosystème naturel : l'écosystème industriel	54
2. Les modalités de fonctionnement et les approches de l'écologie industrielle.....	61
2.1. Une approche scientifique et technique de l'écologie industrielle : le métabolisme industriel .	62
2.1.1. Définition du métabolisme industriel et rôle clé de la technologie	62
2.1.2. Le métabolisme industriel : une approche limitée pour l'analyse du changement des modes de production	67
2.2. Une approche socio-économique de l'écologie industrielle : la constitution de symbioses industrielles à l'échelle du territoire	71
2.2.1. Les symbioses industrielles : la création de réseaux à l'échelle des territoires.....	71
2.2.2. Les impacts environnementaux et économiques des symbioses industrielles	74
Section 2 : Les expériences d'écologie industrielle dans les territoires industriels.....	77
1. Définition et caractéristiques du territoire industriel.....	77
1.1. Le territoire dans l'analyse économique	78
1.1.1. Le territoire comme espace pertinent pour le développement des activités économiques.....	78
1.1.2. Du district au milieu innovateur : le rôle clé de la proximité.....	80
1.2. Le territoire industriel, le système productif local et rôle de l'unité motrice.....	84
1.1.1. Définition du territoire industriel comme un système productif local	84
1.1.2. Territoire industriel et importance de l'industrie motrice	87
2. Les territoires industriels : des caractéristiques clés pour l'écologie industrielle	90
2.1. Le développement de l'écologie industrielle dans les territoires industriels	90
2.1.1. Présentation des expériences d'écologie industrielle dans le monde.....	90
2.1.2. Les facteurs de développement de l'écologie industrielle dans les complexes industrialo-portuaires	98
2.2. Le rôle du collectif d'acteurs et de l'unité motrice dans la constitution des symbioses industrielles	102
2.2.1. La présence d'un collectif d'acteurs diversifiés au sein du territoire industriel	102
2.2.2. Le rôle de l'unité motrice ou acteur pivot	106

CONCLUSION DU PREMIER CHAPITRE.....	115
--	------------

CHAPITRE II : LE DÉVELOPPEMENT D'UN MILIEU « ÉCO-INNOVATEUR » À PARTIR DE L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE ET LA DIVERSIFICATION DE L'ÉCONOMIE TERRITORIALE	117
---	------------

INTRODUCTION DU DEUXIÈME CHAPITRE	117
--	------------

Section 3 : Symbiose industrielle et milieu innovateur : vers un milieu éco-innovateur	121
---	------------

1.	Le milieu innovateur : un concept pertinent pour analyser les symbioses industrielles.....	121
1.1.	Le milieu innovateur : origines et caractéristiques.....	122
1.1.1.	Le milieu innovateur : genèse d'un concept.....	122
1.1.2.	Les principales caractéristiques du milieu innovateur.....	126
1.2.	Milieu innovateur et symbioses industrielles : des caractéristiques homothétiques	130
1.2.1.	Un espace géographique déterminé par les synergies éco-industrielles et coordonné par un cadre institutionnel.....	130
1.2.2.	Réseaux d'innovation et dynamiques d'apprentissage	131
2.	Du milieu innovateur au milieu éco-innovateur	134
2.1.	L'émergence de l'innovation au sein du milieu innovateur.....	134
2.1.1.	Les formes de l'innovation et leur dimension collective	134
2.1.2.	Les mécanismes favorisant l'émergence de l'innovation au sein du milieu innovateur : proximité, effets d'agglomération et économies externes	136
2.2.	Symbioses industrielles et genèse des éco-innovations.....	140
2.2.1.	Les éco-innovations : du changement technologique au changement non technologique	140
2.2.2.	Les différentes formes de l'éco-innovation générées par la symbiose industrielle	142

Section 4 : De la spécialisation à la diversification économique du territoire : le rôle du milieu éco-innovateur	147
--	------------

1.	Milieu éco-innovateur et diversification économique du territoire : vers une variété reliée ...	148
1.1.	Spécialisation versus diversification pour une modification de la trajectoire territoriale	149
1.1.1.	La spécialisation industrielle : externalités de « MAR » et développement territorial	149
1.1.2.	La diversification industrielle : externalités de Jacobs et développement territorial	153
1.2.	La variété reliée et rôle du milieu éco-innovateur dans la diversification des activités économiques	156
1.2.1.	Variété reliée et spécialisation intelligente : définitions	156
1.2.2.	Milieu éco-innovateur et diversification du territoire : vers une variété reliée	160
2.	Les limites à la constitution d'un milieu éco-innovateur et le rôle des activités de services et de la gouvernance territoriale dans leur minimisation	166
2.1.	La constitution d'un milieu « éco-innovateur » à partir de l'écologie industrielle : un processus complexe.....	166
2.1.1.	Les limites liées au fonctionnement des synergies éco-industrielles	166
2.1.2.	Limites liées à l'organisation des synergies éco-industrielles.....	168
2.2.	Le rôle des activités de service et de la gouvernance dans la constitution d'un milieu éco-innovateur	173
2.2.1.	Les fonctions de service et leur rôle dans le fonctionnement de la symbiose industrielle	173
2.2.2.	La gouvernance territoriale, les symbioses industrielles et le milieu éco-innovateur	180

CONCLUSION DU DEUXIÈME CHAPITRE	185
--	------------

PARTIE II : MILIEU « ÉCO-INNOVATEUR » ET DIVERSIFICATION DU TERRITOIRE INDUSTRIEL : LE CAS DU COMPLEXE INDUSTRIALO-PORTUAIRE DE DUNKERQUE	189
--	------------

INTRODUCTION DE LA DEUXIÈME PARTIE.....191

CHAPITRE 3 : LA CONSTRUCTION D’UN MILIEU ÉCO-INNOVATEUR AU SEIN DU COMPLEXE INDUSTRIALO-PORTUAIRE DE DUNKERQUE195

INTRODUCTION DU TROISIÈME CHAPITRE195

Section 5 : L’analyse de la trajectoire industrielle de Dunkerque : les actifs spécifiques et actifs secondaires 197

1.	La constitution du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque : une trajectoire industrielle lourde	197
1.1.	Planification indicative et définition d’une trajectoire territoriale fondée sur l’industrie lourde	198
1.1.1.	La planification indicative française : rappel historique	198
1.1.2.	Les « plans de reconstruction et de croissance » et leur rôle dans l’industrialisation du territoire dunkerquois.....	200
1.2.	La constitution du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque : des politiques de « champions nationaux » aux politiques d’attractivité	202
1.2.1.	Les champions nationaux et la construction des principales filières industrielles	202
1.2.2.	Les politiques d’attractivité des investissements étrangers et ses impacts sur le territoire dunkerquois.....	204
2.	L’évolution de la trajectoire industrielle de Dunkerque : bifurcation ou dépendance de de sentier	206
2.1.	État des lieux des filières industrielles de la région Flandres-Dunkerque	207
2.1.1.	État des lieux des filières industrielles région Flandres-Dunkerque	207
2.1.2.	Le tissu industriel de Dunkerque : une prédominance de l’industrie lourde	212
2.2.	Caractérisation des actifs spécifiques et secondaires accumulés à Dunkerque	215
2.2.1.	Actifs spécifiques immatériels et matériels à l’origine de la trajectoire industrielle.....	215
2.2.2.	Les actifs secondaires à l’origine de la modification de la trajectoire industrielle	217

Section 6 : La symbiose industrielle comme milieu éco-innovateur au sein du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque 225

1.	L’analyse de la symbiose industrielle au sein du complexe industrialo portuaire de Dunkerque	225
1.1.	Historique de l’écologie industrielle à Dunkerque et méthodologie suivie pour l’identification des synergies éco-industrielles.....	226
1.1.1.	L’émergence des initiatives d’écologie industrielle à Dunkerque	226
1.1.2.	L’identification des synergies éco-industrielles à Dunkerque : méthodologie.....	228
1.2.	Présentation approfondie de la symbiose industrielle de Dunkerque	231
1.2.1.	Présentation des acteurs et des principales formes des synergies éco-industrielles à Dunkerque	231
1.2.2.	Les incitations liées à la mise en place de l’écologie industrielle dans la symbiose industrielle de Dunkerque	244
2.	La symbiose industrielle de Dunkerque : observation des caractéristiques propres au milieu éco-innovateur	247
2.1.	Les caractéristiques d’un milieu éco-innovateur à Dunkerque	248
2.1.1.	Un espace géographique déterminé par un collectif d’acteurs et coordonné par un cadre institutionnel	248
2.1.2.	Constitution de réseaux et dynamique d’apprentissage	250
2.2.	Les éco-innovations et activités créées grâce à l’écologie industrielle	255
2.2.1.	Les différentes formes d’éco-innovations créées dans la symbiose industrielle de Dunkerque	255

2.2.2. Du changement technologique au changement non technologique	259
CONCLUSION DU TROISIÈME CHAPITRE.....	265
CHAPITRE IV : LE MILIEU ÉCO-INNOVATEUR ET DIVERSIFICATION ÉCONOMIQUE À DUNKERQUE : ENJEUX ET LIMITES	267
INTRODUCTION DU QUATRIÈME CHAPITRE	267
Section 7 : Milieu éco-innovateur et modification de la trajectoire du territoire dunkerquois : vers une diversification des activités économiques fondée sur l'écologie industrielle ?	269
1. L'analyse de la variété reliée dans le milieu éco-innovateur de Dunkerque : analyse par l'appartenance sectorielle.....	269
1.1. La mesure de la variété reliée : indicateurs et méthodologie d'analyse	270
1.1.1. Rappel sur les indicateurs de mesure de la variété reliée	270
1.1.2. Présentation des bases de données et méthodologie d'analyse de la variété par les codes APE/NAF.....	272
1.2. La variété reliée dans le milieu éco-innovateur à Dunkerque : résultats de l'analyse par l'appartenance sectorielle	274
1.2.1. La variété reliée dans le milieu éco-innovateur à Dunkerque : résultats de l'analyse par l'appartenance sectorielle	274
1.2.2. Présentation des principaux secteurs d'appartenance des entreprises de la symbiose industrielle et des entreprises nouvelles	279
2. L'analyse de la variété apportée au territoire par les flux d'écologie industrielle	287
2.1. Une analyse basée sur l'étude des sites internet et par des entretiens semi-directifs	287
2.1.1. L'intérêt des nouvelles entreprises pour l'écologie industrielle : analyse des sites internet	287
2.1.2. Entretiens semi-directifs auprès des nouvelles entreprises : méthodologie et présentation des entreprises étudiées	293
2.2. Le rôle de l'écologie industrielle dans l'attractivité de nouvelles entreprises	297
2.2.1. Présentation des nouvelles synergies, des raisons de leur mise en œuvre et de leurs apports au territoire	297
2.2.2. Les facteurs d'attractivité conjoncturels et structurels	307
Section 8 : Les difficultés liées à l'émergence d'une nouvelle trajectoire industrielle fondée sur l'écologie industrielle et le rôle des services et de la gouvernance de la symbiose industrielle	319
1. Les limites du milieu éco-innovateur de Dunkerque	319
1.1. Les difficultés de développement de la symbiose industrielle	320
1.1.1. Les limites aux aspects opérationnels de la mise en place des synergies éco-industrielles.....	320
1.1.2. Les limites liées à l'organisation des synergies.....	324
1.2. Difficultés et limites associées à la diversification du territoire à partir de l'écologie industrielle 332	
1.2.1. Les difficultés spécifiques au complexe industrialo-portuaire de Dunkerque.....	332
1.2.2. Les limites liées à la diversification : risques et impacts sur l'environnement	338
2. Rôle des activités de service et de la gouvernance territoriale dans la réduction des limites ..	341
2.1. La place des fonctions de service dans l'organisation des démarches d'écologie industrielle .	341
2.1.1. L'implication des activités de service dans l'écologie industrielle à Dunkerque : une analyse quantitative des services à l'industrie de l'agglomération dunkerquoise	341
2.1.2. Implication des entreprises de service dans la symbiose industrielle de Dunkerque	350
2.2. Le rôle de la gouvernance territoriale dans le développement d'un milieu éco-innovateur	357
2.2.1. Les caractéristiques de la gouvernance des projets d'écologie industrielle à Dunkerque : atouts et limites	357

2.2.2. Vers une gouvernance « systémique » du milieu éco-innovateur de Dunkerque.....	363
CONCLUSION DU QUATRIÈME CHAPITRE.....	367
CONCLUSION GÉNÉRALE	371
BIBLIOGRAPHIE.....	383
ANNEXES	407

Liste des schémas

Schéma 1 : La filière de l'acier en Belgique en 1974.....	44
Schéma 2 : L'économie circulaire	49
Schéma 3 : Les piliers de l'économie circulaire.....	50
Schéma 4 : Écosystème de type I	58
Schéma 5 : Écosystème de type II.....	59
Schéma 6 : Écosystème de type III.....	60
Schéma 7 : La proximité territoriale : une articulation entre la proximité géographique et la proximité organisée	82
Schéma 8 : L'écosystème industriel local de Jyväskylä développé autour de l'acteur pivot	108
Schéma 9 : Les flux de la symbiose industrielle de Kalundborg (2011).....	109
Schéma 10 : Les synergies éco-industrielles de Jorf Lasfar développées autour de l'OCP ..	112
Schéma 11 : L'octogone des milieux innovateurs.....	123
Schéma 12 : Typologie de l'éco-innovation	141
Schéma 13 : La contribution du milieu éco-innovateur à la diversification territoriale.....	165
Schéma 14 : Le triangle des services	175
Schéma 15 : L'écologie industrielle et milieu éco-innovateur (synthèse).....	187
Schéma 16 : Les synergies éco-industrielles dans la symbiose industrielle de Dunkerque ..	232
Schéma 17 : Symbiose industrielle et nouvelles synergies	305
Schéma 18 : Caractéristiques de la gouvernance territoriale dans l'écologie industrielle à Dunkerque	362
Schéma 19 : Une gouvernance territoriale systémique	363

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les trois formes de proximité : géographique, organisationnelle et cognitive	83
Tableau 2 : Expériences d'écologie industrielle dans le monde	93
Tableau 3 : Les caractéristiques homothétiques du milieu innovateur et de la symbiose industrielle.....	133
Tableau 4 : Synthèse des difficultés liées au développement d'un milieu «éco-innovateur»	173
Tableau 5 : La contribution des services à la résolution des difficultés/limites de la mise en œuvre de l'écologie industrielle	177
Tableau 6 : Synthèse de la méthodologie empirique	193
Tableau 7 : Les formes de l'écologie industrielle dans la symbiose industrielle de Dunkerque	242
Tableau 8 : Les critères de recherche pour classer les entreprises selon leur intérêt pour l'écologie industrielle.....	288
Tableau 9 : Présentation des entreprises ayant un intérêt relatif/important vis-à-vis de l'écologie industrielle.....	291
Tableau 10 : Résumé des synergies des nouvelles entreprises	303
Tableau 11 : Cadre théorique et méthodologie scientifique de la thèse.....	373

Liste des encadrés

Encadré 1 : Exemple de métabolisme industriel du jus d'orange.....	65
Encadré 2 : L'analyse des flux de matières ou Material Flow Analysis (MFA)	67
Encadré 3 : Les formes de synergies éco-industrielles.....	72
Encadré 4 : Les économies externes	137
Encadré 5 : Les types d'externalités	154
Encadré 6 : Les plans issus de la planification indicative.....	200
Encadré 7 : Les politiques d'attractivité	205
Encadré 8 : La toile industrielle de Dunkerque	208
Encadré 9 : Écologie industrielle et création de nouvelles activités à Dunkerque	258
Encadré 10 : Les mesures d'attractivité conjoncturelle à Dunkerque.....	309
Encadré 11 : Des entreprises industrielles dunkerquoises en difficulté.....	333
Encadré 12 : Classification des secteurs d'activités dans des groupes homogènes selon leurs fonctions et rôles	351

Liste des cartes

Carte 1 : Le recueil des projets d'écologie industrielle en France	105
Carte 2 : La zone d'emploi de Flandre-Dunkerque	208

Liste des annexes

Annexe 1 : Présentation des filières et grandes unités industrielles du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque (années 1970)	408
Annexe 2 : Évolution du nombre de demandeurs d'emploi dans la Flandre-Dunkerque.....	409
Annexe 3 : Répartition mondiale des trafics portuaires.....	409
Annexe 4 : Domaines de formation de l'Université du Littoral Côte d'Opale de Dunkerque	410
Annexe 5 : Localisation des zones industrielles et d'habitat de la CUD.....	410
Annexe 6 : Les principaux polluants atmosphériques à Dunkerque.....	411
Annexe 7 : Les grands polluants industriels de la région Hauts de France (2016).....	412
Annexe 8 : Guide d'entretien pour les entreprises de la symbiose industrielle de Dunkerque	413
Annexe 9 : Participation aux évènements locaux liés à la thématique de l'écologie industrielle	417
Annexe 10 : Présentation détaillée des principales entreprises de la symbiose industrielle de Dunkerque	418
Annexe 11 : Les entreprises interrogées (16 entreprises)	420
Annexe 12 : Les institutions interrogées (9 institutions).....	422
Annexe 13 : Réseau de Chaleur de Dunkerque	423
Annexe 14 : Cycle combiné de fabrication d'électricité – Dk6.....	424
Annexe 15 : Processus de production de Biocarburant chez Daudruy	425
Annexe 16 : Indicateurs de mesure de la variété reliée	426
Annexe 17 : Définition des codes NAF/APE	427
Annexe 18 : Les secteurs d'activité sélectionnés.....	428
Annexe 19 : Les nouvelles entreprises de la base de données et secteurs d'activité.....	429
Annexe 20 : Codes NAF des entreprises de la symbiose industrielle de Dunkerque	442
Annexe 21 : Les nouvelles entreprises interrogées en 2017 et 2018	445
Annexe 22 : Guide d'entretien pour les nouvelles entreprises	446
Annexe 23 : Proximité géographique entre IndaChlor® et Aliphos	450
Annexe 24 : Processus de valorisation des résidus chlorés - IndaChlor®.....	451
Annexe 25 : Les étapes de production de Biodiesel et Biokérosène	451
Annexe 26 : Processus de fonctionnement de l'échangeur Terraosave.....	452
Annexe 27 : Synergie entre Oleovia et Nord Ester : production de biocarburant	452
Annexe 28 : Le taux de défaillance d'entreprises en France	453
Annexe 29 : Répartition de création d'entreprise par secteur d'activité.....	454
Annexe 30 : Les secteurs d'activité de service dans la population cible.....	455

Glossaire

ADEME	L'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
APE	Activité Principale Exercée
CCM	Centre Commun de Mesures
COV	Composés Organiques Volatils
CPF	Classification des Produits Française
CUD	Communauté Urbaine de Dunkerque
CVE	Centre de Valorisation Énergétique
FRATRI	Fonds d'Amplification de la Troisième Révolution Industrielle
GIEC	Groupe d'Experts Intergouvernemental sur L'évolution du Climat
GPEC	Gestion Prévisionnelle Des Emplois Et Des Compétences
GREMI	Groupe Européen sur les Milieux Innovateurs
ICD	Industrial City Dunkerque
IFIM	Étude D'Inventaire des Flux Industriels de Matières
IIIEE	International Institute for Industrial Environmental Economics
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
IRENI	Institut de Recherche en ENvironnement Industriel
ISO	Organisation internationale de normalisation
KIC	Kwinana Industrial Council
MFA	Material Flow Analysis
MITI	Ministry of International Trade and Industry
NAF	Nomenclature d'Activités Française
NPS	North Port Shuttle
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OCP	Office Chérifien des Phosphates
PIICTO	Plateforme Industrielle & Innovation de Caban Tonkin
RSE	Responsabilité Sociale des Entreprises
SDPN	Schéma de Développement du Port et de la Nature
SIC	Standard Industrial Classification
SIG	Systèmes d'information géographique
SPL	Système Productif Local
SPPPI	Secrétariat Permanent pour la Prévention des Pollutions Industrielles
SRADDET	Schéma Régional d'Aménagement De Développement Durable et d'Egalite Des Territoires
SRDEII	Schéma régional de développement économique, d'innovation et d'internationalisation
TIGA	Territoire d'Innovation de Grande Ambition
TLS	Top Layer Sintering
ULCO	Université du Littoral Côte d'Opale
UNESCO	Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture
UNU	United Nations University

Introduction générale

L'activité humaine est estimée être à 95% à l'origine du changement climatique observé depuis le milieu du 20ème siècle. Cette estimation est établie par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) ¹ dans son cinquième rapport d'évaluation sur l'état des connaissances scientifiques, techniques et socio-économiques sur les changements climatiques (GIEC, 2013)². Ce même taux de probabilité s'élevait à 66 % en 2001 ; ce qui atteste du lien de plus en plus étroit, réalisé par les experts, entre déséquilibres environnementaux et activités humaines. L'impact de l'homme et en particulier des activités industrielles sur le système climatique se traduit notamment par l'accroissement de la concentration dans l'atmosphère des gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane, chlorofluorocarbones et oxyde nitreux). Les conséquences du changement climatique se traduisent notamment par le réchauffement de l'atmosphère et de l'océan, les changements du cycle global de l'eau, le recul des neiges et des glaces, l'élévation du niveau moyen mondial des mers et la modification de certains extrêmes climatiques (GIEC, 2013).

Face à cette situation environnementale alarmante, il devient de plus en plus impérieux de développer une alternative au modèle linéaire de croissance et de développement économique. L'économie circulaire s'oppose au modèle linéaire selon lequel l'activité industrielle consiste à « extraire, fabriquer, consommer, jeter ». Elle se présente comme un nouveau modèle économique à même de promouvoir un développement durable, s'inspirant du fonctionnement de l'écosystème naturel. Ce modèle s'inscrit dans une réflexion écologique de l'utilisation de la matière, en créant des boucles fermées à chaque étape de la chaîne de transformation/production jusqu'à la destruction finale.

Le concept d'économie circulaire émerge dès les années 1970 et prend appui sur différents courants de pensée ou modèles de fonctionnement plus écologique, comme l'économie de la performance (Stahel, Reday, 1981), le principe du Cradle to Cradle (Braungart, McDonough, 2002), le Biomimétisme (Benuys, 2002), l'économie bleue (Pauli, 2010). Cependant, il ne caractérise pas la naissance d'une réflexion sur les impacts économiques de l'environnement qui est bien plus ancienne. De même, les pratiques de recyclage et de valorisation des déchets

¹ Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) est un organisme intergouvernemental créé en 1988. Il a pour mission d'évaluer, suivant une méthodologie spécifique, les informations liées aux aspects scientifiques, techniques et socio-économiques relatifs au changement climatique.

² Le GIEC a défini, en 2017, les grandes lignes de sa prochaine évaluation scientifique du changement climatique et prévoit de finaliser le sixième Rapport en 2025.

sont observables à des époques très reculées, et sont mêmes considérées comme aussi anciennes que les activités économiques elles-mêmes (Desrochers, 2002).

La fondation Ellen MacArthur, qui s'est donnée pour mission d'accélérer la transition vers l'économie circulaire, a joué un rôle important dans la popularisation de l'économie circulaire. Elle a montré par de nombreux travaux (notamment par une série de rapports publiés à partir de 2012) les bénéfices potentiels de ce nouveau mode de développement pour de nombreuses parties prenantes et de multiples secteurs de l'économie, sur le plan environnemental mais aussi social et économique. En raison des multiples opportunités offertes par l'économie circulaire, ses applications au sein des systèmes économiques modernes et des processus industriels ont pris de l'ampleur, se traduisant par de nouvelles politiques publiques et le développement de nouvelles pratiques dans les entreprises. Les pays considérés comme pionniers en matière d'économie circulaire, comme le Japon, la Chine, l'Allemagne et les Pays bas, l'ont très tôt intégré comme un atout pour la croissance économique et l'amélioration de leur compétitivité (Gallaud, Laperche, 2016).

L'économie circulaire regroupe un ensemble de mesures concrètes, d'outils et instruments visant à lutter contre les déséquilibres environnementaux et à promouvoir le développement durable en particulier à l'échelle des territoires. Elle intègre trois principaux domaines basés sur 7 piliers : la gestion des déchets (recyclage), la demande et le comportement des consommateurs (allongement de la durée d'usage et consommation responsable) et l'offre des acteurs économiques (extraction/exploitation et achats durables, éco-conception, économie de la fonctionnalité et écologie industrielle) (ADEME, 2013). L'économie circulaire est donc un concept large, non stabilisé, regroupant différentes approches qui se réfèrent à de nouveaux modes d'organisation et de gestion des activités humaines à l'échelle des entreprises et des territoires.

L'écologie industrielle se présente comme l'un des piliers de l'économie circulaire. C'est un mode d'organisation industrielle caractérisé par une gestion optimisée des stocks et des flux de matières, de l'énergie et des services. Elle vise la transition des systèmes industriels traditionnels vers des écosystèmes industriels imitant le fonctionnement de la biosphère (Frosch, Gallopoulos, 1989). Elle propose des solutions concrètes permettant d'orienter les activités économiques vers un fonctionnement plus durable. L'écologie industrielle repose sur l'idée selon laquelle le fonctionnement d'un système industriel peut être décrit, tout comme un

écosystème naturel, par une circulation particulière de matières, de l'énergie et des informations.

Définie par Frosch et Gallopoulos (1989) comme l'ensemble des pratiques qui visent à réduire les rejets industriels polluants, l'écologie industrielle est généralement étudiée sous deux angles. Le premier est celui de l'analyse quantitative des flux de matière et d'énergie, de leur circulation dans les systèmes de production et de consommation et de leur intégration dans la conception des procédés pour améliorer les produits et les routines de production (Frosch, Gallopoulos, 1989 ; Ayres, 1989 ; Allenby, 1992 ; Erkman, 1997, 1998, 2004). Cette analyse quantitative aboutit à une quantification de ses impacts environnementaux (économie des matériaux, recyclage, etc.). Le second angle d'étude est celui de l'organisation territoriale et industrielle. Il repose sur l'analyse des relations et réseaux de coopération constitués entre les acteurs (Ehrenfeld, 2004 ; Boons, Baas, 1997 ; Chertow, 2000). La symbiose industrielle³ est définie comme l'ensemble des flux qui relient les entreprises sur un territoire donné (Chertow, 2000). Elle traduit cet intérêt pour la constitution des réseaux inter-industriels visant l'utilisation/ la mutualisation/la valorisation des déchets et de l'énergie comme matières premières. Dans ce cadre, la dimension territoriale a été mise en avant avec pour objectifs l'analyse de la constitution des symbioses industrielles et des interactions entre acteurs sur un espace géographiquement défini (Gibbs *et al.*, 2005 ; Buclet, 2011 ; Cerceau *et al.*, 2014 ; Gallaud, Laperche, 2016). De ces travaux transparait l'idée d'avantages multiples associés au développement de symbioses industrielles, qui peuvent se traduire localement par des avantages économiques et financiers pour les entreprises, des emplois nouveaux, une réduction de la pollution, aboutissant donc à un développement durable des territoires.

Mais selon nous, l'enchaînement causal associant écologie industrielle et développement territorial mérite d'être davantage développé et étayé par une démonstration précise. Dans cette thèse, nous souhaitons donc aborder ce sujet sous l'angle du développement économique que l'écologie industrielle peut apporter au territoire. Par quels mécanismes économiques l'écologie industrielle peut générer des activités nouvelles, attirer de nouvelles entreprises et créer des emplois ? Telles sont les principales questions auxquelles nous souhaitons répondre.

³ Dans la littérature la symbiose industrielle est associée à l'écologie industrielle. Comme nous l'avons évoqué plus haut, elle représente les réseaux constitués entre acteurs sur un territoire donné en vue de l'établissement de synergies propres à l'écologie industrielle. Notre travail, de dimension socio-économique, mettra largement l'accent sur la symbiose industrielle. Toutefois, le terme d'écologie industrielle sera utilisé dans notre thèse pour désigner plus généralement les pratiques et démarches se référant à la valorisation et la mutualisation des déchets.

Nous adoptons une démarche hypothético-déductive qui consiste à confronter un ensemble de faits avec un modèle théorique donné pour répondre à la question de recherche (Uzunidis, 2007). En effet, dans le but de délimiter notre champ de recherche, nous avons formulé la question de recherche suivante : L'écologie industrielle peut-elle être un outil de développement et de diversification des activités économiques d'un territoire ? Pour répondre à ce questionnement nous avons construit un « cadre conceptuel » qui repose sur la combinaison de la littérature sur l'écologie industrielle et les travaux de l'économie territoriale et de l'innovation. Notre objectif est de construire un cadre conceptuel et ainsi un modèle d'analyse permettant d'explicitier la place de l'écologie industrielle dans le développement de l'économie territoriale.

Dès lors qu'il s'agit de comprendre les mécanismes de développement des territoires grâce à l'écologie industrielle, il apparaît essentiel de définir dans un premier temps la notion du territoire. Pour cela, nous nous appuyons sur le concept de système productif local (SPL) qui s'intègre dans une littérature bien fournie sur l'analyse économique du territoire (Courlet, 2002 ; Ditter, 2005 ; Torre, Tanguy, 2014). En effet, la notion du SPL nous permet de comprendre que le territoire industriel : 1) est un espace géographique homogène abritant un système de production spécialisé dans des domaines d'activités spécifiques et disposant de ressources matérielles et immatérielles ; 2) se compose d'un ensemble d'acteurs diversifiés (acteurs privés et publics) dont les interactions sont intenses et basées sur différentes formes de proximité ; 3) se caractérise par la présence d'une unité ou industrie motrice qui peut contribuer à son développement par la diffusion des effets d'entraînement. L'ensemble de ces caractéristiques représentent des atouts importants pour la constitution et le développement des symbioses industrielles, comme en témoignent les initiatives les plus emblématiques de symbioses industrielles dans le monde notamment, le cas du Danemark (Kalundborg), des Pays-Bas (Ports de Rotterdam et Anvers), de la France (Ports de Dunkerque et Marseille-Fos), d'Australie (Kwinana) etc.

Pour approfondir notre compréhension de la relation entre l'écologie industrielle et le territoire industriel, nous étudions la contribution de celle-ci au développement économique territorial par les dynamiques d'innovation dont elle peut être source. Pour cela nous mobilisons le concept de milieu innovateur (ce concept a été initié par le GREMI en 1985) qui montre comment l'innovation peut émerger des relations de proximité entre acteurs localisés sur un territoire donné et qui sont à l'origine d'un processus d'apprentissage collectif (Aydalot, 1986 ;

Maillat *et al.*, 1993 ; Crevoisier, 2001 ; Uzunidis, 2007). Il peut être considéré « comme le « cerveau » du SPL, regroupant les capacités cognitives des acteurs propres à initier des dynamiques d'innovations » (Torre, Tanguy, 2014, p. 6). Notre objectif est de déterminer dans quelle mesure la symbiose industrielle peut fonctionner comme un milieu innovateur. Pour cela, nous comparons les caractéristiques, mécanismes de fonctionnement (collectif d'acteurs, réseaux d'innovation, capacité d'apprentissage et modes de gouvernance) et impacts attendus (production d'innovations) du milieu innovateur avec ceux de la symbiose industrielle. Nous choisissons le concept de milieu innovateur pour analyser les symbioses industrielles dans la mesure où il se présente, dans la littérature sur le développement territorial, comme un outil conceptuel permettant d'analyser les dynamiques d'innovation à l'échelle territoriale.

Le milieu innovateur se caractérise par l'articulation des formes de proximité (géographique, organisationnelle et cognitive) (Rallet, Torre, 2001 ; Boschma, 2005 ; Uzunidis, 2010) qui favorisent la création d'effets d'agglomération sur le territoire (Marshall, 1920). Ces effets d'agglomération sont en effet à l'origine de différentes formes d'économies externes (externalités positives) dont peuvent bénéficier les différents acteurs du milieu (Marshall, 1890 ; Meade, 1952 ; Aydalot, 1965).

En montrant, à partir de la littérature, que la symbiose industrielle et le milieu innovateur partagent des caractéristiques et un mode de fonctionnement communs (articulation des formes de proximité, effets d'agglomération, externalités), nous proposons le concept de « milieu éco-innovateur ». Le préfixe « éco » ajouté au milieu innovateur fait référence aux éco-innovations (de produits, de procédés, organisationnelles/institutionnelles, ou de commercialisation) créées dans la symbiose industrielle, lesquelles peuvent initier une transition de l'économie territoriale vers un mode de développement plus durable⁴.

Les externalités générées par le milieu éco-innovateur sont à la fois statiques, favorisant la stabilisation/maintien des activités locales sur place (spécialisation des compétences, des infrastructures développées en commun, etc.) et dynamiques, dans la mesure où elles peuvent renforcer l'attractivité de nouvelles entreprises sur le territoire. Le milieu « éco-innovateur » peut favoriser la diversification des activités économiques. Celle-ci peut en particulier s'appuyer sur une « variété reliée » (Frenken *et al.*, 2007 ; Boschma, Iammarino, 2007 ; Boschma, Frencken, 2011). Initiée par les chercheurs de la nouvelle économie géographique,

⁴ Le développement durable est défini dans le rapport Brundtland comme « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » (1987, p.40). Il concilie pour cela les sphères de l'économie, de l'environnement et de la société.

le concept de variété reliée s'intègre en effet dans une approche qui tente d'apporter une réponse à la question suivante : le développement des dynamiques d'innovation est-il le résultat de la spécialisation économique du territoire issue des économies de localisation (Marshall, 1890 ; Arrow, 1962 ; Romer, 1986) ou bien de la diversification issue des économies d'urbanisation (externalités de Jacobs (1969)) ? L'approche de la variété reliée considère que le développement local résulte non pas de la diversité des activités sur un territoire donné (impliquant une distance cognitive importante entre les entreprises locales), ni de la spécialisation des activités (susceptible de créer une situation de dépendance de sentier). Au contraire, le développement local résulterait davantage d'une diversification fondée sur une variété reliée qui se traduit par l'émergence de nouvelles activités à partir de la base de connaissances et de compétences locale (Asheim, *et al.*, 2011). Dans cette thèse, nous nous appuyons sur cette approche pour montrer que les échanges de flux de matière/énergie peuvent permettre de relier de nouvelles entreprises aux entreprises membres de la symbiose industrielle. L'écologie industrielle peut apparaître ainsi comme un nouvel indicateur de la variété reliée et donc comme un nouvel outil de diversification des territoires industriels.

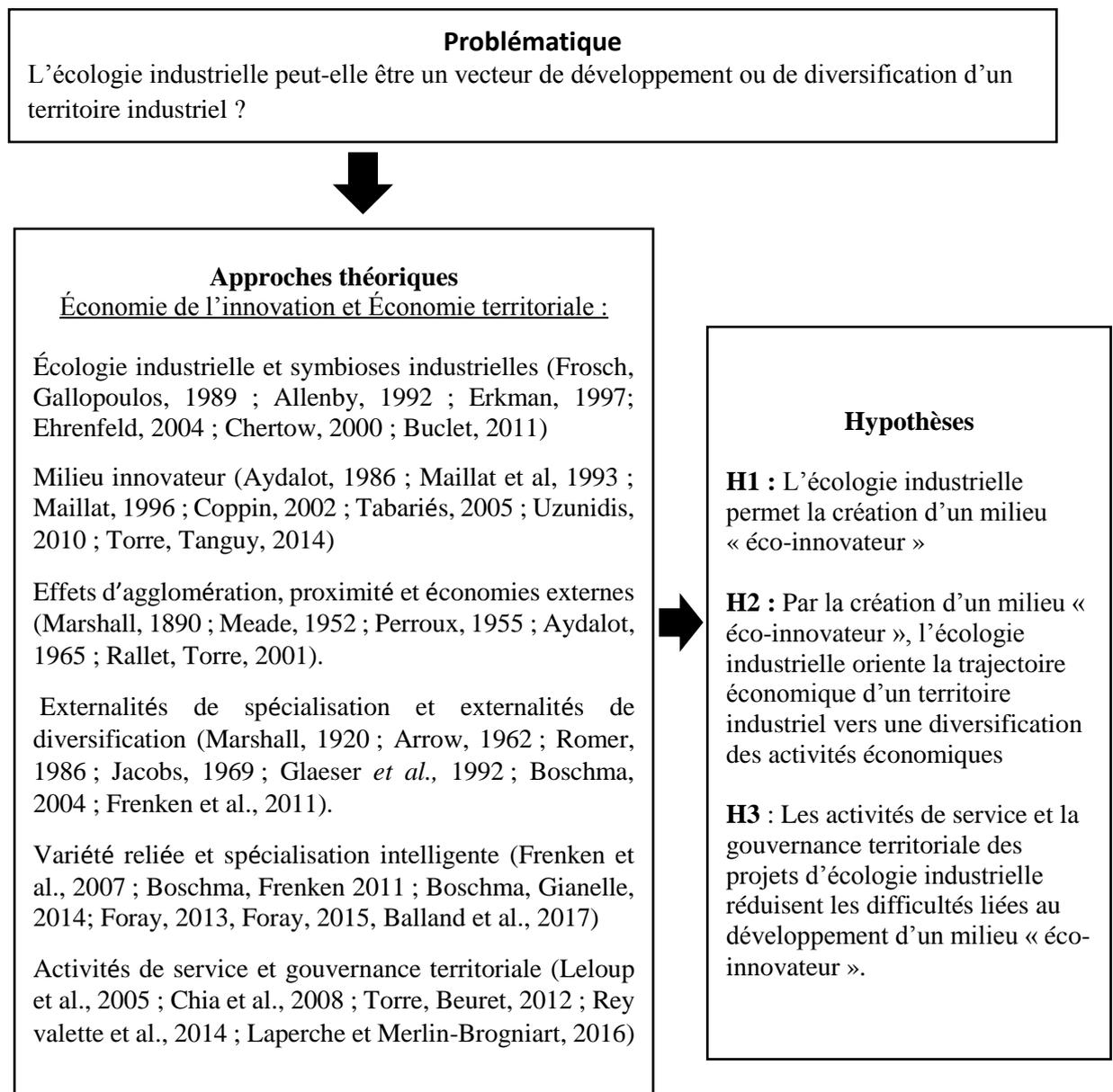
Le schéma central de notre thèse repose ainsi sur la contribution du milieu éco-innovateur, créée par la mise en place de l'écologie industrielle, à la diversification des activités économiques du territoire. Cependant ce raisonnement reste un « idéal » et sa mise en œuvre concrète est un processus complexe qui se heurte à de nombreuses difficultés. Nous les prenons en compte dans notre travail et cherchons à les identifier. Nous mettons en avant, à partir de la littérature, des difficultés en particulier économiques, techniques, réglementaires humaines/relationnelles, informationnelles etc., (Korhonen, 2004 ; Adoue, 2007 ; Duret, 2007 ; Gibbs, Deutz, 2007 ; Parsons, Kriwoken, 2010 ; Geldron, 2012 ; Laperche, Merlin-Brogniart, 2016). Celles-ci peuvent freiner l'émergence et le développement de milieux « éco-innovateurs ». Nous réfléchissons également aux moyens de les résorber. Nous nous intéressons ainsi aux activités de service qui, en raison de leurs fonctions, peuvent contrecarrer une partie des difficultés associées à la construction d'un milieu éco-innovation (Laperche, Merlin-Brogniart, 2016). Nous réfléchissons également aux caractéristiques d'une gouvernance territoriale (Leloup *et al.*, 2005 ; Torre, Beuret, 2012 ; Rey valette *et al.* 2014) adaptée à cet objectif.

De ce cadre théorique s'articulant autour du concept de milieu « éco-innovateur », découlent les hypothèses suivantes :

Selon la première hypothèse (**H1**), l'écologie industrielle est un vecteur de développement ou de reconversion d'un territoire industriel. Elle permet la création d'un milieu «éco-innovateur».

Selon la deuxième hypothèse (**H2**) : Par la création d'un milieu « éco-innovateur », l'écologie industrielle oriente la trajectoire d'un territoire industriel vers une diversification des activités économiques.

Enfin, selon la troisième hypothèse (**H3**) : Les activités de service et la gouvernance territoriale des projets d'écologie industrielle réduisent les difficultés liées au développement d'un milieu « éco-innovateur ».



Dans cette thèse, nous nous positionnons dans une posture positiviste⁵ en nous appuyons sur une démarche hypothético-déductive. Ainsi, les hypothèses que nous avons élaborées font l'objet d'une vérification empirique suivant une méthodologie de recherche mixte, que nous détaillons par la suite.

Notre cadre théorique est confronté avec l'étude empirique du cas de Dunkerque (région Hauts de France). Nous réalisons un état des lieux de l'écologie industrielle à Dunkerque, et cherchons à déterminer si les caractéristiques d'un milieu « éco-innovateur » peuvent être observées. Nous cherchons ainsi à comprendre dans quelle mesure les effets d'agglomération favorisent la génération et l'attractivité d'activités nouvelles. Nous examinons aussi dans quelle mesure ces activités nouvelles sont liées à celles existantes, et contribuent à une diversification de l'économie territoriale. Le choix du complexe industrialo-portuaire⁶ de Dunkerque se justifie par un double intérêt : d'une part, c'est un territoire à forte spécialisation industrielle à la recherche d'un nouveau souffle économique. L'histoire et la nature de l'activité de ce territoire sont liées à l'industrialisation « forcée » issue de la planification indicative de l'État français (5^{ème} et 6^{ème} plans économiques) et à la crise de l'industrie lourde. D'autre part, c'est un territoire pionnier en France dans la mise en œuvre de l'écologie industrielle. Selon nous, l'écologie industrielle apparaît comme une voie intéressante pour la modification de la trajectoire économique de Dunkerque.

Pour vérifier nos hypothèses sur le terrain de Dunkerque, nous utilisons une méthode de recherche mixte⁷. Nous nous appuyons donc sur une démarche qualitative d'une part et sur une démarche quantitative de l'autre part. La démarche quantitative, repose sur l'analyse de deux bases de données. La première regroupe 124 entreprises industrielles et la deuxième regroupe 455 entreprises de services aux entreprises potentiellement impliquées dans l'écologie

⁵ Dans l'approche positiviste on insiste sur les faits observables pour tenter d'expliquer les liens entre ces faits et de combler les lacunes qui existent dans la théorie. Pour cela des hypothèses sont mises en œuvre en se basant sur la littérature existante. Celles-ci feront l'objet d'une vérification empirique (Dupriez et Vanderlinden, 2010)

⁶ Le complexe ou zone industrialo-portuaire de Dunkerque est un espace qui associe des activités portuaires et industrielles dans un système économique et spatial complexe qui s'étend au-delà de l'agglomération dunkerquoise. Le périmètre retenu est celui de la région Flandres Dunkerque (voir section 5). Dans la thèse, les expressions « territoire de Dunkerque » ou « complexe industrialo-portuaire de Dunkerque » font référence à ce périmètre.

⁷ « Une démarche méthodologique est qualifiée de mixte lorsque le chercheur combine des données/méthodes quantitatives et qualitatives dans une même étude » (Johnson, Onwuegbuzie 2004). C'est une approche de recherche dans laquelle le chercheur intègre : (a) des questions de recherche qualitative et quantitative, (c) des techniques de collecte et d'analyse de données qualitatives et quantitatives ; et (d) des résultats qualitatifs et des résultats quantitatifs (Pluy et Nha Hong, 2013).

industrielle à Dunkerque. La démarche qualitative repose sur la réalisation d'une série d'entretiens semi-directifs qui répondent à plusieurs objectifs (que nous détaillons plus bas)⁸. Au total 34 entretiens ont été réalisés (dont 4 entretiens qui ont été effectués en 2014 et actualisés en 2017) auprès de 21 entreprises et 9 institutions. Notre étude empirique se compose de trois volets correspondant chacun à une hypothèse :

Le premier volet, correspondant à la première hypothèse selon laquelle l'écologie industrielle permet la création d'un milieu éco-innovateur, a pour objectif de construire et d'analyser le schéma des synergies éco-industrielles établies entre les différents acteurs du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque. Cette étude a été réalisée en 2014 (actualisation en 2017 de certains entretiens), elle aboutit à identifier les acteurs clés de la symbiose industrielle, ainsi que les différents types de flux (de substitution et de mutualisation) qui les lient. Elle a permis aussi de souligner les facteurs favorables à ces échanges et d'identifier les caractéristiques propres au milieu éco-innovateur à Dunkerque mais aussi les différentes formes d'éco-innovations créées au sein de la symbiose industrielle. Cette étude s'est basée sur la réalisation d'entretiens semi-directifs auprès de 16 entreprises et 9 institutions.

Le second volet d'enquête est lié à la deuxième hypothèse et consiste à étudier le rôle du milieu éco-innovateur dans le renforcement de l'attractivité du territoire et sa contribution à la diversification et au développement d'une variété reliée. Le travail empirique a été réalisé en 2017 et a porté sur les nouvelles entreprises installées depuis 2014, date à laquelle nous avons identifié les principales synergies de la symbiose industrielle de Dunkerque (premier volet de l'enquête). L'objectif étant de comprendre si les nouvelles entreprises s'intègrent dans la symbiose industrielle en établissant des synergies avec les entreprises sur place. Autrement dit, l'objectif était d'étudier le rôle du milieu éco-innovateur dans le développement d'une variété reliée en étudiant la parenté entre les nouvelles entreprises et les entreprises de la symbiose. Pour cela nous avons identifié deux indicateurs de la variété reliée. Le premier indicateur repose sur l'analyse de la proximité des secteurs d'activité entre les entreprises déjà installées et les nouvelles par les codes de la nomenclature d'activités française (NAF) (en considérant que les entreprises appartenant au même secteur d'activité sont reliées par une proximité cognitive). Cette étude a été effectuée par une analyse quantitative en utilisant une base de données

⁸ Les résultats obtenus des entretiens semi-directifs sont complétés par des informations collectées auprès de plusieurs sources, permettant ainsi la triangulation des informations : rapports et publications des institutions locales, articles de presse locale et sites web des entreprises.

regroupant 124 entreprises (96 nouvelles entreprises et 28 entreprises de la symbiose industrielle). Le deuxième indicateur est étudié par une analyse qui a consisté d'une part, en une recherche sur les sites internet des entreprises pour appréhender l'intérêt des entreprises pour l'écologie industrielle et d'autre part par l'étude de 7 cas d'entreprises nouvelles (5 entretiens semi-directifs avec 5 nouvelles entreprises les plus significatives de la base de données et 2 autres ont été étudiées en se basant sur une recherche documentaire). L'objectif de ces entretiens et d'interroger la place qu'occupe l'écologie industrielle dans leur choix d'implantation et d'identifier les types de synergies qui lient ces entreprises à la symbiose industrielle.

La réalisation des analyses qualitatives des premier et deuxième volets de notre enquête nous a également permis d'identifier les limites et difficultés auxquelles les entreprises (nouvelles et de la symbiose) font face lors de la mise en place des synergies éco-industrielles. Ce qui nous amène à notre troisième volet de l'enquête, consacré à l'étude de la place des activités de service et de la gouvernance territoriale dans le développement du milieu éco-innovateur par la réduction des limites de l'écologie industrielle (troisième hypothèse). Cette étude mobilise d'une part, une analyse descriptive d'une base de données de 455 entreprises de service. Cette analyse a pour but de comprendre dans quelle mesure ces entreprises proposent des offres de services liées l'écologie industrielle. D'autre part, nous mobilisons les résultats qualitatifs issus de l'ensemble des entretiens effectués (premier et deuxième volets d'enquête) pour analyser l'implication des entreprises de service dans la symbiose industrielle et en particulier les besoins des entreprises interrogées en termes de prestataires externes. Les caractéristiques de la gouvernance des démarches d'écologie industrielle sont également étudiées en se basant sur les résultats des 34 entretiens semi-directifs.

Présentation littéraire du plan de la thèse

Ce travail de thèse se divise en deux parties, composées chacune de deux chapitres. La première partie s'intitule « Écologie industrielle et territoire : une approche par le milieu éco-innovateur » et comprend le cadre théorique mobilisé dans la thèse. Cette partie a pour objectif de construire une méthodologie permettant d'expliquer les mécanismes par lesquels l'écologie industrielle peut être un moteur de développement et de diversification des activités économiques sur un territoire donné. La seconde partie s'intitule « Milieu éco-innovateur et diversification du territoire industriel : le cas du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque ». Dans cette partie

nous confrontons notre cadre théorique à l'analyse empirique du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque.

Dans le premier chapitre (partie I), nous mobilisons la littérature sur l'écologie industrielle en mettant en avant les différentes définitions de cette notion. Il s'agit d'expliquer les modalités de fonctionnement de l'écologie industrielle et de montrer le lien étroit entre l'écologie industrielle et le territoire industriel.

Dans la première section, nous abordons l'historique et l'émergence de la notion d'écologie industrielle en mettant en avant les premiers travaux qui s'intéressent à l'écologie industrielle mais aussi les premières expériences ayant contribué à son développement et son institutionnalisation en tant que pratique et discipline (1.1). Nous étudions également la contribution possible de l'écologie industrielle à l'émergence du développement durable dans un contexte de pollution et d'épuisement des ressources naturelles engendrés par les activités industrielles. Nous mettons l'accent sur les limites liées aux technologies « end of pipe » ou encore aux technologies propres et nous expliquons en quoi le bouclage de flux dans le cadre de l'écologie industrielle peut représenter une solution « viable » sur le plan environnemental (1.2).

Nous mettons l'accent, par la suite, sur les différentes définitions de l'écologie industrielle et de ses composantes, technique et socio-économique. Les premiers travaux sur l'écologie industrielle se concentrent sur une approche scientifique et technique. On s'intéresse principalement à la dimension quantitative des flux de déchets et d'énergie (2.1). Cette vision a évolué au fil des années pour intégrer une approche socio-économique. Elle prend en compte les aspects humains et sociaux, porte une attention particulière au rôle des acteurs et à la constitution de réseaux et fait émerger une approche territoriale de l'écologie industrielle. Elle définit l'écologie industrielle en lien étroit avec le développement territorial (2.2).

Ce qui nous amène, dans la deuxième section, à souligner la relation entre l'écologie industrielle et le territoire et en particulier le territoire industriel, en expliquant en quoi ce type de territoire représente un environnement propice pour son développement. Nous nous intéressons tout d'abord à la définition, au fonctionnement (1.1) et aux caractéristiques d'un territoire industriel (1.2) avant de mettre en avant la relation particulière entre l'écologie industrielle et le territoire industriel en s'appuyant sur les initiatives d'écologie industrielle développées à travers le monde (2.1) et (2.2).

Dans le deuxième chapitre (partie I), nous mobilisons les travaux sur l'économie territoriale et l'économie de l'innovation pour montrer la contribution de l'écologie industrielle au développement et à la diversification des territoires.

Dans la troisième section, nous faisons l'hypothèse que l'écologie industrielle participe au développement d'un milieu « éco-innovateur ». Cette hypothèse découle du rapprochement entre les concepts de symbiose industrielle et de milieu innovateur. Nous analysons dans un premier temps, à partir de la littérature, les caractéristiques qui permettent à un milieu de générer des dynamiques d'innovation (présence d'un collectif d'acteurs coordonné par cadre institutionnel et de réseaux dynamique d'innovation permettant un apprentissage collectif) (1.1), afin de les comparer avec les caractéristiques de la symbiose industrielle (1.2). Nous étudions ensuite les mécanismes de fonctionnement et impacts attendus du développement de milieux innovateurs (logiques d'interactions et d'apprentissage, articulation des formes de proximité, effets d'agglomération, dynamiques d'innovation) (2.1) afin d'identifier les points communs avec les mécanismes et les impacts attendus de la symbiose industrielle. Nous mettons également l'accent sur la dimension durable que la symbiose industrielle peut apporter au milieu innovateur par la création d'éco-innovations (2.2).

Dans la quatrième section, nous développons l'hypothèse selon laquelle le milieu « éco-innovateur » créé grâce à la mise en place de l'écologie industrielle, peut contribuer à l'orientation de la trajectoire d'un territoire vers une diversification des activités économiques. Nous étudions les atouts de la diversification pour le développement territorial. Mais nous analysons d'abord la question de la spécialisation des territoires industriels et ses effets, positifs mais aussi négatifs, sur la performance des territoires (situations de blocage et dépendance de sentier) (1.1). Nous mettons ensuite l'accent sur les avantages liés au développement d'une variété reliée dans laquelle les secteurs sont reliés à travers une base de connaissances et de compétences partagée ou complémentaire. En effet, la diversification devient un atout pour le développement de l'économie territoriale lorsque les activités nouvelles émergent à partir de celles existantes (1.2).

Nous présentons d'abord le cadre conceptuel du concept de variété reliée (2.1) puis nous étudions la contribution du milieu « éco-innovateur » au développement de ce type de variété et au renforcement de l'attractivité du territoire (2.2). Enfin, nous développons, à partir de la littérature, les limites auxquelles se heurtent les projets d'écologie industrielle (limites liées aux

aspects opérationnels et organisationnels des synergies éco-industrielles). Celles-ci peuvent freiner l'émergence et le développement de milieux « éco-innovateurs ». Nous faisons, ainsi, l'hypothèse que l'apprentissage de nouvelles pratiques, le développement d'activités de service et l'accompagnement par une gouvernance adaptée peuvent contribuer à les réduire (2.2).

Dans la seconde partie, nous confrontons notre modèle d'analyse au complexe industrialoportuaire de Dunkerque. Nous cherchons à comprendre les atouts de l'écologie industrielle pour la construction d'un milieu « éco-innovateur », au sein duquel les effets d'agglomération favorisent la génération et l'attraction d'activités nouvelles liées à celles pré-existantes, contribuant ainsi à une diversification des activités. Nous exposons au fur et à mesure des sections la méthodologie choisie permettant d'appliquer et de vérifier nos hypothèses.

Dans le troisième chapitre, nous présentons le territoire industrialoportuaire de Dunkerque, et mettons en avant les caractéristiques de son tissu économique. Dans ce chapitre, nous apportons des éléments d'analyse concernant notre première hypothèse.

La cinquième section retrace la trajectoire d'évolution du territoire étudié. Il s'agit en effet d'un territoire à forte spécialisation industrielle à la recherche de nouvelles voies de développement, dont l'histoire et la nature de l'activité sont liées à la concentration industrielle et à la crise de l'industrie lourde européenne. Nous présentons dans un premier temps, le contexte et l'histoire de la constitution du complexe industrialoportuaire de Dunkerque (1.1) dans un cadre de politique de « champions nationaux » (1.2). Nous mettons en avant dans, un deuxième temps, l'ouverture de ce territoire aux investissements étrangers comme voie de reconversion. Dans un troisième temps, nous exposons la situation industrielle actuelle et la prédominance des industries lourdes dans ce territoire en présentant un état des lieux des filières industrielles (2.1). Nous analysons par la suite l'évolution de sa trajectoire industrielle par l'analyse des actifs spécifiques et secondaires pour mettre en avant sa dépendance au sentier (2.2).

La sixième section est consacrée à la vérification de la première hypothèse selon laquelle l'écologie industrielle permet la création d'un milieu éco-innovateur. Pour cela, nous procédons par une présentation de l'historique de développement de l'écologie industrielle à Dunkerque pour ensuite présenter la méthodologie qui nous permettra d'identifier les pratiques actuelles (1.1). Puis, nous présentons nos premiers résultats qui consistent à identifier les principales synergies de la symbiose industrielle de Dunkerque (1.2). L'analyse de terrain nous a conduit à identifier les caractéristiques (2.1) qui permettent de faire de la symbiose industrielle un

milieu éco-innovateur générateur d'éco-innovations (technologiques et non technologiques) (2.2).

La septième section consiste à étudier le rôle du milieu éco-innovateur dans le renforcement de l'attractivité du territoire et sa contribution à la diversification et au développement d'une variété reliée entre les différents acteurs du territoire. Nous identifions dans un premier temps les indicateurs qui nous permettront de mesurer la variété reliée dans le milieu éco-innovateur de Dunkerque (1.1). Nous réalisons d'abord une analyse par l'appartenance sectorielle des nouvelles entreprises par rapport aux entreprises de la symbiose pour savoir si celles-ci partagent une forte proximité cognitive (1.2). Nous approfondissons notre analyse en étudiant la variété reliée par les synergies d'écologie industrielle (2.1) et donc le rôle de celles-ci dans la mise en relation des nouvelles entreprises avec les entreprises de la symbiose et le renforcement de la proximité organisationnelle. Nous présentons les résultats des entretiens réalisés pour montrer la place de l'écologie industrielle dans l'implantation de nouvelles entreprises reliées aux entreprises locales (2.2).

Enfin, nous mettons en avant, dans la huitième section, les limites et difficultés auxquelles sont confrontées les entreprises et institutions de Dunkerque dans la mise en place et le développement de l'écologie industrielle (1.1) et (1.2). Puis nous étudions le rôle des activités de service (2.1) ainsi que de la gouvernance territoriale dans la réduction de ces limites et dans le développement et la pérennité du milieu éco-innovateur (2.2).

Partie I : Écologie industrielle et territoire : une approche par le milieu « éco-innovateur »

« Les comportements innovateurs dépendent essentiellement de variables définies au niveau local ou régional. En effet, le passé des territoires, leur organisation, leur capacité à générer un projet commun, le consensus qui les structure sont à la base de l'innovation. L'accès à la connaissance technologique, la présence de savoir-faire, la composition du marché du travail et bien d'autres composantes des milieux locaux déterminent des zones de plus ou moins grande innovativité » (Aydalot, 1986a).

Introduction de la première partie

Aujourd'hui, les dommages environnementaux liés au développement économique portent fortement atteinte aux écosystèmes naturels. Dans le même temps, de nombreuses démarches associées au développement durable et souvent rassemblées sous le terme d'économie circulaire sont présentées comme des alternatives possibles qui peuvent être initiées à l'échelle des territoires. Il en est ainsi de l'écologie industrielle, qui peut être considérée comme une voie possible à la mutation industrielle et économique. Elle vise à établir une analogie entre les écosystèmes naturels et les systèmes industriels afin d'aboutir au développement durable (Frosch, Gallopoulos, 1989). Elle repose sur quatre leviers d'actions : la valorisation systématique des déchets comme ressources, la minimisation des pertes par dissipation (énergie, émissions polluantes...), la dématérialisation de l'économie (qui se traduit par le remplacement des produits par des services) et la « décarbonisation » de l'énergie (Erkman, 2004). L'écologie industrielle comporte une dimension technique qui consiste à recenser et comptabiliser les flux de matières et d'énergie (appelée « métabolisme industriel ») et une dimension socio-économique qui consiste à étudier la mise en œuvre des flux et les interactions entre acteurs (on parle alors de « symbiose industrielle »). À l'origine de l'émergence des symbioses industrielles basées sur les échanges de flux entre les acteurs territoriaux, l'écologie industrielle se présente comme un projet territorial collectif. Dans cette première partie de la thèse nous nous intéressons à la relation qui peut s'établir entre l'écologie industrielle et territoire industriel. Nous nous interrogeons, d'une part, sur les atouts du territoire industriel pour le développement et la pérennité des projets d'écologie industrielle (Chapitre 1). Nous étudions, d'autre part, la contribution de l'écologie industrielle au développement et à la reconversion du territoire industriel (chapitre 2).

Le premier chapitre retrace et organise l'ensemble des travaux portant sur l'émergence et le fonctionnement de l'écologie industrielle. Il s'agit de mettre en avant son impact sur le développement durable et d'expliquer les modalités de son fonctionnement (métabolisme industriel et symbiose industrielle). Ce chapitre expose également les facteurs permettant le développement des démarches d'écologie industrielle dans les territoires industriels. La mobilisation des théories économiques représente pour nous une base importante permettant d'identifier les atouts et caractéristiques du territoire industriel pour la constitution des

symbioses industrielles. La notion de système productif local nous permettra de définir le territoire industriel et la théorie des pôles de croissance nous fournira les éléments nécessaires à la compréhension du rôle des acteurs dans le développement de ce type de territoires.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude de la place de l'écologie industrielle dans le développement économique du territoire industriel. En croisant les théories de l'économie territoriale et de l'innovation (milieu innovateur, effets d'agglomération, économies externes, éco-innovations) avec les travaux sur l'écologie industrielle (symbiose industrielle) nous proposons le concept de milieu « éco-innovateur ». Le concept nous permet d'élaborer une méthodologie ou un modèle d'analyse permettant de comprendre les mécanismes par lesquels la constitution d'une symbiose industrielle sur un territoire peut contribuer à la diversification de ces activités économiques. De nouvelles entreprises peuvent en effet être attirées par les économies d'agglomération réalisables sur le territoire et se relier aux entreprises constitutives de la symbiose par les synergies éco-industrielles. Les travaux portant sur la variété reliée ont été mobilisés pour étudier ces processus. Ils nous permettent de comprendre que les territoires ont intérêt à tirer des avantages de leur spécialisation et s'appuyer sur leurs forces pour développer de nouvelles dynamiques. Nous exposons également dans ce chapitre les différentes limites qui peuvent enrayer ou freiner la constitution des symbioses industrielles. Enfin, nous étudions la contribution que peuvent apporter les activités de service et le rôle de la gouvernance territoriale dans la réduction de ces limites.

Chapitre I : Écologie industrielle et territoire industriel : une relation étroite

Introduction du premier chapitre

Dans ce premier chapitre, nous mobilisons la littérature sur l'écologie industrielle en mettant en avant ses différentes définitions et leurs natures à la fois opposées et complémentaires. Il s'agit d'expliquer les modalités de fonctionnement de l'écologie industrielle et de montrer le lien étroit entre l'écologie industrielle et le territoire industriel.

Dans la première section, nous abordons l'historique et l'émergence de l'écologie industrielle en mettant en avant les premiers travaux qui s'y intéressent mais aussi les premières expériences ayant contribué à son développement et à son institutionnalisation (1.1). Nous étudions également la contribution de l'écologie industrielle au développement durable dans un contexte de pollution et d'épuisement des ressources naturelles engendrés par les activités industrielles. Nous mettons l'accent sur les limites liées aux technologies en bout de chaîne (*end of pipe*) ou encore aux technologies propres et nous expliquons en quoi le bouclage de flux dans le cadre de l'écologie industrielle peut représenter une solution « viable » sur le plan environnemental (1.2).

Nous mettons l'accent, par la suite, sur les différentes définitions de l'écologie industrielle et leurs divergences. Les premiers travaux sur l'écologie industrielle se concentrent sur une vision scientifique et technique. Ils s'intéressent principalement à la dimension quantitative des activités économiques (2.1). Cette vision a évolué au fil des années pour intégrer une vision socio-économique qui prend en compte les aspects humains et sociaux. Elle porte une attention particulière au rôle des acteurs et à la constitution de réseaux et fait émerger une vision territoriale de l'écologie industrielle. Cette approche territoriale tente un compromis entre l'approche technique et l'approche sociale de l'écologie industrielle. Elle définit l'écologie industrielle comme un projet commun de territoire (2.2).

Ce qui nous amène, dans la deuxième section, à souligner la relation entre l'écologie industrielle et le territoire et en particulier le territoire industriel, en expliquant en quoi ce type de territoire représente un environnement propice pour le développement de ce type de démarche. Nous nous intéressons tout d'abord à la définition, au fonctionnement (1.1) ainsi qu'aux caractéristiques d'un territoire industriel (1.2) avant de mettre en avant la relation particulière entre l'écologie industrielle et le territoire industriel en s'appuyant sur les initiatives d'écologie industrielle développées à travers le monde (2.1) et (2.2).

Section 1 : Définitions et fonctionnement de l'écologie industrielle

Dans cette première section, nous exposons l'évolution de la conceptualisation de la notion l'écologie industrielle. Jusqu'aux années 1980, la définition de l'écologie industrielle reste floue (point 1). Les premiers travaux ne font pas la distinction entre l'écologie industrielle et le métabolisme industriel. C'est à partir du début des années 1990, dans un contexte purement technique, que la définition se stabilise grâce à la publication de l'article de Frosch et Gallopoulos (1989). L'écologie industrielle est ainsi présentée comme un ensemble de pratiques permettant la réduction des rejets industriels polluants. À partir de là, de nombreux travaux se sont penchés sur le rôle de l'écologie industrielle dans la mise en la place du développement durable en transformant le système industriel traditionnel en un écosystème industriel viable. Ainsi, l'écologie industrielle se présente comme une solution alternative aux solutions traditionnelles dont la réponse aux problèmes environnementaux est jugée mineure.

Avec la multiplication des travaux sur l'écologie industrielle, les débats conceptuels se multiplient. Certains auteurs limitent le champ de cette nouvelle discipline à une dimension quantitative et technique, intégrant ainsi l'écologie industrielle dans une vision marchande du développement durable. Cette vision repose sur la confiance dans la technologie, et dans les mécanismes de marchés concurrentiels. L'écologie industrielle s'inscrit, dans ce contexte, dans une durabilité dite « faible ». D'autres auteurs insistent sur la nécessité d'élargir cette vision en soulignant ses limites pour intégrer les aspects sociaux et territoriaux de l'écologie industrielle (point 2).

1. Historique et définitions de l'écologie industrielle

À partir des années 1970, de nombreux chercheurs et spécialistes de disciplines différentes s'intéressent à la notion d'écologie industrielle. Néanmoins, elle ne se popularise qu'à partir de la fin des années 1980 suite à la publication de l'article de Frosch et Gallopoulos (1989). Nous présentons dans ce point l'évolution historique de l'écologie industrielle en mettant en avant les premiers travaux et expériences liées à celle-ci. Nous nous intéressons également au contexte de son institutionnalisation dans lequel cet article a joué un rôle clé (1.1). La présentation de littérature nous mène à exposer le rôle opérationnel potentiellement joué par l'écologie industrielle dans la réduction des problèmes environnementaux et la mise place du développement durable (1.2).

1.1. Émergence et institutionnalisation de l'écologie industrielle

1.1.1. Les premières réflexions autour de l'écologie industrielle

La notion d'écologie industrielle est apparue au cours de la deuxième moitié du 20^{ème} siècle. Certes l'expression est récente mais les pratiques qui y sont associées sont assez anciennes. Selon Desrochers (2002) « les pratiques liées à la transformation de sous-produits en intrants d'une autre industrie est aussi ancienne que le développement économique » (p. 1035). En effet, le plus ancien métier lié à ces pratiques est celui du chiffonnier. Le chiffonnier est un personnage qui : « parcourt les rues, lanterne à la main, hotte sur le dos, fouillant et piquant les tas d'ordures de son crochet, à la recherche de mille trésors insignifiants pour le commun des mortels » (Jugie, 1993, p. 117). Du fait de la nature de son activité, le chiffonnier véhiculait pendant longtemps une image négative auprès de la population qui le considérait comme « parasite, sale, dépenaillé, violent, alcoolique, inadapté, dégénéré, sans morale » (Gonzalez-Lafaysse, 2010, p. 521). Paradoxalement, la population était consciente de l'importance de son activité indispensable à l'activité urbaine et industrielle (Béguin, 2013). Le chiffonnier participait au nettoyage des déchets de la ville mais alimentait aussi le système industriel par ses collectes « entre ses mains [le chiffonnier], une fois triés, stockés, et transformés, [les déchets] vont retourner à l'industrie bon marché, au commerce de luxe » (Jugie, 1993, p. 117). À la fin du 19^{ème} siècle, avec l'évolution de l'industrie, l'adoption des boîtes à ordures dans les villes et l'apparition d'autres métiers tels que le « placier », seul autorisé à fouiller dans ses boîtes à ordures, les déchets collectés par les chiffonniers sont de moins en moins demandés par les industries⁹ (Béguin, 2013). La baisse de la demande des récoltes des chiffonniers aboutit à la quasi-disparition de ce métier en laissant la tâche de « nettoyage » de déchets à des entrepreneurs privés et aux services publics.

Du côté de la recherche scientifique et technique, un nombre important d'ouvrages traitant de la question de l'utilisation et du traitement des déchets industriels, a été publié entre 1862 et 1920¹⁰ (Desrochers, 2002). Dès 1905, de nombreuses publications ont vu le jour dans le Waste Trade Journal de l'Atlas Publishing Comany aux États-Unis pour faciliter l'établissement de liens inter-firmes en matière de déchets. Ces publications représentaient une sorte de répertoire fournissant des informations qui permettent l'achat ou la vente de différents types de déchets

⁹ « Si les récipients sont sortis juste avant le passage du tombereau, ils n'auront pas le temps de procéder au tri. Si le vidage de la boîte leur est interdit, ils ne pourront récupérer qu'une partie des matières » (Barles, 2011, p. 58)

¹⁰ D'après Desrochers, le livre le plus complet sur la récupération des déchets industriels est celui écrit par l'ingénieur français Paul Razous en 1905, intitulé "Les déchets industriels. Récupération – Utilisation"

aux Etats-Unis mais aussi au Canada et en Europe (informations sur les acheteurs, vendeurs, types de déchets : ferraille, métal, caoutchouc, papier, etc.) (Desrochers, 2002). À la fin 19e siècle les liens inter-firmes étaient devenus suffisamment importants pour justifier la création de l'American Industrial Waste Trade Industry Association. À la date de sa création en 1913, l'association comptait une vingtaine de membres regroupant des entreprises de grande taille tel que General Electric, Western Electric, etc.), elle est passée à 450 membre en 1928.

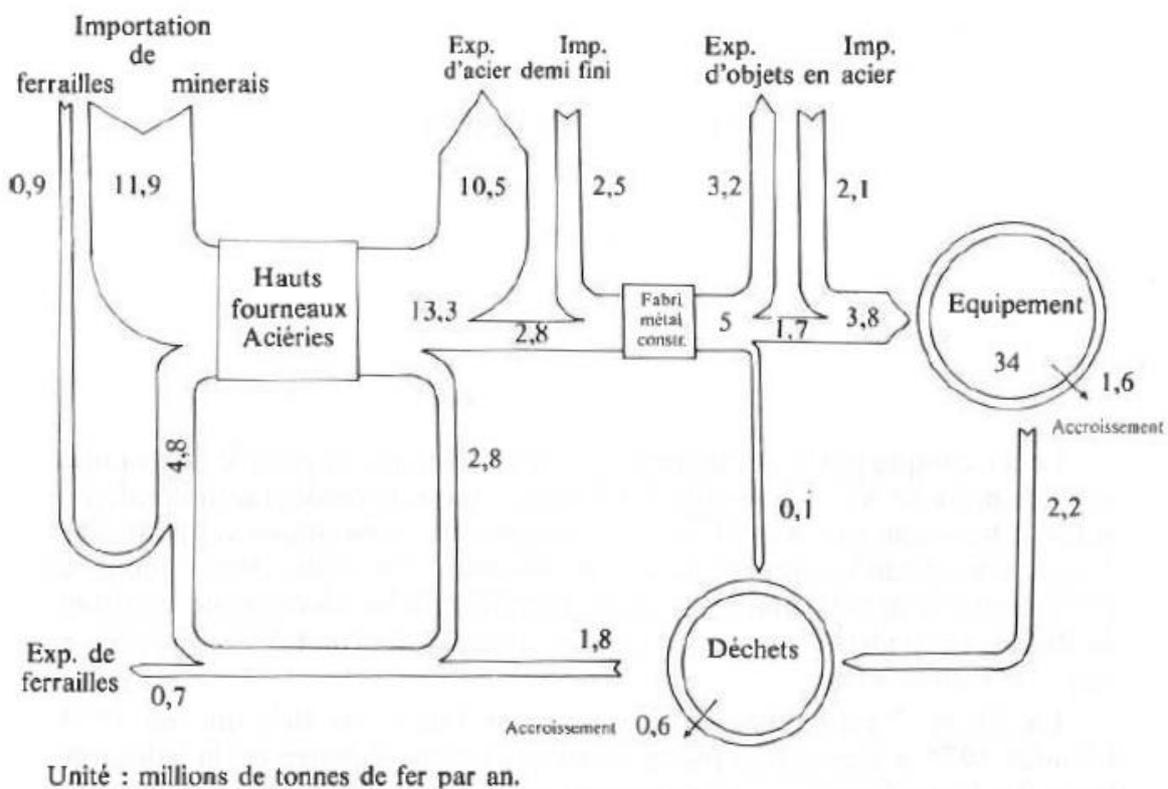
À partir des années soixante-dix, des scientifiques s'intéressent à l'écologie industrielle sans forcément utiliser le terme¹¹. En effet, Erkman (1997) souligne l'importance des contributions du géochimiste américain Preston Cloud, l'un des premiers à avoir initié la notion « d'écosystème industriel » dans son article « *Entropy, materials, and posterity* » publié en 1977. Cet article est le texte d'une communication présentée au congrès annuel de l'Association géologique allemande sur le thème « *Earth Sciences and the Future of Mankind* ». Les travaux de Robert Ayres, un physicien économiste américain, sur le métabolisme industriel (voir section 1.2) et l'analyse des flux de matières ont également représenté une base pour le développement de la notion d'écologie industrielle (Ayres et *al.*, 1989 ; Ayres, Simonis, 1994). Dans ces premiers travaux, plusieurs auteurs ne font pas la distinction entre les deux notions « jusqu'à présent, il n'existe pas de définition standard de l'écologie industrielle, un certain nombre d'auteurs ne font pas de différence claire entre le métabolisme industriel et l'écologie industrielle » (Erkman 1997, p.1 traduit par nous). Cependant, le métabolisme industriel a de plus en plus été interprété comme l'étude des flux de masse et des transformations dans le système industriel, alors que l'écologie industrielle est souvent considérée comme une démarche permettant de déterminer les transformations susceptibles de rendre le système industriel compatible avec un fonctionnement « normal » des écosystèmes biologiques (Ayres, 1997 ; Erkman, 2004).

Le premier ouvrage qui fait explicitement référence à l'écologie industrielle a été publié en 1983. Il s'agit d'un ouvrage collectif, inspiré par les débats autour du rapport Meadows du Club de Rome. Il a été écrit par des chercheurs belges (Centre de recherche et d'information sociopolitiques) et s'intitule « l'écosystème Belgique. Un essai d'écologie industrielle ». Ce groupe de chercheurs apporte une nouvelle vision du système économique belge en réalisant

¹¹ L'écologie industrielle trouve, entre autres, ses origines dans les travaux de Patrick Geddes (1854-1932) et, notamment, son texte intitulé *An Analysis of the Principles of Economics* (1884). Cet auteur est l'un des pionniers de l'économie écologique (Vivien, 2003).

une synthèse à partir des statistiques industrielles de production, afin de cartographier l'économie belge par le biais des flux de matières et d'énergie à la place des traditionnelles unités monétaires abstraites (Erkman, 2004). L'idée de ce travail réside « dans la conviction que les concepts et les méthodes de l'écologie sont transposables à l'étude du fonctionnement des sociétés industrielles et permettent d'en éclairer certains aspects d'un jour nouveau » (Billen et al, 1983, p.11). Le groupe a étudié six grandes filières : le fer (schéma 1), le verre, le plastique, le plomb, le bois et le papier, les matières alimentaires.

Schéma 1 : La filière de l'acier en Belgique en 1974



Source : Billen et al., (1983, p. 30)

Cette analyse de l'économie belge à partir des flux de matières de ses grandes filières a conduit les auteurs à identifier certains dysfonctionnements du système industriel belge (Billen et al., 1983). En effet, le « caractère ouvert » des schémas de circulation de matière dans quelques filières industrielles participe à l'augmentation des flux d'importation et d'exportation par rapport à la production indigène. Cette ouverture entraîne une spécialisation de la production de certaines filières (certaines activités industrielles successives d'une filière se développant

beaucoup plus que d'autres) qui peut être à l'origine des « désarticulations¹² sectorielles » : ce qui signifie que « les liens d'échange de matière entre deux activités industrielles successives d'une même filière deviennent faibles par rapport aux échanges avec l'extérieur, ces deux activités cessant alors d'être complémentaires » (Billen *et al.*, 1983, p. 87). L'ouverture, la spécialisation et les désarticulations sectorielles sont ainsi des facteurs d'internationalisation de l'économie belge qui est en effet à l'origine de certains dysfonctionnements : 1) L'ouverture économique du système belge entraîne l'ouverture écosystémique des cycles de matières ; 2) ce système économique génère de grandes dépenses énergétiques ; 3) le caractère ouvert de la circulation de la matière dans ce système génère une pollution importante. Cet ouvrage fournit et synthétise les idées de base de l'écologie industrielle en s'appuyant sur l'étude du métabolisme industriel de l'économie belge. Toutefois l'ouvrage n'a pas connu un vrai succès et la notion d'écologie industrielle n'était pas encore popularisée (Erkman, 1998).

Le Japon est un cas intéressant à citer dans l'histoire du développement de l'écologie industrielle. En effet, dès la fin des années 1960, le ministère du Commerce extérieur et de l'industrie (MITI, Ministry of International Trade and Industry), développe une réflexion prospective autour des impacts de l'industrialisation sur l'environnement. Il confie une mission à un groupe d'experts appelé groupe industrie-écologie dans le but d'explorer les possibilités de développer une économie moins consommatrice de matières basée sur les nouvelles technologies. Autrement dit, l'ambition du MITI était de substituer la technologie aux ressources naturelles. Après avoir effectué plusieurs recherches, le groupe publie deux rapports : le premier en 1972, dont il existe un résumé en anglais, intitulé *Introduction of Ecology into Industrial Policy*. Ce rapport a été considéré par le MITI comme très « philosophique » (Erkman, 2004), le groupe a ainsi publié un deuxième rapport en 1973 qui étudie des études de cas plus concrets. Les travaux du groupe industrie-écologie ont donné lieu au lancement de plusieurs grands programmes de recherche du MITI sur les technologies industrielles (énergétiques) et la conception de nombreux projets autour des technologies vertes (Projet plein soleil, Programme pour les technologies environnementales globales : Global Environmental Technology Program etc.). En 1973, une nouvelle politique basée sur les principes de l'écologie a été élaborée. Selon Erkman, les idées d'écologie industrielle ont été concrètement appliquées au Japon dès les années soixante-dix « c'est dans ce pays seulement

¹²On parle de désarticulation lorsque « deux secteurs d'une même filière qui pourraient être complémentaires et se développer en étroite interaction l'un avec l'autre connaissent des orientations quantitativement et/ou qualitativement divergentes » (Billen *et al.*, 1983 p. 31).

que les idées de l'écologie industrielle, pourtant déjà présentes à l'état diffus aux États-Unis et en Europe, ont été prises au sérieux et mises en pratique à grande échelle » (Erkman, 2004, p.61). Le cas du Japon sera davantage étudié dans la deuxième section de ce chapitre.

Malgré les nombreux travaux et initiatives sur l'écologie industrielle développés dans les années 1970 – 1980, le succès de la notion reste relatif. C'est à partir de la fin des années 1980 que l'expression se popularise suite à la publication de l'article de Robert Frosch (vice-président de la recherche chez General Motors) et Nicholas Gallopoulos (responsable de la recherche sur les moteurs chez General Motors), intitulé *Strategies for Manufacturing* (en français *Des stratégies industrielles viables*). Cinq ans plus tard, Graedel et Allenby publient un ouvrage intitulé *Industrial Ecology* (1994) dans lequel ils mettent l'accent sur l'analogie entre écosystèmes naturels et écosystèmes industriels.

1.1.2. L'institutionnalisation de l'écologie industrielle en tant que pratique et discipline

L'article de Robert A. Frosch et Nicholas E. Gallopoulos, sur l'écologie industrielle, publié dans la revue *Scientific American* (dans un numéro spécial consacré à « La gestion de la planète Terre ») a été largement diffusé et a suscité un grand intérêt auprès de la communauté scientifique et les milieux d'affaires. Dans cet article, les auteurs soulignent la nécessité de remplacer le fonctionnement traditionnel du système industriel par un écosystème industriel inspiré de la biosphère (voir sous-section 1.2). Hardin Tibbs (consultant anglais qui travaillait pour la société Arthur D. Little) s'est appuyé sur cet article pour rédiger une brochure d'une vingtaine de pages, intitulée *Industrial Ecology : À New Environmental Agenda for Industry*, publiée par Arthur D. Little en 1991 et republiée en 1993 par Global Business Network. Dans cette brochure, l'auteur reprend les idées de Frosch et Gallopoulos en les synthétisant et en les traduisant en langage des milieux d'affaires. Ce dernier a ainsi joué un rôle important dans la promotion du concept d'écologie industrielle dans le monde des entreprises.

L'écologie industrielle a, très vite, été perçue comme un nouveau champ scientifique et technique, mais aussi une nouvelle pratique de management environnemental. Elle a été institutionnalisée en 1991 lors du premier colloque, consacré à l'écologie industrielle, organisé par l'Académie nationale des sciences (National Academy of Science) à Washington. Six ans plus tard, la première revue scientifique consacrée à la structuration de cette nouvelle discipline a été fondée, elle s'intitule : the *Journal of Industrial Ecology* (MIT Press).

En 1998, à la suite de la Conférence Gordon sur l'écologie industrielle, une réflexion sur la création d'une société professionnelle pour l'écologie industrielle a été entamée par les participants. L'idée a été poursuivie par un groupe restreint d'ingénieurs de différentes nationalités (japonais, européens et américains) qui a décidé de créer en 2001 la Société Internationale pour l'écologie industrielle¹³. Cet organisme est dédié au soutien de la recherche, des applications et de la communication liés au domaine de l'écologie industrielle (fournir de nombreux lieux et des médias pour le dialogue et la communication). Environ 450 adhérents ont rejoint la première année d'exploitation. La revue *the Journal of Industrial Ecology* a été, en effet, adoptée comme le journal « officiel » de la Société.

La Société Internationale pour l'écologie industrielle est considérée comme un forum interdisciplinaire regroupant des spécialistes des sciences naturelles et sociales, des ingénieurs, des décideurs et des praticiens. Elle a pour buts de :

- Promouvoir le développement de méthodes, d'outils, produits et de technologies durables.
- Promouvoir l'intégration de l'écologie industrielle dans la recherche, l'éducation, les pratiques industrielles, les politiques et le développement communautaire afin de transformer la société et d'obtenir une économie plus durable.

Les travaux issus de la Société Internationale pour l'écologie industrielle s'articulent autour des six principales sections suivantes : l'Évaluation de la durabilité du cycle de vie ; le développement éco-industriel/Symbiose industrielle ; le métabolisme socioéconomique ; les systèmes urbains durables (SUS) ; l'organisation, la consommation et la production durables et les analyses d'entrées-sorties (Input-Output) étendues à l'environnement (*Environmentally Extended Input Output*).

L'écologie industrielle s'est également institutionnalisée grâce au développement de l'économie circulaire. En effet, l'écologie industrielle est considérée comme partie prenante de la boîte à outils conceptuelle et pratique pour favoriser la transition vers une économie circulaire (Gallaud, Laperche 2016). Le modèle d'économie circulaire repose sur le principe de bouclage de flux. Il s'oppose au modèle linéaire selon lequel l'activité industrielle consiste à « extraire, fabriquer, consommer, jeter ». Il s'agit d'un modèle qui va au-delà du simple recyclage, mais

¹³ International Society for Industrial Ecology : <https://is4ie.org/>

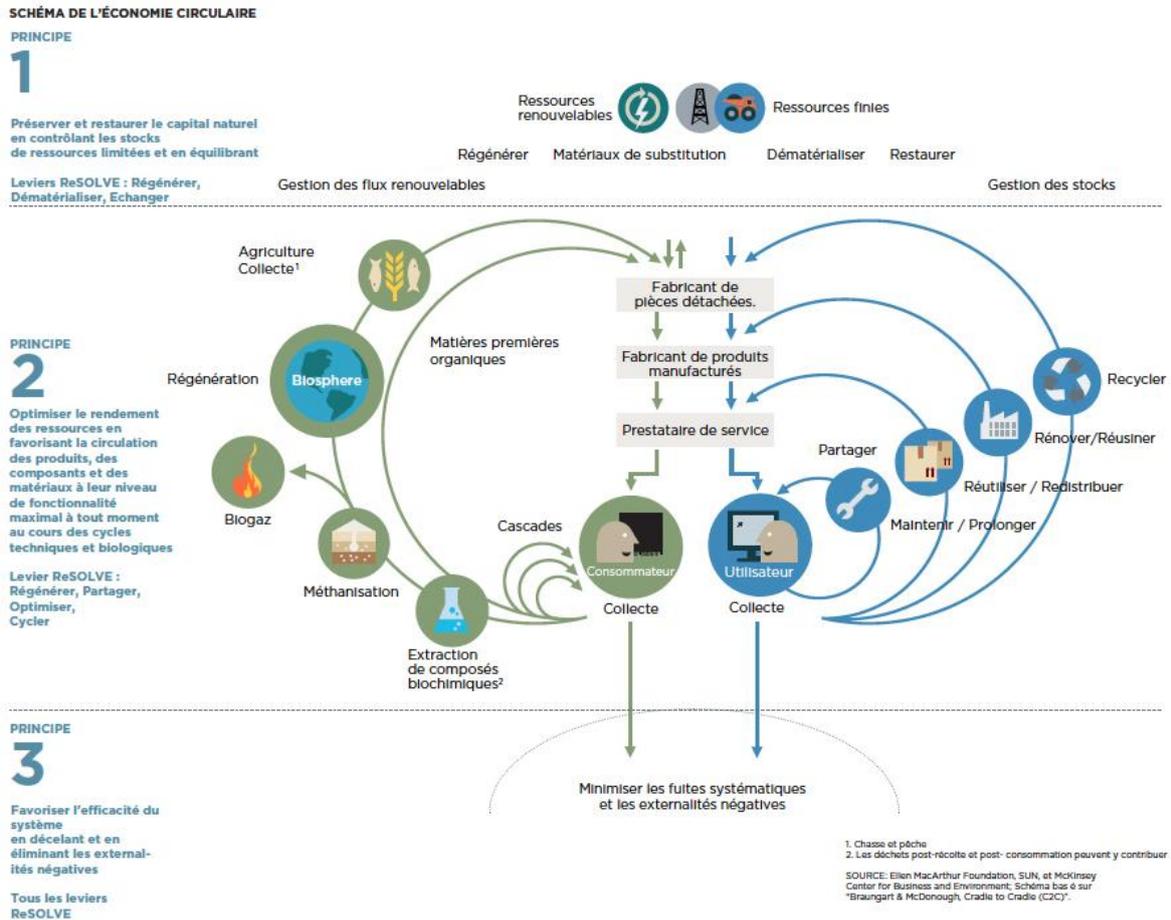
qui s'étend à une réflexion écologique de l'utilisation de la matière, en créant des boucles fermées à chaque étape de la chaîne de transformation/production (dès sa conception) jusqu'à la destruction finale (la valorisation et retraitement des déchets qui résultent de sa consommation) (Levy, Aurez, 2013).

La fondation Ellen MacArthur a joué un rôle important dans la définition de l'économie circulaire, ainsi que le rappellent Gallaud et Laperche (2016). Cette fondation a été créée en 2010 et s'est donnée pour mission d'accélérer la transition vers l'économie circulaire. La fondation a mené de nombreux travaux ayant pour but de démontrer la pertinence d'une transition vers l'économie circulaire, ainsi que les bénéfices potentiels de ce nouveau mode de développement pour de nombreuses parties prenantes et de multiples secteurs de l'économie. Le rapport *Vers une économie circulaire* a été rédigé en collaboration avec le cabinet-conseil MacKinsey. Il comprend trois volumes : le premier volume intitulé : *Arguments économiques en faveur d'une transition accélérée* (2012) dans lequel l'économie circulaire est définie comme « ... un cycle de développement positif continu qui préserve et développe le capital naturel, optimise le rendement des ressources et minimise les risques systémiques par la gestion des stocks et des flux de ressources » (Fondation Ellen MacArthur, 2012, p.5). Dans ce rapport, l'accent est mis sur les multiples bénéfices de la mise en place de l'économie circulaire notamment la création des opportunités majeures en termes de renouvellement, de régénération et d'innovation industrielle. Le deuxième volume porte sur les *Opportunités pour le secteur des biens de consommation courante* (2013). La fondation MacArthur met en avant le fait que les principes de l'économie circulaire ne se limitent pas aux équipements matériels (automobile, machine à laver, téléphone portable) mais peuvent être appliqués aux biens de consommation courante, c'est-à-dire des biens à prix bas qui sont fréquemment achetés, comme l'alimentation, les boissons, le textile, les emballages. Le troisième volume est intitulé *Accélérer son adoption à travers les chaînes d'approvisionnement mondial* (2014). Il est rédigé en collaboration avec le cabinet-conseil MacKinsey et le *World Economic Forum*. Le rapport analyse la capacité du modèle circulaire à s'adapter aux contraintes d'une économie mondialisée et aux chaînes d'approvisionnements complexes. Son objectif principal étant de proposer un plan d'action concret à destination des dirigeants d'entreprises.

Selon la fondation MacArthur (2016), l'économie circulaire repose sur trois principes (schéma 2) : 1) Préserver et restaurer le capital naturel en contrôlant et en équilibrant les stocks de ressources limités ; 2) optimiser le rendement des ressources en favorisant la circulation des produits, des composants et des matériaux à leur niveau de fonctionnalité maximal à tout

moment au cours des cycles techniques et biologiques ; 3) favoriser l'efficacité du système en décelant et en éliminant les externalités négatives (impacts négatifs sur l'environnement).

Schéma 2 : L'économie circulaire



Source : Fondation MacArthur (2016)

Dans les travaux de la fondation MacArthur, l'économie circulaire est considérée comme une stratégie concrète de développement économique apte à répondre à l'épuisement des ressources naturelles. Elle est définie comme « un nouveau modèle économique qui a pour objectif de décorrélérer le développement économique mondial de la consommation de ressources limitées. L'économie circulaire répond aux enjeux pressants liés aux ressources auxquels font face les entreprises et les pays, et pourrait par ailleurs générer de la croissance, créer des emplois, et réduire les impacts environnementaux, y compris les émissions de carbone » (Fondation MacArthur, 2012, p. 2).

L'économie circulaire regroupe un ensemble de mesures concrètes, d'outils et instruments visant à lutter contre les déséquilibres environnementaux et à promouvoir le développement

durable en particulier à l'échelle des territoires. Elle intègre trois principaux domaines basés sur 7 piliers : la gestion des déchets (recyclage), la demande et le comportement des consommateurs (allongement de la durée d'usage et consommation responsable) et l'offre des acteurs économiques (extraction/exploitation et achats durables, éco-conception, économie de la fonctionnalité et écologie industrielle) (ADEME, 2013).

L'écologie industrielle fait partie de l'économie circulaire et consiste à mettre en place un mode d'organisation industrielle caractérisée par une gestion optimisée des stocks et des flux de matières, de l'énergie et des services, elle s'intègre en effet parfaitement dans une stratégie de réduction/réutilisation/recyclage des déchets. L'ensemble de ces activités sont considérées par l'ADEME comme les piliers/axes de l'économie circulaire (Levy, Auez, 2013) (schéma 3).

Schéma 3 : Les piliers de l'économie circulaire

L'économie circulaire
3 domaines, 7 piliers



Source : ADEME (2013)

Le Commissariat général au Développement durable a publié en 2014 une étude comparative de quatre pays pionniers dans la mise en place de politiques publiques en faveur de l'économie circulaire : le Japon, l'Allemagne, les Pays-Bas et la Chine. La Chine, par exemple, a pleinement adopté l'économie circulaire (Murray et al., 2017, Heshmati, 2015). L'État a intégré ses principes dans les 11ème et 12ème Plans quinquennaux pour le développement économique et social national (Su et al., 2013) et a adopté une loi sur l'économie circulaire en 2008 qui a été mise en vigueur en 2009. L'accent a été mis, en matière de politiques publiques, sur « la consommation et la production plus propres (technologies propres) » et sur les principes des «

3R » (réduction, réutilisation et recyclage) (Preston, 2012). De même pour le Japon qui a mis en œuvre un ensemble de lois et règles sur l'usage efficace des ressources et la gestion déchets visant à répondre aux problèmes d'épuisement des ressources naturelles. Les politiques publiques des Pays-Bas, quant à eux, s'intègrent dans des approches liées à l'économie circulaire, le Cradle to Cradle (du berceau au berceau), ou de Blue economy. Enfin, l'Allemagne focalise ses efforts, en matière de politiques publiques, sur l'optimisation de l'utilisation des matières et sur la sécurité d'approvisionnement industriel. Il découle des résultats de cette étude que les quatre pays considèrent, en effet, l'économie circulaire comme un atout pour la croissance économique et l'amélioration de leur compétitivité (Gallaud, Laperche, 2016).

De manière générale, en Europe, la transition vers un modèle économique basé sur l'économie circulaire a été soutenue par l'action publique, notamment avec la directive de la Commission Européenne¹⁴ sur les déchets ou encore le paquet économie circulaire qui vient d'être adopté par le parlement Européen en avril 2018. Ce texte encourage le recyclage des déchets et vise à réduire la mise en décharge. En France, l'économie circulaire a été popularisée grâce aux travaux du Grenelle de l'environnement. Le Grenelle de l'environnement est en effet un ensemble de rencontres politiques organisées en 2007, qui visent à prendre des décisions à long terme en matière d'environnement et de développement durable. Il réunissait des représentants de l'Etat, des ONG, ainsi que d'autres partenaires sociaux et les collectivités locales. L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) fait partie de ces partenaires. Elle prend en charge des missions liées au changement climatique, à l'énergie, aux déchets et à la croissance écologique. Cette agence a contribué à la définition de l'économie circulaire. En effet, selon l'ADEME l'économie circulaire peut se définir « comme un système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en développant le bien être des individus » (2013, p. 1). En France, l'économie circulaire ne fait pas seulement l'objet de débats et travaux académiques et scientifique mais elle s'intègre dans les politiques environnementales (Gallaud, Laperche, 2016). La loi *Transition énergétique pour la croissance verte*, adoptée le 22 juillet 2015, a mis l'accent sur l'importance de l'économie circulaire et l'écologie industrielle. Il s'agit de développer un modèle économique basé sur la prévention, la gestion et la valorisation des

¹⁴ European Commission, 2015. Closing the Loop - an EU Action Plan for the Circular Economy, Brussels.

déchets. Cette loi consacre le titre IV à la lutte contre les gaspillages et la promotion de l'économie circulaire de la conception des produits à leur recyclage. Elle prévoit notamment :

- La réduction de moitié des quantités de déchets mis en décharge.
- L'objectif de recycler 60% des déchets en 2025.
- L'amélioration de la conception des produits pour réduire leur impact environnemental et augmenter leur durée de vie.
- La mise en place d'une stratégie nationale de transition vers une économie circulaire.

En effet, les pratiques de l'écologie industrielle font intégralement partie des objectifs globaux de l'économie circulaire. Dans le cadre du Plan Climat, le gouvernement français a publié en mars 2018 une feuille de route de l'économie circulaire qui détermine comme principal objectif la réduction des déchets mis en décharge et en particulier les déchets plastiques. Cette feuille de route comprend 50 mesures dont la majorité s'intègre dans les approches de l'écologie industrielle. Ces mesures recouvrent notamment : l'accélération de la collecte des bouteilles plastique et cannettes dans les zones où les taux de collecte sont les plus bas ; la réduction de la TVA pour le recyclage et l'augmentation des tarifs de la taxe générale sur les activités polluantes ; l'accompagnement par l'ADEME de 2000 entreprises, d'ici 2020, pour la réduction de leur consommation de ressources et de leurs déchets¹⁵.

1.2. L'écologie industrielle : vers un fonctionnement plus durable des activités industrielles

1.2.1. Les premières définitions et la prise en compte des impacts de l'activité industrielle industrielles sur l'environnement

Frosch et Gallopoulos (1989) définissent l'écologie industrielle comme l'ensemble des pratiques qui visent à réduire les rejets industriels polluants. Pour les auteurs, la pollution et l'épuisement des ressources naturelles engendrées par les activités industrielles, doivent conduire à remettre en cause le modèle de développement économique. Dans leur article, ils considèrent qu'il est nécessaire de passer d'un système industriel traditionnel à un écosystème industriel : « dans le système traditionnel, chaque opération de transformation, indépendamment des autres, consomme des matières premières, fournit des produits que l'on

¹⁵ Selon le ministère de la transition écologique et solidaire (2018) : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/gouvernement-devoile-feuille-route-economie-100-circulaire>

vend et des déchets que l'on stocke ; on doit remplacer cette méthode simpliste par un modèle plus intégré : un écosystème industriel » (Frosch, Gallopoulos, 1989, p. 106).

Ils ajoutent que « dans cet écosystème industriel, les matières premières seraient aussi bien préservées que dans un écosystème biologique » (op.cit., p. 108). Les auteurs prennent l'exemple de l'acier pour expliquer la possibilité de réutiliser un même sous-produit dans des processus de production différents : « le même bloc d'acier servirait une année pour la fabrication de boîtes de conserve, l'année suivante pour la carrosserie d'une automobile, et dix ans plus tard pour l'armature d'un immeuble » (op.cit., p. 108). Frosch et Gallopoulos expriment ainsi la nécessité d'adopter une démarche d'écologie industrielle, dans laquelle les déchets d'un processus industriel peuvent servir de matière première à une autre entreprise. Toutefois, ils considèrent « qu'un écosystème industriel idéal ne peut être atteint parfaitement dans la pratique », et mettent en avant les difficultés de la création d'un tel écosystème. Celles-ci sont relatives aux réglementations strictes sur les déchets qui défavorisent dans certains cas les tentatives de réduction des déchets. Les deux auteurs soulignent la nécessité de modifier les comportements des industriels, des pouvoirs publics ainsi que des consommateurs, « les attitudes du public et des industriels doivent changer, et les réglementations doivent s'assouplir afin de ne pas gêner le recyclage et les autres opérations de réduction de déchets » (op.cit., p. 114). L'article de Frosch et Gallopoulos a joué « un rôle de catalyseur », dans l'émergence et la popularisation de l'écologie industrielle. Depuis sa publication, des définitions multiples et divergentes ont été formulées par différents auteurs, de disciplines diverses. Cependant elles ont généralement en commun de reprendre la métaphore du fonctionnement des écosystèmes naturels (Erkman, 1998).

Selon Erkman (1998) l'expression écologie industrielle est considérée comme un oxymore, « l'expression surprend, intrigue, retient immédiatement l'attention. Spontanément, 'écologie industrielle' évoque une contradiction dans les termes, un oxymore comme 'obscur clarté' ou 'glace brûlante' » (Erkman, 2004, p. 11). « Écologie » fait référence à l'écologie scientifique, l'étude des écosystèmes, et « Industrielle » désigne la société industrielle contemporaine dans son ensemble. L'écologie industrielle s'inscrit dans les activités industrielles, elle regroupe un ensemble de pratiques qui visent à réduire les rejets industriels polluants. Elle favorise la transition du système industriel vers un système viable, inspiré par le fonctionnement des écosystèmes naturels (Frosch, Gallopoulos, 1989 ; Allenby, 1992).

L'écologie industrielle est une démarche qui introduit une rupture avec les pratiques traditionnelles de lutte contre les problèmes environnementaux en soulignant les interactions entre la biosphère et les activités économiques. Elle s'oppose, d'après certains auteurs, aux technologies « end of pipe » (qui consistent à réduire l'impact environnemental à travers le contrôle de la pollution et des nuisances) ou encore aux technologies propres (qui visent à éradiquer la source de la pollution), qui sont respectivement considérées comme des solutions palliatives et préventives (Hohmeyer, Koschel, 1995 ; Debref, 2016). Dans le point suivant, nous mettons l'accent sur les limites liées à ces technologies et nous expliquons pourquoi le bouclage de flux dans le cadre de l'écologie industrielle est présenté dans la littérature comme une solution « viable » sur le plan environnemental.

1.2.2. L'analogie entre écologie industrielle et écosystème naturel : l'écosystème industriel

Dans le cadre des politiques de protection de l'environnement, l'approche *end of pipe* (en français *fin de processus*) a été appliquée dès le début des années 1970 au sein des entreprises industrielles. Elle « consiste à traiter la pollution par le biais de divers dispositifs techniques intervenants généralement en fin de processus de production » (Erkman, 2004, p. 15). Les technologies « en bout de chaîne » sont définies comme « des équipements et installations conçus pour lutter contre la pollution, et accessoires spéciaux de lutte antipollution (principalement les équipements) "en fin de cycle" »¹⁶. Ce sont des actions palliatives qui consistent « ...par exemple, à ajouter des filtres aux équipements existants pour réduire les substrats, les coproduits et autres polluants » (Debref, 2016, p. 78). L'objectif derrière cette approche, dans laquelle le système industriel est considéré comme séparé de la biosphère, est d'agir en aval du processus de production, dans un but de minimisation des déséquilibres environnementaux. Sa mise en place repose sur trois aspects (Erkman, 2005) : disponibilité des équipements nécessaires au traitement de la pollution (traitements de déchets, stations d'épuration des eaux, dispositifs de contrôle des polluants, etc.) ; des infrastructures nécessaires au fonctionnement de ces équipements ; ainsi que des services à valeur ajoutée associés (services de suivi et conseil associés, etc.).

¹⁶ Règlement (CE) n° 1670/2003 de la Commission du 1er septembre 2003 portant application du règlement (CE, Euratom) n° 58/97 du Conseil en ce qui concerne les définitions des caractéristiques des statistiques structurelles sur les entreprises et modifiant le règlement (CE) n° 2700/98 relatif aux définitions des caractéristiques des statistiques structurelles sur les entreprises. Journal officiel n° L 244

Le traitement des déchets en fin de processus favorise la réduction des problèmes environnementaux, néanmoins il reste insuffisant à cause du nombre de limitations auxquelles il est confronté. En effet, contrairement à l'écologie industrielle, les technologies « end of pipe » ne modifient pas en profondeur le comportement des producteurs. Elles peuvent être un moyen de réduire les effets négatifs mais les coûts de la mise en place de ces technologies sont élevés par rapport aux gains économiques (Hammar H, Löfgren, 2010). En ce sens, Erkman (2004) estime que l'approche *end of pipe* est : 1) une approche sectorielle qui consiste à déplacer la pollution d'un milieu à un autre, ce qui ne résout pas véritablement les problèmes d'environnement ; 2) caractérisée par des améliorations graduelles, qui ne favorisent pas l'innovation ; 3) engendre des coûts de plus en plus élevés, liés aux difficultés techniques du traitement de déchets, pour une efficacité proportionnellement moindre ; 4) induit un effet économique douteux caractérisé par un rendement décroissant ; 5) incite les entreprises à avoir une attitude réactive plutôt qu'à adopter une approche proactive et préventive ; 6) est défavorable pour les pays en développement (qui importent cette technologie des pays industrialisés) dans la mesure où elle ne résout pas totalement les problèmes de pollution. ; 7) induit des spécialisations croissantes qui renforcent les barrières entre les spécialistes des différents domaines à travers ses aspects techniques.

En définitive, les limites et freins liées à l'approche « end of pipe » se traduisent par le traitement d'une partie des flux de matières et de déchets. Ces actions restent insuffisantes pour limiter les déchets et atteindre le développement durable.

Les technologies propres permettent « d'extraire et utiliser les ressources naturelles aussi efficacement que possible à toutes les étapes de leur vie ; elles génèrent des produits avec des composants réduits ou pas potentiellement dangereux et minimisent les rejets dans l'air, l'eau et le sol, lors de la fabrication et l'utilisation du produit, elles permettent de fabriquer des produits durables qui peuvent être récupérés ou recyclés autant que possible ; l'output étant obtenu avec le moins d'énergie et d'input possible » (Commission Européenne, 2003). Elles cherchent à trouver la source des problèmes environnementaux engendrés par l'activité industrielle pour les résoudre (Hohmeyer, Koschel, 1995). Néanmoins, ces technologies font appel à des changements radicaux au niveau, notamment, des infrastructures, et nécessitent des formations et modifications des compétences « pour être mis au point, ce type de technologie nécessite un dispositif lourd aussi bien économique qu'en matière de compétences. Cela signifie que la firme se confronte dès le départ à des risques de mise en œuvre sur le court terme, mettant

en péril son existence » (Debref, 2016, p. 79). Les coûts de leur développement sont donc élevés. Elles nécessitent en effet des moyens économiques et techniques importants.

En somme, « la différence entre les technologies propres et les solutions ‘end of pipe’ est que les premières affectent le processus de production lui-même, alors que les solutions « en bout de chaîne » n’affectent pas le processus de production lui-même. Les solutions en bout de chaîne ont plutôt pour but de prendre en charge et de traiter l’impact sur l’environnement causé par les activités de l’entreprise, d’empêcher la propagation et de mesurer le niveau de pollution » (Hammar H, Löfgren, 2010, p. 3645). Pour certains auteurs, ces technologies environnementales sont complémentaires (Hammar H, Löfgren, 2010 ; Demirel, Kesidou, 2011 ; Mantovani et *al.*, 2017). En coexistant, elles peuvent répondre à des enjeux environnementaux plus complexes notamment dans le cadre de bouclage de flux de matières qui est aujourd’hui au cœur des innovations environnementales (Debref, 2016).

L’écologie industrielle propose, quant à elle, des solutions concrètes permettant de mettre en place un développement durable. Elle repose sur l’idée selon laquelle le fonctionnement d’un système industriel peut être décrit, tout comme un écosystème naturel, par une circulation particulière de matières, d’énergie et d’informations. S’inspirant du mode de fonctionnement des systèmes biologiques, elle propose selon Tibbs (1993) six pistes opérationnelles permettant de transformer le système industriel :

- La création d’un écosystème industriel grâce au bouclage de flux de matière et d’énergie de telle sorte que les déchets des uns deviennent des ressources pour d’autres,
- La réalisation d’un équilibre entre les flux entrants et sortants du système industriel en fonction des capacités de l’écosystème naturel à renouveler les ressources disponibles et à absorber les rejets et émissions polluantes,
- La réduction de l’intensité énergétique et la dématérialisation des procédés industriels,
- La limitation des pertes dissipatives liées à l’usage de substances chimiques,
- La « décarbonisation » de l’énergie,
- L’adoption de nouvelles politiques sur les plans nationaux et internationaux intégrant avec cohérence les aspects économiques, environnementaux et réglementaires.

Erkman (2001 ; 2004), quant à lui, regroupe ces pistes proposées par l’écologie industrielle en quatre leviers d’action : 1) la valorisation systématique des déchets ; 2) la minimisation des

pertes par dissipation (énergie, émissions polluantes ...) ; 3) la dématérialisation de l'économie (économie de la fonctionnalité, etc.) ; 4) et la « décarbonisation » de l'énergie.

- La valorisation systématique des déchets : Les déchets doivent être vus comme des ressources potentielles et des gisements de matières premières à exploiter. Il s'agit de la fermeture des cycles matériels et la minimisation des usages dissipatifs, notamment par le truchement du recyclage à condition que celui-ci soit également maîtrisé. Il convient donc de fermer les boucles de recyclage elles-mêmes ;
- La minimisation des pertes par dissipation (énergie, émissions polluantes ...) : certains produits comme les engrais, les pesticides, les pneus, les vernis, les peintures, les solvants, etc, sont dissipés dans l'environnement lors de leur usage. La conception de nouveaux produits ou service permettant de réduire l'impact de ces dissipations est donc nécessaire.
- La dématérialisation de l'économie : obtenue par la minimisation des flux totaux de matière tout en assurant des services au moins équivalents (économie de la fonctionnalité, etc.). La dématérialisation des produits et services est la voie qui peut produire des sauts les plus importants ;
- La « décarbonisation » de l'énergie qui, depuis un siècle et demi, est principalement obtenue à partir d'hydrocarbures d'origine fossile (charbon, pétrole, gaz), responsables de nombreux problèmes tels que l'augmentation de l'effet de serre, les marées noires, etc.

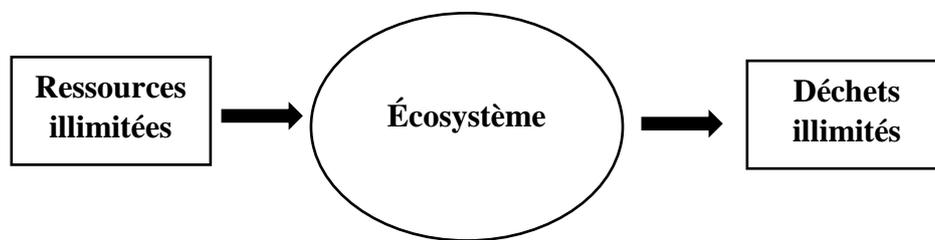
Pour l'auteur, en relevant ce quadruple défi, l'écologie industrielle permettra une transformation profonde du système industriel dans sa globalité, et à long terme, pour tenter de le faire évoluer vers un mode de fonctionnement viable, compatible avec la biosphère (Erkman, 2001).

Dans les travaux d'Allenby (1992), l'écologie industrielle est supposée transformer les systèmes industriels en écosystèmes semblables aux écosystèmes naturels. Pour l'auteur, la société repose sur l'idée selon laquelle les ressources sont illimitées et selon laquelle aussi la capacité de la biosphère à retraiter les déchets et à réparer les dommages de l'activité humaine l'est également.

À travers le schéma ci-dessous, Brad Allenby, représente la situation actuelle de la société industrielle (Écosystème de type I) où les ressources et les déchets ne sont pas limités, et souligne la nécessité de passer de ce modèle de -consommation non limitée des ressources - vers un Écosystème de type III qui repose sur la réduction des flux de matières et de l'énergie, par la production en boucle. Il participe ainsi à la conceptualisation de l'écologie industrielle.

L'Écosystème type I : c'est un système où les ressources sont considérées comme non limitées. Les entreprises ne prennent pas en compte l'environnement dans leur processus de production, mais se basent plutôt sur l'idée que la biosphère est capable de faire le retraitement et la valorisation des déchets issus des activités humaines (schéma 4).

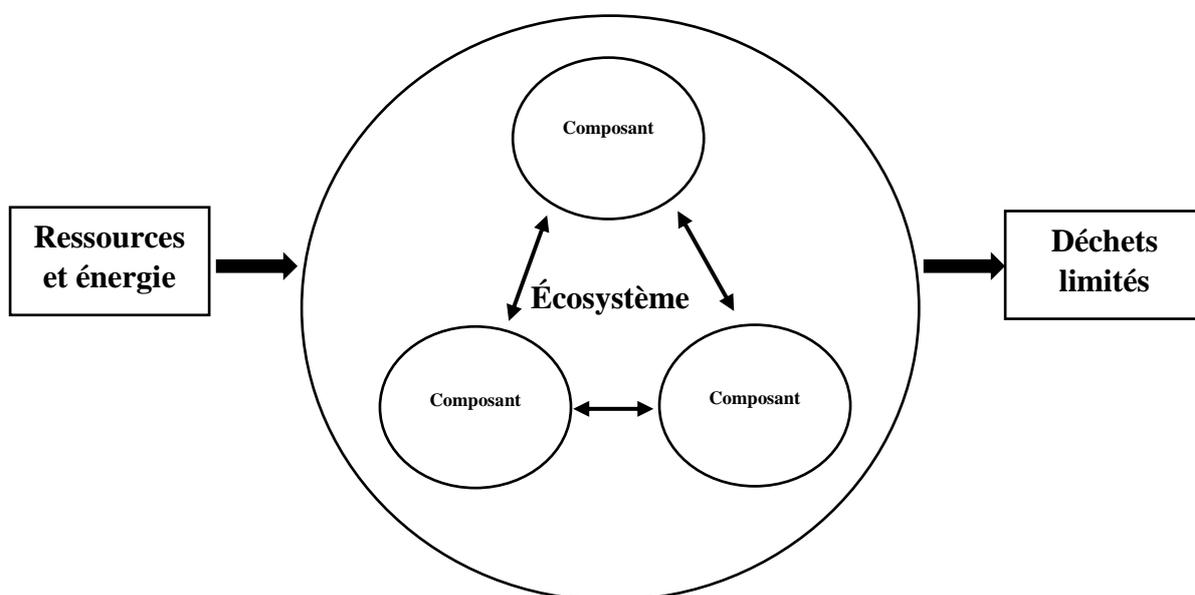
Schéma 4 : Écosystème de type I



Source : Allenby, 1992

L'écosystème type II : représente la situation actuelle de l'industrie qui tend à adopter des stratégies de réduction de consommation des ressources à travers la mise en place d'outils et de moyens nécessaires, il s'agit d'une transition vers un modèle de développement durable (schéma 5).

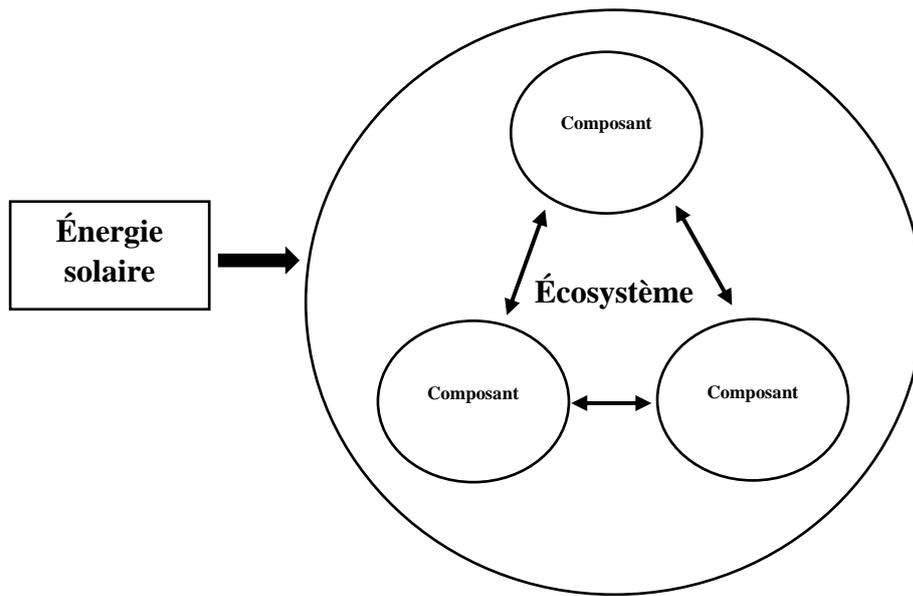
Schéma 5 : Écosystème de type II



Source : Allenby, 1992

L'écosystème type III : Les écosystèmes naturels sont des systèmes durables et équilibrés, l'usage de la matière est idéal, chaque déchet étant aussitôt utilisé par un autre organisme et les besoins énergétiques sont satisfaits par un apport externe d'énergie renouvelable, (les déchets d'un processus industriel deviennent des matières premières pour un autre) (schéma 6).

Schéma 6 : Écosystème de type III



Source : Allenby, 1992

L'écosystème de type III est en effet un système industriel idéal dont la concrétisation s'avère difficile comme le mentionne Frosch et Gallopoulos dans leur premier article sur l'écologie industrielle « un écosystème industriel idéal ne peut être atteint parfaitement dans la pratique » (1989, p.114). Pour Erkman (2001) le système industriel est en train de passer difficilement et partiellement d'un écosystème de type I à un écosystème de type II, semi-cyclique, sous la pression d'une raréfaction et d'un épuisement de certaines ressources. Ayres (1995) estime qu'il existe des différences importantes entre les organismes biologiques et les unités élémentaires du système industriel, en l'occurrence les entreprises. Si les organismes biologiques sont capables de se reproduire, les firmes ne produisent que des produits ou des services, elles ne peuvent pas produire d'autres entreprises. Par ailleurs, contrairement aux organismes vivants qui évoluent selon un processus temporel long et lent, les entreprises peuvent modifier rapidement leur activité ou/et leurs produits. De plus, la difficulté d'atteindre un écosystème de type III se traduit par la nature entropique de l'économie. À la différence des systèmes naturels, dans un système industriel les matières et énergie ne peuvent être intégrées dans des cycles fermés de manière infinie. En effet, selon la loi de l'entropie en thermodynamique, dans le processus de production, la quantité d'énergie est conservée (premier principe de la thermodynamique), mais sa forme - et donc sa disponibilité - a changé, de l'énergie libre (ou énergie utilisable) s'est transformée en énergie liée (ou énergie inutilisable). Ce deuxième

principe de la thermodynamique, principe dit de Carnot-Clausius, est encore appelé loi d'entropie (Dannequin, Diemer, 1999). Cette réflexion a été développée par Georgescu-Roegen dans les années 1970. En s'appuyant sur les travaux de Georgescu-Roegen, Dannequin et Diemer expliquent que « le processus économique est nécessairement de nature entropique, transformant de la matière et de l'énergie qui se présentent sous forme de basse entropie en une forme de haute entropie, des rejets et des déchets » (1999, p. 2). Autrement dit, les externalités négatives (notamment les rejets et déchets) liées à l'activité économique sont inévitables.

Les premiers travaux sur l'écologie industrielle publiés à la fin des années 1980 se concentrent sur une vision scientifique et technique (Frosch et Gallopoulos, 1989 ; Ayres *et al.*, 1989 ; Allenby, 1992 ; Erkman, 1997, 1998, 2004). On s'intéresse principalement à la dimension quantitative des activités économiques. Cette vision a évolué au fil des années pour intégrer une vision socio-économique qui prend en compte les aspects humains et sociaux (Ehrenfeld, 2004 ; Boons, Baas, 1997 ; Boons, Roome, 2001). Dans le point suivant, nous mettons en avant les différentes définitions de l'écologie industrielle et leurs divergences. Ces définitions permettent d'expliquer les modalités de fonctionnement de l'écologie industrielle.

2. Les modalités de fonctionnement et les approches de l'écologie industrielle

Dans ce point nous montrons que les premiers travaux sur l'écologie industrielle insistent sur l'étude du métabolisme industriel qui constitue une étape préalable à la mise en place des pratiques d'écologie industrielle. L'analyse du métabolisme permet de comprendre les caractéristiques et les processus des transformations des flux de matières et d'énergie, afin de faciliter la détection et l'établissement de relations basées sur l'échange de flux de matières et d'énergie entre les entités. Cette notion s'inscrit dans une approche technique de l'écologie industrielle (2.1). Nous montrons par la suite que l'écologie industrielle va au-delà de l'étude des flux de matières et d'énergie du système et prend en considération les aspects humains, sociaux et territoriaux du système industriel. Par la mise en place de symbioses industrielles l'écologie industrielle se présente comme un projet collectif de territoire permettant de générer des avantages économiques et environnementaux (2.2).

2.1. Une approche scientifique et technique de l'écologie industrielle : le métabolisme industriel

2.1.1. Définition du métabolisme industriel et rôle clé de la technologie

Les premières définitions se concentrent sur une vision scientifique et technique de l'écologie industrielle (Frosch, Gallopoulos, 1989 ; Allenby, 1992, 1999 ; Erkman, 1997). L'accent est, principalement, mis sur la dimension quantitative des activités qui s'y rapportent. Il s'agit d'analyser la circulation des flux de matière et d'énergie dans les systèmes de production et de consommation, et d'étudier leur intégration dans la conception des procédés pour améliorer les produits et les routines de production (Hilde, Keitsch, 2006). L'écologie industrielle est considérée, ici, comme faisant partie des sciences naturelles. Elle intègre l'analyse des écosystèmes naturels et de la biosphère ainsi que les sciences de l'ingénieur. Pour Allenby et *al.* (2007), l'art de l'ingénieur consiste à « produire une solution qui fonctionne dans le monde réel, avec toutes les contraintes que cette tâche implique. De telles contraintes peuvent être compétitives, ergonomiques, réglementaires, économiques et temporelles » (Allenby *et al.*, 2007, p. 8). Dans cette optique, les sciences de l'ingénieur permettent de résoudre les problèmes environnementaux en mettant en place des procédés industriels optimisés (Diemer, Labrune, 2007). Tilley (2003) rapproche la notion de l'écologie industrielle de la notion d'ingénierie écologique. Pour l'auteur, les deux approches partagent les mêmes fondements théoriques. Elles ont pour but d'équilibrer la relation entre les activités humaines et la nature. L'ingénierie écologique est considérée comme une branche de l'ingénierie ainsi qu'un domaine scientifique dans lequel les solutions aux problèmes environnementaux sont fondées sur la technologie disponible dans les systèmes naturels (Odum *et al.*, 1963 ; Tilley, 2003). Elle contribue au développement d'écosystèmes durables qui intègrent la société humaine dans son environnement naturel au profit des deux (Mitsch et Jorgensen, 2003). Tilley (2003) analyse les points communs et similitudes entre les deux notions ainsi que leurs différences. Il montre qu'elles s'appuient sur des méthodes analytiques et de résolution de problèmes adaptées à leurs domaines d'intervention et partagent une vision commune des systèmes et des buts. Il propose ainsi une fertilisation croisée entre les deux domaines dans l'ambition de développer une *ingénierie industrielle écologique*.

Dans le cadre de cette vision scientifique et technique, de nombreuses définitions de l'écologie industrielle intègrent une réflexion qui se base sur l'étude des flux de matières et d'énergie du

système industriel. Elles adoptent une approche plus ou moins large, centrée sur l'entreprise, l'industrie ou l'ensemble économique, social et naturel. Korhonen (2000) présente une vision restreinte de l'écologie industrielle qui se limite à l'échelle de l'entreprise « l'écologie industrielle a été comprise comme un concept de gestion des flux de matières pour les entreprises industrielles. Elle met l'accent sur les flux physiques et énergétiques que les entreprises puisent de leur environnement naturel ainsi qu'auprès de leurs partenaires. Elle se concentre sur les flux de déchets que l'entreprise produit et rejette dans la nature » (Korhonen, 2000, p. 19). Pour Graedel, « l'écologie industrielle cherche à optimiser les matériaux tout au long du cycle industriel : depuis la matière vierge, au produit fini et au déchet ultime » (1996, p.73). Pour Erkman, « l'écologie industrielle envisage le système industriel comme un cas particulier d'écosystème. Le système industriel est décrit comme une certaine configuration de flux et de stocks de matière, d'énergie et d'information » (1998 p. 9). Allenby quant à lui, propose une définition plus large de l'écologie industrielle. Pour cet auteur, elle est « le moyen pour l'humanité de maintenir délibérément et rationnellement une capacité souhaitable, étant donné une évolution économique, culturelle et technologique continue. Le concept nécessite que le système industriel ne soit pas vu de manière isolée des systèmes environnants mais de concert avec eux. C'est une vue du système dans laquelle on cherche à optimiser les cycles totaux de matière de l'extraction aux matériaux finis, aux composants, aux produits obsolètes, jusqu'à leur mise en décharge. Les facteurs à optimiser incluent les ressources, l'énergie et le capital » (Allenby, 1995, p. 9). D'autres auteurs considèrent l'écologie industrielle comme « un raffinement du concept de métabolisme industriel, c'est-à-dire que cette démarche offre une approche intégrée des concepts de la pensée « cycle de vie » » (Vendette, Côté, 2008, p. 33). Dans cette optique, la totalité des flux et des stocks de matière, d'énergie et d'informations liées aux activités humaines, constitue le domaine d'études de l'écologie industrielle (Adoue, 2007). Cela nous amène à mettre en avant la notion de métabolisme industriel sur laquelle s'appuie la mise en place de l'écologie industrielle.

L'approche du métabolisme industriel permet d'étudier quantitativement les caractéristiques physiques du système industriel, à savoir les flux et les stocks de matières nécessaires au fonctionnement des activités industrielles (Ayres *et al.*, 1989). En biologie, le terme « métabolisme », s'applique à une plante ou un animal. Il se définit comme « la somme totale de la constitution et la destruction du tissu cellulaire ; les changements cellulaires chimiques fournissant les énergies pour le processus de la vie et l'élimination des matières résiduelles » (Ayres, Simonis, 1994, p. 1, traduit par nous). Il s'agit des processus physiques et chimiques

qui fournissent l'énergie et les nutriments permettant à un organisme de vivre et de fonctionner. Ces processus peuvent être décrits, dans l'ensemble, en termes de transformations des intrants (énergie solaire, énergie chimique, eau, air) en biomasse (la substance de l'organisme vivant) et en déchets (Ayres, Simonis, 1994).

Par analogie, le système industriel utilise aussi des matières premières et de l'énergie pour produire des produits et des déchets. En économie, l'ensemble de ces processus est appelé « production » (Ayres, Simonis, 1994). Un second terme économique représente la transformation de biens aux services (et déchets), il s'agit de la « consommation ». Ainsi le métabolisme industriel comprend tous les flux de matières et d'énergie qui permettent au système économique de fonctionner, à savoir produire et consommer. Il se définit selon Ayres comme « l'ensemble des processus physiques intégrés qui transforment les matières premières et l'énergie, ainsi que la main-d'œuvre, en produits finis et déchets dans un état (plus ou moins) stable » (1994, p.23).

Le terme « métabolisme industriel » a été inventé et utilisé pour la première fois par Robert Ayres en 1987 lors du programme *Human Dimensions of Environmental Change*. Le concept a ensuite été développé par le même auteur et a fait l'objet de nombreuses publications : un article publié par l'International Social Science Journal (UNESCO) (Ayres 1989) ; un livre publié par la national Academy Press (Ayres 1989a) ; et enfin un livre publié par l'UNU Press (*United Nations University*) (Ayres, Simonis, 1994, traduit par nous).

Selon Erkman, « l'approche du métabolisme industriel reflète quantitativement la dimension physique des activités économiques, à savoir, les flux et les stocks de matière (et non pas seulement d'énergie) qui forment le substrat de toute activité industrielle » (2004, p, 68). Il s'agit de « l'étude de l'ensemble des composants biophysiques du système industriel. Cette démarche, essentiellement analytique et descriptive, vise à comprendre la dynamique des flux et des stocks de matière et d'énergie liés aux activités humaines, depuis l'extraction et la production des ressources jusqu'à leur retour inévitable, tôt ou tard dans les processus biochimique ». (2004, p. 12-13). Elle permet de comprendre et de décrire la totalité de ces flux de matière et d'énergie, ainsi que de retracer leurs itinéraires et leurs dynamiques complexes (Erkman, 2007). La réalisation d'études de métabolisme industriel consiste à établir des bilans de masse qualitatifs et quantitatifs des matières et de l'énergie traversant un organisme donné. Les études de métabolisme peuvent être réalisées à plusieurs échelles : un parc industriel, une ville, une région, un pays, il s'agit ici de « métabolisme territorial » (Orée, 2009). Les études de métabolisme se font également à l'échelle d'une entreprise, d'un service ou d'un produit (Orée, 2009 ; Erkman, 2004). Elles peuvent prendre plusieurs formes (Erkman, 2004) :

- L'étude des polluants dans des territoires délimités. Il s'agit d'analyser les territoires qui concentrent des implantations industrielles importantes notamment, les bassins fluviaux (ex : Rhin et le Danube, les bassins du Gange, du Mékong...) et les territoires caractérisés par des densités élevées de population.
- L'étude d'un groupe de substances. Il s'agit par exemple d'analyser les transformations des métaux lourds dans le système industriel et dans l'environnement. L'analyse de ces derniers est prioritaire du fait de leur toxicité potentielle.
- L'étude d'un seul élément, pour comprendre et déterminer son comportement sous ses différentes formes et ses interactions avec les flux biogéochimiques naturels (ex : métabolisme du soufre, du carbone, etc.).
- L'étude des flux de matières et d'énergie liés à un produit. Par exemple le métabolisme industriel du jus d'orange (encadré 1), des « puces » électroniques, etc.

Encadré 1 : Exemple de métabolisme industriel du jus d'orange

« Les chercheurs de l'Institut Wuppertal ont effectué des études de métabolisme industriel sur plusieurs produits de consommation courants. Ils ont ainsi analysé le cas du jus d'orange, dont l'Allemagne est le plus gros consommateur mondial par habitant : 21 litres par personne et par an. La fabrication du jus d'orange nécessite deux principaux inputs : l'eau et le pétrole. Le pétrole sert principalement à produire de la vapeur pour le procédé de concentration du jus : dans le cas du Brésil, la moitié de l'énergie provient de la bagasse, le reste est fourni par du combustible fossile, à raison de 8,1 kg de pétrole par tonne de jus concentré. En tout, y compris le transport et la congélation, chaque tonne de jus d'orange nécessite environ cent kilos de pétrole.

La consommation d'eau n'est également pas négligeable : pour chaque verre de jus d'orange consommé en Allemagne, il faut utiliser pas moins de 22 verres d'eau, principalement pour la vapeur durant la concentration, puis pour la dilution après l'arrivée en Allemagne. La méthodologie de l'Institut Wuppertal étant encore en voie de maturation, ces chiffres ne tiennent pas compte de ce que Friedrich Schmidt-Bleek appelle les « rucksacks » (de l'allemand Rucksack, sac à dos) c'est-à-dire, en l'occurrence, l'énergie et les matières nécessaires à l'obtention du pétrole et de l'eau utilisés pour la fabrication du jus d'orange. Par exemple, le raffinage d'un kilogramme de diesel nécessite entre 0,5 et vingt litres d'eau, qu'il conviendrait d'ajouter si l'on voulait effectuer une évaluation complète. Il faudrait également prendre en compte les matériaux et l'énergie utilisés pour la fabrication des pesticides, de même que pour les innombrables emballages, souvent de très faible capacité dans le cas du jus d'orange (portions individuelles servies dans les avions, les trains, etc.), qui génèrent de grands volumes de déchets. Les flux de matière associés à la production et à la distribution du jus d'orange au Brésil sont donc loin d'être négligeables.

En tout, pour l'Allemagne, on aboutit à un chiffre de 25 kg de matière pour la fabrication d'un seul litre de jus d'orange (sans inclure les « Rucksacks »). On peut envisager deux options pour

rendre cette activité industrielle plus «éco-compatible » : les producteurs peuvent tenter de diminuer les 25 kg de matière, notamment en modifiant leurs pratiques agricoles et en rendant le processus de concentration plus efficace. L'autre option, peu vraisemblable, supposerait une baisse de la consommation de jus d'orange...

Dans le cadre de ces réflexions sur les « empreintes écologiques » et les « îles de développement durable », l'apport de l'écologie industrielle réside dans une vision renouvelée des activités économiques pleinement intégrées aux flux de matière et d'énergie des écosystèmes régionaux (gestion du territoire) et de la Biosphère ».

Source : Erkman (2004, p. 77).

L'objectif des études de métabolisme industriel est de comprendre les caractéristiques et les processus des transformations des flux de matières et d'énergie, afin de faciliter la détection et l'établissement de relations basées sur l'échange de flux de matières et d'énergie entre les entités. D'un point de vue pratique, la réalisation des études du métabolisme industriel se base sur l'analyse des flux de matières ou Material Flow Analysis (MFA) (encadré 2). Ainsi, l'écologie industrielle est représentée ici comme une démarche méthodologique et s'appuie principalement sur des outils d'analyse de flux de matières et d'énergie (Brunner et Rechberger, 2004 ; Loiseau et *al.*, 2012). Comme par exemple les méthodologies d'analyse de flux de matières et de substances ou de tableaux entrées/sorties (Eurostat, 2001 ; Hammer et *al.*, 2003).

Encadré 2 : L'analyse des flux de matières ou Material Flow Analysis (MFA)

L'analyse des flux de matières ou Material Flow Analysis (MFA) repose selon Brunner and Rechberger sur « une évaluation systématique des flux et des stocks de matières dans un système défini dans l'espace et le temps » (2004, p. 3). Elle permet de mesurer la pression des activités humaines sur l'environnement à partir de l'étude des flux qui traversent le système industriel : énergies, plastiques, métaux, papier-cartons, matières alimentaires, etc. (Orée, 2008). Cette démarche a pour objectif : d'un côté, de déterminer le potentiel synergique pour un ensemble donné d'activités en vérifiant dans le détail la complémentarité des flux ; et de l'autre côté, de donner une vision prospective et stratégique du territoire et de permettre d'identifier les enjeux et orienter l'action publique (Orée, 2008). Ce second cas repose sur la réalisation d'un diagnostic qui favorise la mise en relation, le dialogue et l'échange d'informations entre les acteurs économiques impliqués, ainsi qu'avec les acteurs du développement local.

L'analyse des flux de matières a pour objectifs de (Brunner, Rechberger, 2004) :

- Délimiter le système des flux de matières et des stocks ;
- Réduire la complexité du système, tout en maintenant les bases permettant la prise de décisions
- Évaluer quantitativement les flux et les stocks concernés ;
- Assurer le contrôle de l'équilibre de masse, des risques et des incertitudes ;
- Présenter les résultats du système analysé d'une manière reproductible, compréhensible et transparente ;
- Utiliser les résultats comme base pour la gestion des ressources, l'environnement et les déchets
- Contrôle de l'accumulation ou de l'épuisement des stocks.

Dans le cadre de l'écologie industrielle, l'application de l'analyse des flux de matières repose selon Brunner and Rechberger (2004) sur : le contrôle des cheminements de l'usage des matériaux et des procédés industriels ; la création des pratiques industrielles en boucle fermée ; la dématérialisation de la production industrielle ; la systématisation de la consommation d'énergie et la réalisation de l'équilibre entre la capacité des écosystèmes naturels et les quantités d'entrants et sortants de la production industrielle.

2.1.2. Le métabolisme industriel : une approche limitée pour l'analyse du changement des modes de production

L'analyse du métabolisme industriel peut être un outil indispensable pour la mise en place de l'écologie industrielle dans la mesure où elle permet non seulement une optimisation des ressources existantes, mais également de détecter des ressources sous utilisées (ou non utilisées) (Diemer, Labrune, 2007). Toutefois, l'écologie industrielle ne se limite pas à l'analyse des caractéristiques des flux présents dans le système industriel, elle intègre aussi la compréhension de la manière dont le système fonctionne, dont il est régulé (Gallaud, Laperche, 2016), ainsi

que ses interactions avec la biosphère. En ce sens, Erkman (2004, p. 27) estime que l'écologie industrielle repose sur trois principaux éléments :

- C'est une vision globale, intégrée, de tous les composants du système industriel et de leurs relations avec la biosphère ;
- Le substrat biophysique du système industriel, c'est-à-dire la totalité des flux et des stocks de matière et d'énergie liés aux activités humaines, constitue le domaine d'étude de l'écologie industrielle, par opposition aux approches usuelles, qui considèrent l'économie essentiellement en termes d'unités de valeur immatérielle.
- La dynamique technologique, c'est-à-dire l'évolution sur le long terme de grappes de technologies clés, constitue un facteur crucial pour favoriser la transition du système industriel actuel vers un système viable, inspiré par le fonctionnement des écosystèmes biologiques.

La dynamique technologique s'avère pour certains auteurs être un facteur crucial pour favoriser la transition du système industriel actuel vers un système viable (Diemer, Labrune, 2007). Formalisée par des ingénieurs, cette vision relève du déterminisme technologique (Allenby, 1992 ; Allenby, Richards, 1994 ; Erkman, 2004). Ici, la résolution des problèmes environnementaux et la mise en place du développement durable dépendent du progrès technique. Cette conception technique de l'écologie industrielle « a ainsi pu participer à une déconnexion théorique du système anthropique avec son environnement » (Cerceau et al, 2014, p.3). Deux nombreux auteurs ont remis en question cette approche dans la mesure où elle comporte certaines limites (Boons et Baas, 1997 ; Ehrenfeld, 2004 ; Ashton et Bain, 2012). Elle relève d'une soutenabilité/durabilité faible (Buclet, 2011), en considérant que les forces du marché et les développements technologiques permettent, à eux seuls, de résoudre les problèmes posés par l'accumulation des déchets. Elle correspond à une vision marchande du développement durable reposant sur la confiance dans la technologie et dans les mécanismes de marchés concurrentiels.

Deux modèles de durabilité/soutenabilité sont distingués : la durabilité faible et la durabilité forte. Dans le modèle de la durabilité faible (Pearce et Atkinson, 1995), les économistes néoclassiques considèrent que les différents types de capitaux (naturel, technologique, humains) sont substituables. Il en résulte que l'épuisement des ressources naturelles ne représente pas un frein au développement, car ces ressources peuvent être remplacées par

d'autres types de ressources ou capitaux créés par l'homme (machines, équipements, infrastructures, etc.). Le progrès technique et la technologie sont considérés dans ce modèle comme vecteur de développement et de transition du système industriel. Le modèle de durabilité forte (Daly, 1992) s'oppose à celui de la durabilité faible : Les économistes hétérodoxes considèrent ainsi le capital naturel comme étant irremplaçable. Le capital physique produit par l'homme nécessite des ressources naturelles (matières, énergie, etc.). Cette approche repose donc sur une logique de complémentarité et met l'accent sur l'importance de la préservation du capital naturel. Une durabilité forte nécessite en effet des changements plus larges que ceux associés au progrès des techniques, pour impliquer des mutations organisationnelles et institutionnelles permettant la sauvegarde de ce capital naturel.

Cette première approche qui met l'accent sur la technologie éloigne du champ d'application de l'écologie industrielle les systèmes humains et sociaux. Une autre approche plus normative s'est également fait jour. En effet, les premiers travaux sur l'écologie industrielle qui mettent en avant l'aspect technique et le rôle crucial de la technologie dans la résolution des problèmes environnementaux s'opposent à une vision normative de l'écologie industrielle. Cette approche normative a été développée dans les travaux d'Ehrenfeld (ancien professeur au Massachusetts Institute of Technology). D'abord, l'auteur définit l'écologie industrielle comme « un nouveau paradigme qui peut offrir une base conceptuelle pour trouver des solutions à des problèmes intraitables » (2004, p. 827). Il souligne ensuite son potentiel normatif comme métaphore de la durabilité (Ehrenfeld, 2004). Dans cette vision, l'écologie industrielle va au-delà de l'étude des flux de matières et d'énergie du système. Elle prend en considération également les aspects humains et sociaux. Ehrenfeld (2004), suggère que l'écologie industrielle est une reconstruction de la relation fondamentale entre l'homme et la nature. Il estime que ce changement repose principalement sur une intervention humaine ainsi que sur de nouveaux modes de coordination non marchands des acteurs impliqués pour que l'écologie industrielle puisse « devenir une force dans le développement d'un monde durable » (Ehrenfeld, 2004, p.828). Ehrenfeld partage avec Allenby (entre autres) l'analogie entre écosystèmes biologiques et écosystèmes industriels. En revanche, il souligne les aspects structurels et organisationnels de ces derniers.

D'autres auteurs soutiennent l'analyse d'Ehrenfeld dans laquelle la mise en place de l'écologie industrielle nécessite un changement profond qui ne se limite pas aux aspects techniques : « nous soutenons la nécessité pour les chercheurs dans le domaine de l'écologie industrielle de réfléchir à ses aspects normatifs » (Boons, Roome, 2001, p. 49). Les auteurs cherchent à élargir

le champ d'analyse de l'écologie industrielle en mobilisant d'autres disciplines tout en mettant en avant le rôle crucial du facteur humain : « nous voulons [...] permettre de discuter et de rechercher les composantes normatives de l'écologie industrielle dans les traditions de la bonne science sociale, qui étudie, entre autres choses, les actions humaines, les valeurs et les conventions » (2001, p. 51). Pour ces auteurs, « les systèmes industriels ne sont pas simplement des écologies. Ils sont guidés par la pensée et l'action humaines. Les écologies industrielles sont donc plus précisément considérées comme des écologies humaines, que nous pouvons choisir de guider selon les principes qui découlent de nos conceptions humaines actuelles des principes écologiques » (2001, p. 52). Les auteurs s'opposent largement à la réflexion d'Allenby (1999) selon laquelle l'écologie industrielle ne devrait pas devenir un phénomène culturel, une mode. Ils estiment que les entreprises, les décideurs, les consultants et les scientifiques utilisent le concept dans leurs activités « cela signifie que l'écologie industrielle est un phénomène culturel et, dans certains pays, l'écologie industrielle a pris la forme d'une mode ou d'une idée médiatisée. En effet, différents acteurs sociaux lient leurs propres activités et intérêts avec l'écologie industrielle parce que cela sert leurs objectifs » (Boons, Roome, 2001, p. 53). Wells et Orsato (2005), quant à eux, estiment que les fondations scientifiques et techniques de l'écologie industrielle peinent à cerner les conditions sociales, environnementales et économiques du développement durable : « les concepts techniques sont insuffisants à eux seuls car ils ne prennent pas en compte les possibilités et les limites de l'industrie ainsi que l'ensemble du champ organisationnel dans lequel s'intègrent les entreprises » (Wells, Orsato, 2005, p. 28). Pour ces auteurs, « l'idée d'un champ organisationnel diffère légèrement de la définition de l'industrie ou du secteur, car elle inclut aussi des éléments institutionnels qui peuvent influencer le processus de structuration des entreprises et des industries qui ne sont pas reconnues dans les définitions classiques des secteurs industriels » (Wells, Orsato, 2005, p. 16). En définitive, sur la base de tous ces travaux s'est construite une approche, toujours basée sur une analogie avec les systèmes naturels, mais replaçant l'humain au cœur de la discipline et s'intéressant davantage aux aspects structurels et organisationnels des systèmes anthropiques qu'aux flux de matière et d'énergie. L'analyse quantitative des flux représente un moyen indispensable à la détermination des synergies entre les acteurs mais peine à nouer et pérenniser les liens. La réalisation des liens effectifs passe nécessairement par les décisions des acteurs.

2.2. Une approche socio-économique de l'écologie industrielle : la constitution de symbioses industrielles à l'échelle du territoire

2.2.1. Les symbioses industrielles : la création de réseaux à l'échelle des territoires

Les travaux sur l'écologie industrielle ont évolué pour porter une attention particulière au rôle des acteurs et à la constitution de réseaux destinés à la mutualisation et à la valorisation des déchets (Gertler, 1995 ; Ehrenfeld, 2004 ; Chertow, 2000, 2007 ; Ashton, Bain, 2012). Les réseaux créés dans le cadre de l'écologie industrielle sont appelés symbioses industrielles. Ils reflètent aussi l'aspect opérationnel de cette démarche. Le concept de symbiose industrielle met l'accent sur l'échange de flux de résidus (matière, eau, énergie) issu d'un processus de production et à destination d'un autre, de façon à ce que les déchets ou sous-produits des uns deviennent des ressources pour d'autres (Chertow, 2000). Elle « associe des industries habituellement séparées dans une recherche collective d'un avantage concurrentiel qui implique des échanges physiques de matériaux, d'énergie, d'eau et ou de sous-produits. Les facteurs clés de la symbiose industrielle sont la coopération et les possibilités de synergies offertes par la proximité géographique » (Chertow, 2004, p.2). La symbiose industrielle se constitue à travers l'établissement de multiples synergies entre les acteurs. Ces relations symbiotiques sont appelés synergies éco-industrielles. La définition de la symbiose industrielle a permis de représenter les modalités de la mise en place concrète des démarches d'écologie industrielle impliquant des acteurs localisés sur un espace géographique défini. On distingue ainsi deux formes de synergies éco-industrielles (Gertler, 1995 ; Chertow, 2000) (encadré 3) :

- Les synergies de substitution qui consistent à substituer un flux entrant neuf par un flux sortant d'une autre entreprise qui est mal ou pas du tout valorisé ;
- Les synergies de mutualisation qui reposent sur la gestion commune des flux par les entreprises reliées entre elles (l'approvisionnement en commun de matières premières, produits finis... ; la mutualisation de services aux entreprises : collecte et traitement collectifs des déchets, transport collectif...; le partage d'équipements et de ressources : unité de traitement de flux de déchets, etc.).

Encadré 3 : Les formes de synergies éco-industrielles

Synergies de substitution

Une synergie de substitution consiste à substituer un flux entrant neuf par un flux sortant d'une autre entreprise qui est mal ou pas du tout valorisé. Par exemple :

- remplacer un flux de matières premières « neuves » consommées par un procédé par un flux de déchets ou de co-produits,
- un flux d'eau propre par un flux un flux d'effluents liquides ou d'eau industrielle,
- un flux de combustible fossile par un flux de combustible alternatif (issu de déchets) ou par de l'énergie rejeté par une autre entreprise (vapeur excédentaire...)

Ce type de synergies peut permettre de diminuer les coûts d'approvisionnement ou les coûts de traitement pour un flux sortant.

Synergies de mutualisation

Lorsque plusieurs entreprises consomment ou rejettent le même type de flux il existe une possibilité de mutualiser la fourniture ou le traitement de ces flux en réalisant des économies financières et environnementales.

Lorsque plusieurs entreprises voisines utilisent le même type de vecteur énergétique (vapeur, air comprimé), il peut s'avérer intéressant d'en mutualiser la production. Une optimisation de cette production, une limitation des matériels à acheter et à maintenir permettrait de rationaliser les coûts d'approvisionnement mais également, sur le plan environnemental, de diminuer la consommation énergétique des différentes entités.

Source : UVED, Université virtuelle environnement et développement durable, www.uved.fr

Le cas concret de la mise en place de l'écologie industrielle que l'on retrouve très souvent dans la littérature est celui de la symbiose industrielle de Kalundborg (voir section 2 de ce chapitre). L'exemple de Kalundborg représente une source d'enseignements pour la compréhension des processus de constitution de symbioses industrielles (Gertler, 1995 ; Erkman, 1998, 2004). Certains auteurs soulignent l'importance de l'ancrage social et du capital social et donc l'importance du facteur humain en tant que facteurs clés de constitution des symbioses industrielles (appelées également réseaux éco-industriels) (Granovetter, 1985, Ashton, Bain, 2012) : « l'intégration sociale formalise la façon dont les interactions sociales récurrentes entre les acteurs façonnent les activités économiques [...] un acteur devient intégré dans un groupe à travers plusieurs types d'interactions répétées avec d'autres dans ce groupe » (Ashton, Bain, 2012, p. 71). Par interactions répétées, les auteurs font référence aux synergies éco-industrielles établies sur la base des échanges de flux entre les acteurs. En effet, dans le cadre des symbioses

industrielles les interactions répétées entre les acteurs conduisent à la création de normes partagées influençant les comportements ainsi que les modèles de relations que l'on appelle la structure sociale ou les réseaux sociaux (Ashton, Bain, 2012).

Au travers de ces travaux, l'écologie industrielle est devenue davantage une approche axée sur l'analyse des acteurs, de leurs rôles et positionnements pour la mise en œuvre de symbioses industrielles (Brullot, 2009), de la structuration de ces acteurs en réseaux sociaux (Ashton, 2008) et de leurs modes de coordination (Ehrenfeld, 2004 ; Boons, Baas, 1997).

La recherche française sur l'écologie industrielle met particulièrement l'accent sur la dimension territoriale et utilise à cet effet le terme « d'écologie industrielle et territoriale » (Buclet, 2011) ou encore « écologie territoriale : « Ce sont les écosystèmes humains, territoires dont il va falloir s'occuper [...] qui méritent d'être placés au cœur de la réflexion, ce qui justifie à mon sens que l'on parle d'écologie industrielle et territoriale » (Buclet, 2011, p. 198). En ce sens, Barles (2010) souligne que « l'écologie territoriale qui est une écologie industrielle inscrite spatialement, qui prend en compte les acteurs des flux de matières, s'interroge sur les modalités de leur gestion et ne néglige pas les conséquences économiques et sociale des flux ». L'écologie industrielle relève ainsi d'une démarche territoriale. Cette approche territoriale tente un compromis entre l'approche technique et l'approche sociale de l'écologie industrielle (Cerceau *et al.*, 2013). Elle définit l'écologie industrielle comme un projet de territoire (Beurain, 2008, Beurain, Brullot, 2011 ; Cerceau *et al.*, 2018). Pour Beurain et Brullot (2011), la question territoriale se traduit par la constitution des symbioses industrielles et l'intensité des interactions entre les acteurs sur un espace géographiquement défini : « la notion de symbiose industrielle, dérivée de l'analyse systémique, invite à considérer la dimension territoriale de l'écologie industrielle. L'importance de l'intensité des échanges entre les entreprises, l'interdépendance dans les choix réalisés à propos des processus de recyclage et de réutilisation des déchets, les transformations requises dans les processus de production posent en effet directement la question de la dimension géographique de ces symbioses industrielles » (2011, p. 318). Les auteurs soulignent le caractère dynamique du processus de déploiement d'une symbiose industrielle au sein d'un territoire. Ils considèrent l'écologie industrielle comme une démarche de construction d'un territoire productif permettant de renforcer la soutenabilité des processus de production. Elle met en évidence l'articulation fondamentale du projet de territoire et des interactions dans l'émergence des formes de coordination constitutives des démarches d'écologie industrielle. En ce sens Cerceau *et al.*, (2018) développent l'idée selon laquelle

l'écologie industrielle permet le développement d'un processus de « territorialité-territorialisation ». En effet, en représentant leur territoire en symbiose, ils s'organisent pour mettre en œuvre des synergies ; et c'est à travers la mise en œuvre de synergies que les acteurs contribuent à la création d'un territoire réunissant les conditions nécessaires à la mise en œuvre de la gestion des ressources de projet collectif (Cerceau *et al.*, 2018).

D'autres travaux s'intéressent au rôle des acteurs et les échelles territoriales (Maillefert, Robert, 2014), ainsi qu'aux interactions entre acteurs et les difficultés qu'elles posent (Brullot, *et al.*, 2014). Ces travaux, qui font l'objet d'une analyse détaillée dans le deuxième chapitre, insistent sur l'importance de la gouvernance territoriale dans l'organisation des synergies et la coordination des projets d'écologie industrielle.

2.2.2. Les impacts environnementaux et économiques des symbioses industrielles

L'écologie industrielle semble, dans l'approche territoriale, être rattachée au territoire en jouant un rôle dynamique dans le développement économique de ce dernier. Mais les travaux cités précédemment mettent l'accent sur le rôle des acteurs (entreprises, institutions publiques, associations) à l'échelle territoriale, et sur les atouts et difficultés de leur mise en relation. D'autres travaux se sont penchés, tout en intégrant ces aspects sociaux et organisationnels de l'écologie industrielle, sur son rôle dans le développement territorial. Ici, l'accent est davantage mis sur le territoire en tant qu'environnement (espace) accueillant les expériences d'écologie industrielle. En ce sens, la symbiose industrielle est considérée comme un outil de développement local et régional (Gibbs *et al.*, 2005).

Ainsi, ses potentiels effets positifs sur l'économie et la société ont été mis en évidence (Dunn et Steinemann, 1998, p, 662) :

- les déchets produits par une industrie produisent des inputs pour une autre, réduisant ainsi le coût de ces inputs,
- la réduction des déchets signifie des coûts de l'élimination des déchets plus faibles,
- les déchets ont dorénavant une valeur économique, accroissant les profits,
- la création d'une base économique plus variée,
- la création d'emplois et d'entreprises spécialisées dans des niches,
- la réduction d'émissions signifie un moindre besoin de séparer les terrains industriels des terrains résidentiels.

En s'appuyant sur les cas de symbioses industrielles recensés dans littérature (notamment dans les travaux de Ehrenfeld et Gertler (1997) et de Korhonen *et al.*, (1999)) etc.), Mirata et Emtairah (2005, p. 995) ont mis en avant les différents avantages de la constitution des symbioses industrielles à l'échelle des entreprises mais aussi des territoires :

- Avantages environnementaux liés à l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation des ressources, à la réduction de l'utilisation des ressources non renouvelables et à la réduction des émissions de polluants ;
- Avantages économiques découlant de la réduction des coûts des intrants liés aux ressources dans la production, des réductions des coûts de gestion des déchets et de la génération de revenus supplémentaires en raison de la valeur plus élevée des sous-produits et des flux de déchets ;
- Avantages commerciaux grâce à l'amélioration des relations avec les parties externes, au développement d'une image verte, aux nouveaux produits et aux nouveaux marchés.
- Avantages sociaux en créant de nouveaux emplois et en améliorant la qualité des emplois existants et en créant un environnement de travail plus propre, plus sûr et naturel.

D'autres auteurs ont mis en évidence les avantages qu'offre l'écologie industrielle en termes économique et environnementale, en étudiant les cas des clusters (Deutz, Gibbs, 2008 ; Velenturf et Jensen, 2016 ; Yoon, Nadvi, 2018). Par exemple, Yoon et Nadvi (2018) montrent que le regroupement des entreprises dans les clusters est source de déséconomies environnementales (externalités négatives) importantes (pollution et épuisement des ressources rares). Selon ces auteurs, pour réduire ces déséconomies, le système de gestion de l'environnement dans les clusters se base sur les solutions préventives ou palliatives notamment le contrôle de pollution ou les technologies propres, qui parfois restent insuffisantes pour régler les problèmes environnementaux. L'écologie se présente ainsi pour ces auteurs comme une approche plus évoluée de ces solutions, englobant toutes les autres approches de gestion environnementale. L'écologie industrielle, par le regroupement des acteurs autour d'une action collective au sein du cluster, peut entraîner des productions en boucles fermées en permettant ainsi des gains économiques et environnementaux à l'échelle du cluster (Yoon, Nadvi, 2018).

Le développement de symbioses industrielles serait ainsi une stratégie gagnante à plusieurs niveaux pour le développement durable, apportant des avantages financiers aux entreprises, mais aussi sociaux et environnementaux plus globaux. Mais selon nous, l'enchaînement causal associant écologie industrielle et développement territorial mérite d'être davantage développé par une démonstration plus détaillée. Par quels mécanismes économiques l'écologie industrielle génère-t-elle des activités nouvelles, attire-t-elle de nouvelles entreprises et crée-t-elle des emplois ? Pour répondre à ces questions, nous cherchons dans la suite de cette thèse à expliquer lesdits mécanismes par lesquels l'écologie industrielle peut jouer un rôle actif dans le développement économique du territoire. Avant de développer cette question dans le deuxième chapitre de la présente thèse, nous mettons d'abord l'accent sur les définitions et le fonctionnement d'un territoire, en particulier d'un territoire industriel (section 2 – sous-section 1.1). Pour ce faire nous nous appuyons sur le concept de système productif local, qui nous permet de détailler les principales caractéristiques d'un territoire industriel, en insistant particulièrement sur le rôle des industries motrices. Puis, nous mettons en avant la relation particulière entre l'écologie industrielle et le territoire industriel en s'appuyant sur les initiatives d'écologie industrielle développées au travers le monde (section 2 – sous-section 1.2).

Section 2 : Les expériences d'écologie industrielle dans les territoires industriels

Nous avons souligné dans la section précédente que l'écologie industrielle s'intègre dans une démarche territoriale et prend en compte l'ensemble des interactions entre les acteurs qui constituent la symbiose industrielle. Dans cette section, nous souhaitons approfondir notre compréhension des spécificités de la relation entre l'écologie industrielle et le territoire, et en particulier, le territoire industriel. Notre objectif est de comprendre les atouts du territoire industriel pour la constitution et le développement des symbioses industrielles. Pour cela, nous mobilisons la littérature sur l'analyse économique du territoire pour comprendre ses caractéristiques et son fonctionnement (point 1). Nous nous appuyons par la suite sur les initiatives les plus pérennes d'écologie industrielle recensées à travers le monde pour identifier les caractéristiques et atouts de ces territoires ayant contribué au succès de ces démarches (point 2).

1. Définition et caractéristiques du territoire industriel

L'intégration du « territoire » dans la pensée économique a été longue et parfois controversée. Historiquement, le territoire occupait une place marginale dans les théories économiques : « À l'origine, le territoire n'a pas d'existence propre dans au cœur de la théorie économique » (Zimmermann, 2008, p. 105). Les précurseurs de l'analyse économique du territoire s'intéressent principalement aux déterminants de la localisation optimale pour les entreprises sur un territoire donné. C'est dans les travaux de Marshall que le territoire émerge, son rôle comme générateur d'avantages économiques est mis en avant. Nous présentons l'évolution de place du territoire dans l'analyse économique (1.1). Pour cela, nous nous basons sur les travaux de Boutillier, Carré et Levratto (2016) pour distinguer les théories fondatrices de l'économie territoriale développées dès le début du 19^{ème} siècle (1.1.1) des théories contemporaines nées à partir des années 1970 (1.1.2). Ces travaux sur l'économie territoriale représentent pour nous une base permettant de définir le territoire industriel. En effet, nous utilisons la notion de système productif local pour comprendre le fonctionnement de ce type de territoire. Nous nous intéressons également aux interactions des acteurs et leur impact sur le développement du territoire industriel, et soulignons le rôle particulier joué par les industries motrices, en nous appuyant sur les travaux de François Perroux. (1.2).

1.1. Le territoire dans l'analyse économique

1.1.1. Le territoire comme espace pertinent pour le développement des activités économiques

Les premiers travaux sur le rôle économique du territoire remontent à l'auteur fondateur de la théorie de localisation, Von Thünen, un économiste et sociologue allemand. Il publie au début du 19^{ème} siècle son ouvrage intitulé *l'État isolé en relation avec l'agriculture et l'économie nationale* (1826) dans lequel il présente un modèle concentrique, organisé autour d'un noyau central qui est par exemple celui des échanges (le lieu du marché) ou celui où l'on bénéficie d'avantages centraux notamment les services, accès aux financements, accès aux informations etc. (Zimmermann, 2008). L'auteur s'intéresse essentiellement à la question de la rente foncière qui représente un facteur déterminant de la localisation des entreprises sur un territoire donné. En effet, l'organisation de l'activité économique dans l'espace dépend d'un arbitrage entre le coût du foncier qui augmente lorsque la distance physique du centre diminue, et le coût de transport ou d'accès au marché central, qui s'accroît avec l'éloignement vers la périphérie.

Le modèle de triangle de localisation des industries d'Alfred Weber, économiste et sociologue allemand, construit au début du 20^{ème} siècle, diffère de celui de Von Thünen. Dans son ouvrage intitulé *La théorie de la localisation des industries*, publié en 1909, l'auteur développe un modèle qui s'intéresse aux déterminants de localisation des entreprises, basé sur la prise en compte des coûts de transport (coûts d'acheminement des matières premières et coûts de transport des produits fabriqués vers leurs marchés). L'espace géographique est totalement uniforme sur les plans culturel, politique, et spatial (Boutillier *et al.*, 2016). Ainsi dans le modèle de Weber, trois facteurs influencent la localisation des industries : a) deux facteurs régionaux : les coûts de transport (facteur le plus important) et le coût de la main d'œuvre et b) un facteur local (les forces de l'agglomération). L'apport de la théorie Wébérienne réside dans l'introduction de l'indice matériel à partir duquel il a illustré le rapport en poids entre les intrants (inputs) localisés (ceux qui n'existent pas partout, ceux qui sont caractéristiques pour une économie locale) et les extrants (output). Il montre que la localisation près du marché permet aux entreprises de diminuer leurs coûts de transport. L'aspect important à retenir est que les entreprises vont s'agglomérer dans un espace géographique pour se retrouver près de leurs fournisseurs et de leurs clients.

Dans le cadre d'analyse de l'économie spatiale, August Lösch (1940) a publié l'ouvrage intitulé *L'ordre spatial de l'économie*. Son analyse s'articule principalement autour de la recherche de

la localisation optimale. Il propose une analyse de la localisation basée sur la demande pour expliquer la constitution des espaces économiques. L'auteur met en avant trois variables : la différenciation spatiale des prix (offre et demande, théorie de marchés, concurrence), la mobilité spatiale des facteurs de production et les problèmes de la spécialisation locale. Pour cet auteur, les espaces se distinguent en fonction de la répartition inégalée des ressources et de la main-d'œuvre ainsi que de la variation des prix de vente, des coûts de production, de la distance, etc (Lorek, 2013a).

C'est dans les travaux d'Alfred Marshall (1920) que le territoire est étudié de manière plus détaillée. Ses travaux représentent les éléments fondateurs de l'économie territoriale « toute analyse de la spatialisation des activités économiques fait explicitement ou implicitement référence aux concepts développés au tournant des 19ème et 20ème siècles par ce grand auteur » (Heraud, Kahn, 2012, p.11). Par la création des concepts d'effets d'agglomération, d'atmosphère industrielle, et de districts industriels, Marshall a largement contribué à l'évolution des théories économiques portant sur le territoire. Dans ces travaux, l'auteur montre que le développement économique ne peut être réduit à des relations marchandes entre des demandeurs et des offreurs, mais qu'il passe également par un ensemble de relations non marchandes et de coopération entre les entreprises. Il décrit ainsi le développement d'un milieu industriel qui se traduit essentiellement par la forme d'organisation industrielle du district, ce lieu où les entreprises se regroupent et coopèrent dans une atmosphère industrielle et qui fait émerger le territoire comme une construction des acteurs bénéficiant des effets d'agglomérations (Zimmermann, 1998).

L'analyse de Marshall sur les effets d'agglomération représente une base pour les travaux de François Perroux sur les pôles de croissance. En effet, Perroux montre que l'économie ne se développe pas de façon homogène sur un territoire donné. La théorie des pôles de croissance (que nous mobilisons plus loin) dépasse ce cadre d'analyse basé sur les facteurs de la localisation. Elle se concentre sur le déséquilibre spatial du processus de croissance. L'auteur s'intéresse aux facteurs relationnels liés aux effets d'entraînement. Un territoire dans la terminologie de Perroux est une entité abstraite qui se définit d'abord par son dynamisme économique, et secondairement sur le plan géographique, par des frontières géographiques données (Lorek, 2013a). Ainsi, pour cet auteur, les espaces économiques sont de trois types : l'espace comme ensemble homogène, l'espace comme champ de forces et l'espace comme contenu de plan.

1.1.2. Du district au milieu innovateur : le rôle clé de la proximité

À partir des années 1970, de nombreuses théories émergent, prenant appui sur les travaux marshalliens, dans un contexte de développement de grandes entreprises qui structurent l'espace géographique local (Boutillier *et al.*, 2016). Le développement territorial devient alors le résultat d'un processus endogène propre qui n'a pas été impulsé par des forces exogènes (Pecqueur, 1997, 2004). Ainsi, « au final, le territoire a cessé d'être un cadre passif pour devenir un véritable facteur de production » (Daumas, Lescure, 2014). De nouveaux concepts se développent et s'intéressent en particulier à l'économie locale (Uzunidis, 2010 ; Boutillier *et al.*, 2016), tel que le district italien de Becattini (inspiré du district industriel marshallien), le milieu innovateur du GREMI, les théories de la proximité et les systèmes productifs locaux. En effet, l'économie locale peut être définie « comme un espace géographique formé en tant qu'ensemble de rapports systémiques entre entreprises, ainsi qu'entre entreprises, État et collectivités territoriales ; ces rapports systémiques caractérisent l'espace localisé par un certain type d'activités et de productions finales » (Uzunidis, 2010, p. 15).

La notion du district industriel met l'accent sur la relation étroite entre la dynamique industrielle et la dynamique territoriale. A. Marshall dans son ouvrage intitulé *Principes d'économie politique* présente le district industriel comme « le sort des groupements d'ouvriers qualifiés qui se forment dans les limites étroites d'une ville manufacturière ou d'une région industrielle très peuplée » (1906 [1890], p. 119). Mendras (2002) le définit comme un réseau d'entreprises, principalement des PME, en coopération/concurrence fabriquant un même produit ou des produits de même type. Pour Courlet, « le district industriel apparaît comme une forme typique d'organisation productive territorialisée dans laquelle les relations entre firmes sont régies par un ensemble de normes, implicites ou explicites, alliant règles du marché et code social » (2002, p. 30).

Le concept de district industriel trouve son origine dans deux principales sources (Lecoq, 1993 ; Courlet, 2002) : l'une, essentiellement théorique issue d'une relecture de l'œuvre d'A. Marshall, notamment d'une partie importante de ses travaux consacrés à l'analyse des faits industriels : « les approches théoriques de l'œuvre de Marshall ont permis de poser les fondements analytiques de la compréhension des modes de fonctionnement de ces systèmes localisés de petites et moyennes entreprises spécialisées dans une ou plusieurs séquences spécifiques d'un processus de production » (Lecoq, 1993, p. 208) ; et l'autre construite à partir des études empiriques réalisées, entre les années 1970 et 1980 par des chercheurs italiens

connus sous le nom de « Troisième Italie » (Bagnasco, 1977 ; Beccatini, 1990 ; Garofoli, 1985). Ces travaux portent sur l'étude des formes spatiales des processus d'industrialisation apparues dans les régions du centre et du nord-est de l'Italie au cours des 1960 et 1970. Ces formes spatiales ont engendré un développement important de la dynamique de production industrielle. Une dynamique économique importante qui se traduit par la baisse du chômage et l'augmentation de l'emploi.

Contrairement au district industriel, le milieu innovateur, initié par le Groupe Européen sur les Milieux Innovateurs (GREMI), peut être spécialisé ou ne pas l'être. Les travaux du GREMI s'intéressent en effet aux processus d'émergence de l'innovation au sein de l'économie locale. L'accent est mis sur l'apprentissage collectif et les capacités d'innovation des acteurs locaux ainsi que leurs relations systémiques permettent d'assurer le fonctionnement et le développement du territoire (Lorek, Uzunidis, 2013). La notion du milieu innovateur prend une place centrale dans la présente thèse et sera mobilisée de manière détaillée dans le deuxième chapitre.

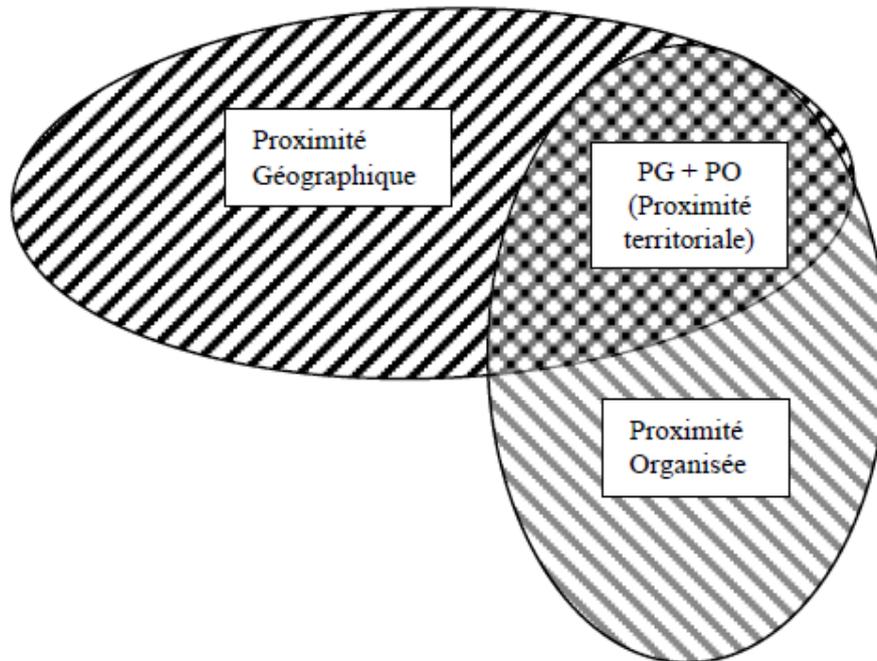
Les travaux sur la proximité ont également contribué à l'enrichissement de l'analyse de l'économie territoriale. Ils ont été développés par l'école française de la proximité, un groupe formé par des économistes français en 1990. L'objectif principal de ce groupe de recherche est de déterminer la nature des effets de la proximité et d'établir le rôle endogène de l'espace dans la théorie économique (Gilly, Torre, 2000). Les auteurs distinguent deux types de proximités dans le territoire : la proximité géographique et la proximité organisée.

La proximité géographique se rapporte à la distance entre les acteurs, pondérée par le coût monétaire et temporel de son franchissement. Il s'agit du nombre de mètres ou de kilomètres qui séparent deux entités. Elle est activable ou mobilisable par les actions des acteurs économiques et sociaux (Torre, Beuret, 2012).

La proximité organisée constitue elle aussi un potentiel, éventuellement à activer ou mobiliser. Elle concerne les différentes manières qu'ont les acteurs d'être proches, en dehors de la relation géographique. Le qualificatif « organisé » fait en effet référence au caractère agencé des activités humaines (et non à l'appartenance à une organisation en particulier) (Torre, 2010 ; Torre, Beuret, 2012). Elle repose sur deux logiques essentielles (Torre, 2010) : La logique d'appartenance qui désigne le fait que deux ou plusieurs acteurs appartiennent à un même ensemble de relations, ou encore à un même réseau. La logique de similitude qui correspond à

l'adhésion mentale à des catégories communes ; elle se traduit par le fait que des individus se trouvent à de faibles distances cognitives les uns des autres. La combinaison des deux types de proximités conduit à la définition d'une proximité territoriale (schéma 7).

Schéma 7 : La proximité territoriale : une articulation entre la proximité géographique et la proximité organisée



Source : Torre et Beuret (2012, p. 11)

Les premières théories sur la proximité ont été à l'origine du développement d'un certain nombre de travaux qui mettent en avant l'existence d'autres types de proximités. Boschma (2005) notamment considère que les typologies de la proximité proposées par l'école de « dynamique de proximité » sont ambiguës. De fait, selon l'auteur, « il est nécessaire de clarifier et de définir les différentes dimensions de la proximité de manière à éviter autant que possible les superpositions de sorte que les recherches puissent évaluer les effets de chacune des dimensions de la proximité » (2005, p. 62). Pour lever une telle limite, l'auteur propose cinq typologies de la proximité : géographique, cognitive, organisationnelle, sociale, institutionnelle et organisationnelle.

Par la notion de proximité cognitive « on entend que les personnes partageant la même base de connaissances et de compétences peuvent apprendre les unes des autres » (Boschma, 2004, p.10). La proximité organisationnelle est définie comme étant la mesure dans laquelle les

relations sont partagées au sein d'un agencement organisationnel (à l'intérieur d'une organisation ou entre des organisations). Elle implique à la fois l'intensité des relations et le degré d'autonomie au sein de ces agencements organisationnels. La proximité sociale se base sur les relations socialement encadrées entre les agents du territoire. Les relations entre les acteurs sont socialement encadrées lorsqu'elles impliquent une confiance fondée sur l'amitié, les liens familiaux et l'expérience. La proximité institutionnelle quant à elle, recouvre à la fois les acteurs économiques encadrés dans les « règles du jeu » institutionnelles (par exemple, les structures, les lois et règles décisionnelles politiques) et les ensembles de valeurs communes (valeurs ethniques et religieuses, par exemple)¹⁷ (Boschma, 2005, p.17 et 18). Enfin, la proximité géographique se traduit par les distances spatiales entre les différents acteurs.

Uzunidis (2010) propose une typologie combinée des formes de proximité formulées par l'école de la dynamique de proximité et élargies dans les travaux Boschma. Cette approche tri-dimensionnelle de la proximité couvre la proximité, spatiale ou spatio-temporelle qui intègre la dimension de l'espace et du temps ; la proximité organisationnelle qui regroupe les actions de coordination, les stratégies et routines. Enfin, la proximité cognitive renvoie au partage plus ou moins formalisé d'expériences, représentations, codes, langages, modèles qui résulte de, et facilite dans le même temps, la communication de toute information au sein des organisations (Uzunidis, 2010, p. 14) (tableau 1).

Tableau 1 : Les trois formes de proximité : géographique, organisationnelle et cognitive

Proximité	Paramètres	Domaine d'action et enjeu
Spatio-temporelle	Distance versus vitesse	Déplacement : flux
Organisationnelle Intra et inter- organisationnelle	Hiérarchie versus marché Intra-firme versus inter-firme Vertical versus Horizontal Commandement versus contrat	Coordination Stratégies, actions, routines
Cognitive	Code versus Contenu Contexte versus Compréhension	Communication Concept, idées, connaissances

Source : Uzunidis (2010, p. 15)

¹⁷ À cet égard, elle recouvre à la fois la notion d'encastrement politique et celle d'encastrement culturel proposées par Zukin et Di Maggio (1990)

Le concept de système productif local (SPL) s'intègre dans cette littérature bien fournie sur l'analyse économique du territoire. Il se rapproche notamment des concepts de district industriel et de milieu innovateur. En effet, le SPL a été initié dans les travaux de Marshall (1920) pour expliquer et rendre visible un phénomène de territorialisation économique dans sa dimension historique et dynamique. Dans les différentes définitions de ce concept, l'accent est principalement mis sur les différentes formes de proximité. On fait généralement référence au caractère aggloméré des activités industrielles sur un territoire géographique donné et au rôle des différentes formes de proximité dans l'organisation de ces activités (Courlet, 2002 ; Uzunidis, 2010 ; Torre, Tanguy, 2014). En ce sens, le SPL représente pour nous une base intéressante pour comprendre le fonctionnement du territoire industriel (1.2).

1.2. Le territoire industriel, le système productif local et rôle de l'unité motrice

1.2.1. Définition du territoire industriel comme un système productif local

Le choix du concept de SPL pour définir le territoire industriel se justifie par le fait qu'il se rattache à une interprétation plus large des phénomènes économiques. En effet, selon Courlet (2002), le SPL « n'est qu'une unité d'analyse, qui, comme la firme, voit ses fondements théoriques varier selon les approches » (Courlet, 2002, p.27). C'est en effet une forme généralisée d'organisation productive territorialisée « il n'est ni une firme, ni un ensemble de relations inter-firmes, ni même une entreprise sans murs. Il est une forme d'organisation spécifique dans lequel le territoire et / ou les relations non marchandes jouent un rôle majeur. Dès lors, le SPL ne peut plus être conçu d'un simple calcul économique des agents, mais comme l'expression d'une forme organisée de leurs relations » (Courlet, 2002, p.35). Le SPL peut aussi se rattacher à une interprétation plus spécifique renvoyant à l'histoire du développement économique selon laquelle toute réalité locale serait, à un moment donné, plus au moins un SPL (Courlet, 2002).

Différentes définitions du SPL ont été formulées. Pour Courlet, le SPL se définit « comme un ensemble caractérisé par la proximité d'unités productives au sens large du terme (entreprises industrielles, de services, centres de recherches et de formation, interfaces, etc.) qui entretiennent entre elles des rapports d'intensité plus ou moins forte. Dans le SPL, les rapports entre unités sont divers et se présentent sous diverses formes : formels, informels, matériels, immatériels, marchands et non marchands. Ces rapports peuvent porter sur des flux matériels,

de services, de main-d'œuvre, de technologie ou encore de connaissances » (2002, p. 31). Le SPL peut être appliqué à tout type d'organisation de la production qui se base sur la proximité, la présence d'économies externes, des connaissances non transférables et des formes spécifiques de régulation (Courlet, 2002). Pour Ditter, « un SPL [...] est le plus souvent une construction historique, qui combine la concentration locale et de long terme d'entreprises sur un territoire donné, leur appartenance à un secteur ou couple produit/marché précis, l'existence de relations concurrence/coopération internes intenses (par rapport aux relations avec les entreprises extérieures), des avantages offerts aux entreprises par l'intermédiaire de services marchands et non marchands, une culture commune propre aux différents acteurs composant le SPL » (2005, p.38). Torre et Tanguy complètent ces définitions en intégrant tous les acteurs territoriaux dans la définition du SPL. Pour ces auteurs, « un SPL se fonde sur une grande diversité d'acteurs locaux : des ménages, également consommateurs, ainsi que des acteurs de la production ou des personnels administratifs ; des entreprises de toutes tailles et statuts ; mais aussi des pouvoirs publics et institutions locales telles que Chambres de commerce ou organismes de gestion locale. Sa structure repose sur les interactions entre ces acteurs, qui s'enchevêtrent et se superposent » (2014, p. 310).

En se basant sur les travaux de Courlet, Torre et Tanguy identifient six caractéristiques d'un SPL (2014, p. 310) :

- 1) présence d'un territoire homogène, abritant un système de production spécialisé dans domaine d'activité précis ;
- 2) des produits et techniques reposant sur des facteurs de production immatériels spécifiques (savoir-faire, culture techniques, entrepreneuriat), historiquement constitués et accumulés ;
- 3) des domaines, techniques et produits souvent compatibles avec la petite dimension des unités de production ;
- 4) des liens d'interdépendances entre firmes locales débouchant sur la constitution de réseaux de coopération, d'échange et d'apprentissage commun en matière de production et d'innovation;
- 5) des marchés du travail spécifiques et flexibles assurant la formation des qualifications et la mobilité des compétences et des savoir-faire entre les entreprises ;
- 6) l'imbrication étroite entre « relations économiques et rapports sociaux et symboliques ».

Le territoire industriel peut selon nous être étudié en s'appuyant sur la définition du SPL. En effet, le territoire industriel est un type d'organisation territoriale qui se caractérise par la

présence sur une zone géographique définie d'un grand nombre d'acteurs divers, suffisamment proches et réciproquement liés. Il s'agit d'une zone mesurable et délimitée spatialement qui regroupe l'ensemble des activités socio-économiques nécessitant la combinaison et la transformation de matières premières et d'énergie pour la production de biens et services¹⁸. Cette zone se caractérise ensuite par une spécialisation économique distincte notamment dans l'industrie lourde. En effet, les secteurs appartenant à l'industrie lourde regroupent généralement des entreprises spécialisées dans la production ou la transformation de matières premières qualifiées de lourdes notamment, le fer, le charbon, le pétrole, etc. Les industries qui sont généralement considérées comme lourdes sont : la métallurgie, le raffinage du pétrole, les industries minières, la fabrication des machines industrielles¹⁹. Ces entreprises entretiennent des relations de concurrence ou de coopération caractérisées par l'existence d'échanges de services marchands et non marchands. L'industrialisation d'un territoire est en effet un processus productif territorialisé qui fait appel à des ressources, techniques, infrastructures et compétences spécialisées (Lorek, 2009). Ainsi, ces éléments nous permettent de confirmer que le territoire industriel peut être considéré comme une forme de système productif local.

En s'appuyant sur les analyses de Marshall sur le territoire, Perroux considère que celui-ci peut être construit à partir de grandes entreprises industrielles qui, d'après l'auteur, jouent le rôle moteur au sein de ce dernier (Lorek, 2009). Ces entreprises disposent des capacités à influencer le développement de l'économie locale par la diffusion de ressources nécessaires à la production. Un phénomène que Perroux qualifie d'effets d'entraînement. Ce phénomène d'entraînement a été en effet engendré et contrôlé par l'État dans un but de développement des industries industrialisantes à l'origine du développement local (Destanne De Bernis, 1966 ; Ziel, 1998). Le développement des systèmes productifs locaux et donc l'émergence des territoires industriels n'est pas un processus spontané mais il s'agit le plus souvent d'un processus d'industrialisation planifié et décidé par l'État (Lorek, 2009 ; Lorek, Uzunidis, 2010 ; Ziel, 1998). En effet, par la mise en place des plans économiques, l'État contribue à la naissance des unités motrices. Ces dernières jouent un rôle important dans le fonctionnement et le développement du territoire industriel. En se basant sur la théorie des pôles de croissance, nous expliquons dans le point suivant l'impact de ces industries industrialisantes sur le territoire industriel/système productif local (1.2.2).

¹⁸Cette définition s'appuie sur les définitions de l'industrie et de l'industrie manufacturière formulées par l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE).

¹⁹ D'après la définition du site Sociétés industrie <http://www.societes-industrie.com/industries-lourdes>

1.2.2. Territoire industriel et importance de l'industrie motrice

Comme nous l'avons évoqué plus haut, les territoires industriels et en particulier ceux spécialisés dans l'industrie lourde, sont caractérisés par la présence d'industries motrices qui jouent un rôle important dans leur développement (Lorek, Uzunidis, 2010). Selon l'expression d'Aydalot (1965), une industrie motrice est une industrie privilégiée qui impose plus qu'elle ne subit. Cette citation fait référence aux relations qui existent entre l'industrie motrice et les firmes voisines, dans lesquelles l'industrie motrice exerce un pouvoir spécifique et engendre des effets sur les activités de ces firmes. Ce phénomène de dépendance est à l'origine de l'apparition de « pôles fonctionnels (...) se mouvant dans un espace fonctionnel et le structurant ; mais l'espace n'est pas seulement fonctionnel ou abstrait, ni même dimensionnel. C'est dire que ces relations font jouer leurs effets sur la formation effective des structures spatiales des économies contemporaines » (Aydalot, 1965, p. 952). L'analyse d'Aydalot s'intègre dans le cadre de la théorie des pôles de croissance de F. Perroux, initiée, au cours des années 1950.

Dans ses travaux, François Perroux explique le fonctionnement des pôles de croissance, leur localisation et leur propagation. En effet, la théorie des pôles de croissance repose sur l'idée selon laquelle la croissance est liée à la concentration géographique des unités de production « la croissance n'apparaît pas partout à la fois ; elle se manifeste en des points ou pôles de croissance, avec des intensités variables ; elle se répand par divers canaux et avec des effets terminaux variables pour l'ensemble de l'économie. En effet, il peut y avoir des effets de stoppage aussi bien que des effets d'entraînement » (Perroux, 1961, p.178). Les pôles de croissance sont donc fondés sur la présence d'une unité/industrie motrice, source d'effets d'entraînement, autour de laquelle sont agglomérés plusieurs acteurs. En fonction des caractéristiques de cette industrie motrice (taille, productivité, capacité d'innovation, pouvoir etc.), elle exerce un impact sur l'ensemble de l'économie locale, elle peut favoriser ou freiner le développement du reste des acteurs (Perroux, 1982 ; Lajugie, 1985). Selon Davin *et al.*, (1959) « constitue un pôle de croissance une industrie qui, par les flux de produits et de revenus qu'elle est susceptible de provoquer, conditionne le développement et la croissance d'industries en liaison technique avec elle - polarisation technique - , détermine la prospérité du secteur tertiaire par la voie de revenus qu'elle engendre - polarisation des revenus - , ou détermine une augmentation du revenu régional en provoquant une concentration progressive d'activités nouvelles dans un endroit donné par la perspective d'y disposer de certains facteurs ou facilités de production - polarisation psychologique ou polarisation géographique » (Davin *et al.*,

1959)²⁰. Il est important de noter que l'industrie motrice peut créer des effets positifs mais elle peut aussi être source d'une croissance déséquilibrée et entraînant un développement inégalement réparti dans l'espace, fortement dépendant de la nature de son activité (Perroux, 1955).

Perroux (1961) estime que « les unités motrices ne peuvent pas être considérées comme telles en dehors des conditions du temps, du lieu et du réseau qui caractérisent le milieu de la propagation de leurs effets » (Perroux, 1961, p. 271). Elles peuvent être des firmes ou des branches d'industrie ayant une « capacité technique susceptible d'entraîner la formation d'autres industries, de stimuler d'autres productions, par exemple sous la forme de sous-produits ou d'activités de sous-traitance » (Traimond, 1968, p. 270). Une unité motrice peut ainsi contribuer à l'orientation d'un territoire vers une spécialisation dans un domaine d'activité précis en créant des activités complémentaires, essentielles au développement de cette dernière (exemple des unités qui opèrent dans l'industrie de base).

Selon G. Destanne de Bernis (1966, 1968), qui prolonge l'étude de la notion d'industrie motrice en introduisant la notion d'industries industrialisantes, la présence d'industries de biens de production favorise non seulement un développement subséquent mais modifie les fonctions de production des autres branches par le seul fait de leur localisation.

Les effets d'industrialisation engendrés par les industries motrices entraînent le reste des activités qui leur sont liées, ils sont directement associés à la notion d'économies externes de Marshall (1890) ou de déséconomies externes de Meade (1952)²¹ ou encore des effets de dépendance réelle d'Aydalot (1965). Ces effets jouent un rôle essentiel dans le développement des pôles de croissance. On peut distinguer deux types d'effets :

- Les effets d'entraînement qui permettent aux acteurs liés à l'unité motrice de bénéficier de l'accroissement de la productivité de cette dernière (Perroux, 1955 ; Chenery et Watanabe, 1958). Ces acteurs entraînés tirent ainsi profit des externalités issues de la proximité géographique de l'industrie motrice (réduction de coûts en amont et aval de la production ; flux d'échanges ; capacité d'innovation).

²⁰ Définition citée par Aydalot (1965, p. 962)

²¹ Les déséconomies externes représentent les impacts négatifs qu'engendre l'activité d'une entreprise/industrie sur une autre (Meade, 1952).

- Les effets de blocage ou de stoppage qui freinent le développement des activités économiques avoisinantes. Ils sont également liés à la productivité de l'unité motrice, si celle-ci régresse elle entraîne le ralentissement du reste de l'économie locale.

À partir du modèle de l'industrie industrialisante (Destanne de Bernis, 1966), on peut comprendre que les effets d'entraînement sont le résultat d'un processus spécifique dans lequel la nature des échanges industriels et leur organisation territoriale jouent un rôle essentiel. Ce modèle peut être rapproché de la logique des grandes filières qui se sont spécialisées, par la volonté publique, dans le domaine des industries lourdes après la seconde guerre mondiale (Coppin *et al.*, 2000). En effet, les industries lourdes, notamment, la sidérurgie, pétrochimie, etc., susceptibles d'assurer les différents stades de la production, répondent à cette logique d'entraînement fondée sur l'articulation d'opérations successives conduisant à la production du bien final. La forte intervention de l'État et l'application de la théorie des pôles de croissance ont favorisé le développement de ce modèle.

Notre objectif dans le point 1 de cette deuxième section était de présenter les spécificités et les mécanismes de fonctionnement des territoires industriels. La mobilisation du concept de SPL (1.2.1) et de la théorie de pôles de croissance (1.2.2), nous a permis de tirer trois principales conclusions : 1) le territoire industriel est un espace géographique homogène abritant un système de production spécialisé dans des domaines d'activité spécifiques, notamment l'industrie lourde, et disposant de ressources matérielles et immatérielles. 2) Il se compose d'un ensemble d'acteurs diversifié (acteurs privés et publics) dont les interactions sont intenses se caractérisant par la présence de formes de proximité. 3) La présence d'une unité ou industrie motrice (ou encore acteur moteur) sur ce territoire peut contribuer à son développement par la diffusion des effets d'entraînement. Pour analyser la dimension territoriale de l'écologie industrielle (section 1 (2.2)) nous nous appuyant sur ces trois caractéristiques du territoire industriel. Nous étudions dans le point 2 leurs impacts sur la création des symbioses industrielles.

2. Les territoires industriels : des caractéristiques clés pour l'écologie industrielle

En quoi le territoire industriel est-t-il un environnement propice au développement de l'écologie industrielle ? Telle est la question que nous nous posons dans ce point. À partir d'une revue de littérature, nous avons identifié les cas les plus emblématiques d'écologie industrielle dans le monde. Nous présentons dans un premier temps les travaux qui traitent de ces cas ainsi que leurs objectifs. Nous les mobilisons par la suite pour comprendre les facteurs qui ont favorisé le succès et la pérennité des expériences d'écologie industrielle dans ces territoires. Pour cela, nous nous appuyons sur les caractéristiques du territoire industriel que nous avons expliqué précédemment en se basant sur le concept de système productif local à savoir : le caractère homogène du territoire, abritant un système de production spécialisé dans un domaine d'activité spécifique, et disposant de ressources matérielles et immatérielles (2.1), l'interaction des différents acteurs clés composant ce territoire et la présence de l'unité motrice permettant la diffusion des effets d'entraînement (2.2).

2.1. Le développement de l'écologie industrielle dans les territoires industriels

2.1.1. Présentation des expériences d'écologie industrielle dans le monde

À partir des années 1990, de nombreuses initiatives d'écologie industrielle ont été développées dans le monde, dans les pays développés comme dans les pays émergents. Les premières symbioses industrielles ont vu le jour dans les pays développés, principalement en Europe du Nord, Japon, États-Unis et Canada (Erkman, 1997). Par ses objectifs, l'écologie industrielle intervient dans ces pays comme un outil de concrétisation du développement durable, en atténuant les impacts négatifs engendrés par la forte croissance industrielle qu'ils ont connu après la Seconde Guerre mondiale. La littérature de l'écologie industrielle traite d'un nombre important de cas de symbioses industrielles. Nous présentons dans ce point un panorama international des expériences les plus connues dans le monde²².

Parmi ces études de cas, certaines ont pour objectif premier de décrire spécifiquement une stratégie d'écologie industrielle ou une symbiose industrielle. Gertler (1995) a mené une étude approfondie des démarches d'écologie industrielle à Kalundborg (Denmark). L'auteur met en avant les bénéfices économiques et environnementaux de la construction de la symbiose

²² Les cas de symbioses industrielles que nous étudions dans ce point ne représentent pas une liste exhaustive. Nous avons essayé de mettre en avant les initiatives les plus emblématiques de chaque continent.

industrielle de Kalundborg mais aussi les facteurs qui ont favorisé l'établissement et la pérennité des synergies entre les différents acteurs de ce territoire. Korhonen (2001) a développé des travaux sur le cas de la Finlande en mettant en avant l'importance de la présence d'un acteur pivot dans les symbioses industrielles. Gibbs *et al.*, (2005) ont réalisé des retours d'expériences d'écologie industrielle aux États-Unis et en Europe et ont identifié plus de 60 projets de parcs éco-industriels. Leurs travaux portent sur l'étude de l'état d'avancement des synergies éco-industrielles, leur financement et les difficultés liés à leur fonctionnement. Duret (2007) a réalisé une analyse de plusieurs démarches d'écologie industrielle en Europe et en Amérique du Nord. Son étude porte sur l'analyse de 11 études de cas dans 7 pays (Allemagne, Royaume-Uni, Danemark, Suède, États-Unis, Canada, Mexique). Selon cet auteur, le choix d'étudier ces pays se justifie par : 1) la bonne reconnaissance de ces cas sur le plan international dans le domaine de l'écologie industrielle ; 2) Leur maturité de développement, permettant une collecte d'information fournie ; et 3) la disponibilité des ressources documentaires les concernant (2007, p.10). Il décrit les démarches d'écologie industrielle dans ces pays et fait ressortir des enseignements relatifs à la conduite de tels projets. D'autres auteurs se sont intéressés aux cas des États-Unis et de l'Europe. Boons et Baas (1997, 2007) étudient le cas des Pays-Bas et particulièrement les démarches d'écologie industrielle développées dans le port de Rotterdam. Ils recensent dans leurs travaux les projets qui ont été mis en place depuis 1994 et analysent la question de la gouvernance et le rôle du gouvernement dans la pérennité de ces projets. Heeres *et al.*, (2004) quant à eux, se sont intéressés à six initiatives de parcs éco-industriels aux États-Unis et aux Pays-Bas. Ils ont mené une étude comparative et ont mis en évidence la réussite des démarches initiées par les entreprises au regard des freins imposés par des démarches initiées par les gouvernements régionaux et locaux.

Concernant le cas de l'Australie, les travaux de Van Beers et ses collègues (2007) donnent un aperçu des développements de synergie passés et actuels dans deux des principales régions industrielles lourdes, Kwinana (Australie occidentale) et Gladstone (Queensland). Ces travaux comprennent un examen comparatif des deux régions et évaluent les facteurs et les obstacles liés aux symbioses industrielles dans ces dernières. Bossilkov et al. (2005) ont analysé près de 60 exemples de synergies éco-industrielles à l'échelle internationale en vue de formuler des préconisations pour la mise en œuvre de l'écologie industrielle à Kwinana et Gladstone, en Australie.

Une analyse des symbioses industrielles a été menée sur une échelle plus globale par Cerceau et ses collègues (2014). Dans leurs travaux, les auteurs ont étudié 23 initiatives d'écologie

industrielle dans 18 territoires industrialo-portuaires en Europe, en Amérique du Nord, en Asie et en Afrique. Cette étude donne un aperçu de l'influence des ports, en tant que zones d'expérimentation et de mise en œuvre de synergies éco-industrielles, sur la dynamique locale de l'écologie industrielle.

L'ensemble de ces recherches empiriques, riches en enseignements sur les symbioses industrielles, représente pour nous une base intéressante pour étudier la relation entre l'écologie industrielle et le territoire. Nous regroupons dans le tableau ci-dessous les cas que nous détaillons par la suite (tableau 2).

Tableau 2 : Expériences d'écologie industrielle dans le monde

Continents	Principaux pays	Villes	Type de territoire	Commentaires
Europe	Denmark	Kalundborg	Industrialo-portuaire (industrie lourde)	- Constitution de la symbiose de Kalundborg autour d'un acteur pivot (centrale électrique) et création de l'Industrial Symbiosis Institute
	France	Dunkerque	Industrialo-portuaire (industrie lourde)	- Symbiose industrielle de Dunkerque constituée par les acteurs publics et privés : création d'ECOPAL - Ville pionnière en écologie industrielle en France
		Marseille-Fos	Industrialo-portuaire (industrie lourde)	- Lancement du projet Piicto par les industriels en collaboration avec les institutions locales et nationales
	Pays-Bas	Rotterdam	Industrialo-portuaire (industrie lourde)	- Lancement du Programme de recherche INES Mainport pour le développement de l'écologie industrielle
		Zélande	Industrialo-portuaire (industrie lourde)	- Constitution de la symbiose industrielle au sein du cluster Biopark
	Belgique	Anvers	Industrialo-portuaire (industrie lourde)	Constitution d'un réseau de synergies autour des sites de production de BASF (centre de production chimique)
	Finlande	Jyväskylä	Industrie forestière et énergétique	- Constitution d'un écosystème industriel autour de l'acteur pivot (centrale de cogénération de Jyväskylä)
	Suède	Landskrona	Territoire industriel : secteur de l'imprimerie et de l'automobile, gestion des déchets, agro-industries...	- Constitution de la symbiose industrielle de Landskrona avec le support de l'agence de développement économique locale - implication de plus de 20 entreprises et trois organisations publiques
	États-Unis	Californie (port de Long Beach)	Territoire portuaire	- Synergies collaboratives de Port-à-Port autour de la gestion des matériaux de dragage contaminés sur la côte californienne.

Amérique du Nord		New York	Territoire portuaire	- La première application des outils d'écologie industrielle (analyse des flux, bilan massique) dès le début des années 1990
		Massachusetts	Parc industriel	- Transformation d'un territoire anciennement militaire en un parc éco-industriel (parc éco-industriel de Devens). - initiation du programme Eco Star par les industriels et les institutions publiques et semi-publiques
	Canada	Halifax	Parc industriel de Burnside	- Élaboration de programmes de recherche par The School for Resource and Environmental Studies (Université de Dalhousie) dans le but de mettre en place les principes d'écologie industrielle à l'échelle du parc. - Création d'un Centre d'éco-efficacité (Eco-Efficiency Centre)
Afrique	Maroc	Jorf Lasfar	Industrialo-portuaire (industrie lourde)	- Initiation d'un réseau de synergies éco-industrielles par l'acteur pivot OCP avec les acteurs locaux (communes voisines, entreprises, etc.)
	Algérie	Bejaïa	Industrialo-portuaire (industrie lourde)	- Présence de certaines synergies basées sur la gestion des déchets industriels portuaires : déchets organiques produits par un important site industriel situé sur le Port.
Australie	Australie occidentale	Kwinana	Industrialo-portuaire (industrie lourde)	- Création du Kwinana Industrial Council qui initié le projet Synergies Kwinana Industries - Identification de plus de quarante-sept projets de synergie éco-industrielles
Asie	Chine	Ningbo	Industrialo-portuaire (industrie lourde)	- Création du Programme Pilote National Éco-Industriel par l'État dans le cadre de la stratégie nationale d'économie circulaire
	Japon	Kawasaki	Industrialo-portuaire (industrie lourde)	- Élaboration du programme Eco-Town visant à développer le concept de «zéro émission» dans 26 territoires. - La ville portuaire de Kawasaki est l'un des exemples les plus réussis

Source : A partir de Gertler ,1995 ; Korhonen, 2001 ; Gibbs *et al.*, 2005, 2007 ; Erkman, 2004 ; Duret, 2007 ; Boons et Baas, 1997, 2007 ; Heeres *et al.*, 2004 ; Van Beers *et al.*, 2007; Bossilkov *et al.*, 2005 ; Cerceau *et al.*, 2014

La symbiose de Kalundborg a été constituée dès 1961 à l'ouest de Copenhague, au bord de la mer du Nord, elle constitue une référence internationale en matière d'écologie industrielle. Elle s'est construite dans un territoire portuaire accueillant de grandes entreprises fortes consommatrices de matières premières proches géographiquement. Cette forte consommation des ressources naturelles et la présence de flux de matières a poussé les entreprises à mettre en place des projets d'écologie industrielle. Des synergies éco-industrielles se sont ainsi construites graduellement et ont formé un réseau autour de cinq entreprises proches géographiquement et de la municipalité. La première synergie a été développée en 1961. La raffinerie Statoil nécessitait une grande quantité d'eau, elle a donc utilisé l'eau du lac Tisso. Un accord a été établi entre la municipalité et la raffinerie afin d'installer des pipelines pour l'acheminement de l'eau du lac. Statoil générait de grandes quantités de déchets gazeux qui pouvaient être réintégrés dans le processus de production de plâtre de Gyproc et utilisés comme source d'énergie. Cette dernière a donc établi un partenariat avec Statoil en 1972 pour le rachat d'une partie de ses déchets gazeux. En 1973, la centrale thermique d'Asnaes a commencé à utiliser l'eau du lac Tisso géré par la municipalité. Depuis, plusieurs entreprises ont développé des relations d'échanges de déchets, motivées principalement par la réduction des coûts grâce à une meilleure valorisation en commun des matières, mais aussi par la réduction des impacts de leurs activités sur l'environnement (Gertler, 1995 ; Erkman, 2004).

D'autres cas ont été identifiés en Europe, par exemple en France. L'un des territoires français les plus connus par la présence d'expériences d'écologie industrielle est celui du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque. La forte concentration des activités industrielles lourdes sur ce territoire et donc la diversité des matières et de flux de déchets ont donné lieu à l'émergence de plusieurs synergies éco-industrielles dès les années 1960. Le cas Dunkerque fait l'objet d'une analyse plus détaillée dans la deuxième partie de cette thèse. Dans le port de Marseille-Fos qui est considéré comme l'un des plus grands complexes industriels à l'échelle nationale, la présence de grandes entreprises consommatrices d'énergie, ainsi que les terminaux méthaniers ont conduit au développement des échanges de sous-produits (Junqua *et al.*, 2005 ; Cerceau *et al.*, 2014 ; Cerceau *et al.*, 2018). Dès les années 1972, des échanges de flux ont été mis en place entre le terminal méthanier Fos Tonkin et une grande unité de production de gaz industriel (valorisation des flux de frigories générés par les terminaux méthaniers). En 2014, le projet Piicto (Plateforme Industrielle & Innovation de Caban Tonkin) a été lancé par plusieurs industriels en collaboration avec des acteurs publics locaux et nationaux. Plusieurs pistes de synergies ont été identifiées dans le cadre de ce projet, notamment des flux de valorisation de

production d'HCl (acide chlorhydrique), des échanges d'eau déminéralisée, des flux de valorisation boues d'épuration de la saumure et des métaux ferreux etc. Ce projet vise à transformer le complexe industriel de Marseille Fos en un écosystème industriel attractif (Piicto, 2018).

Au Pays-Bas, toujours dans des territoires portuaires, on recense des synergies éco-industrielles au sein du complexe industrialo-portuaire de Rotterdam ayant été développées à partir des années 1990 en réponse aux réglementations environnementales. Dans le cadre de la mise en place du *Rotterdam Climate Initiative*, un ensemble de synergies a été créé en donnant lieu à la constitution de réseaux notamment, un réseau de collecte, de stockage (enfouissement) et de valorisation du CO₂ ainsi qu'un réseau de chaleur urbain alimenté par des rejets de la zone industrialo-portuaire (Mat *et al.*, 2015). De plus, des échanges de flux ont été développés entre le port d'Anvers et celui de Rotterdam. Les synergies éco-industrielles dans le port d'Anvers se structure autour des sites de production de BASF, le centre de production chimique le plus important de Belgique. C'est également le cas au niveau du port de Zélande, dans lequel le Biopark de Terneuzen a été créé à l'échelle d'un cluster à partir de 2007. Le cluster regroupe en effet un groupe d'entreprises ayant établi des synergies éco-industrielles dans le domaine de l'agro-industrie. En Suède, la première symbiose industrielle de Landskrona est lancée en 2003 dans la zone industrielle. Un réseau de synergies s'est construit autour de la valorisation de chaleur sur le réseau municipal, de l'échange de combustible alternatif ainsi que l'échange de produits chimiques et des rejets d'eau usée (Duret, 2007).

Dans le territoire industrialo-portuaire de Kwinana en Australie, la forte concentration d'industrie lourde et la multitude de processus de transformation des minéraux et de production de métaux sont associés à une forte consommation de ressources et génèrent des quantités importantes de déchets liquides ou solides ainsi que des émissions gazeuses. Kwinana se distingue par la diversité, la complexité et la maturité des synergies existantes. Cela en fait l'un des territoires les plus intenses en matière de synergies éco-industrielles au monde. Plus de quarante-sept projets de synergie existent aujourd'hui à Kwinana (Van Beers *et al.*, 2007) dont 32 synergies de sous-produits et 15 synergies de services publics. Nous citons ici quelques exemples de synergies de sous-produits : l'usine chimique CSBP fournit du gypse à la raffinerie d'alumine, il est intégré en tant que sous-produit dans la fabrication d'acide phosphorique. Le sous-produit de CSBP est également réutilisé, entre autres, pour fabriquer des plaques de plâtre, et pour l'amendement du sol. Cette synergie établie entre l'usine CSBP et la raffinerie a favorisé

la réduction des coûts pour les deux entreprises. Les synergies éco-industrielles de Kwinana se traduisent également par l'utilisation partagée d'infrastructures de service notamment pour la production d'énergie, l'eau et le traitement des eaux usées. Selon Van Beers *et al.*, (2007), Kwinana dispose de nombreuses caractéristiques spécifiques qui ont favorisé le développement de l'écologie industrielle. Celles-ci incluent la forte présence d'industries diversifiées de transformation ; la forte contribution de du KIC dans l'organisation et la pérennisation des interactions entre les acteurs privés et publics ; la situation géographique de Kwinana et sa proximité du centre métropolitain Perth. Enfin, la reconnaissance croissante de la valeur des ressources naturelles de Kwinana par les acteurs territoriaux justifie la mise en place de projets de détection de synergies potentielles permettant la préservation de ces ressources.

En Asie, la symbiose de Kawasaki est l'un des exemples les plus réussis au Japon. Le Japon a développé des programmes nationaux qui ont adopté les principes d'écologie industrielle au cours des années 1990. Il a lancé le « programme Eco-Town » visant à développer le concept de « zéro émission » dans 26 territoires. Ce projet a débuté en 1997 avec des synergies concrètes en matière de gestion des déchets, de récupération d'énergie et d'eau et une limitation significative des impacts sur l'environnement (Maki, 2009). L'« Eco-Town » de la ville de Kawasaki, zone fortement industrialisée, située à l'extrémité ouest de la baie de Tokyo est une des premières à avoir vu le jour au Japon en 1997. Le projet concentre à lui seul 21% des subsides attribués au niveau national. Aujourd'hui, 14 synergies impliquent des entités économiques dans les secteurs du ciment, de l'acier, de la chimie et du papier, ainsi que les activités de recyclage associées. En particulier, 5 symbioses industrielles et 2 partages d'infrastructure ont été mis en place. Les 7 autres échanges concernent de nouvelles activités de recyclage. Les synergies sont essentiellement des échanges d'eau, de chaleur résiduelle, de fragments de métaux, et de boues issues de la production de papier. Elles permettent d'éviter la mise en décharge de 565 000 tonnes de déchets par an (Fujita, 2006). La Chine est également l'un des premiers pays asiatiques à avoir adopté des démarches d'économie circulaire et d'écologie industrielle. On peut citer, par exemple, la symbiose industrielle de la zone industrielle chimique de Ningbo, qui s'est construite autour des différents sites de la chaîne de production de l'industrie chimique (Wang *et al.*, 2008).

En Amérique du nord, on identifie des expériences d'écologie industrielle aux États-Unis et au Canada. Au niveau des ports, on peut citer l'exemple de la Californie notamment au sein du port de Long Beach dans lequel les démarches d'écologie industrielle, centrée sur la valorisation des sédiments de dragage, remontent au début des années 1990. Au Massachusetts, un parc éco-

industriel a été créé à Devens sur un territoire anciennement militaire devenu industriel. Concernant le Canada, un parc éco-industriel a été développé dans l'un des plus grands parcs industriels du pays (Duret, 2007). The School for Resource and Environmental Studies de l'Université de Dalhousie a mené des programmes de recherche qui visent à développer initiatives d'écologie industrielle à l'échelle du parc. Dans ce cadre, le Centre d'éco-efficacité (Eco-Efficiency Centre) a été créé pour contribuer à amélioration la performance économique et environnementale des entreprises.

Enfin, en Afrique, peu de littérature sur les démarches d'écologie industrielle existe. C'est dans les travaux de Cerceau et ses collègues (2014) que l'on retrouve des études sur les symbioses industrielles au Maroc au niveau du territoire industrialo-portuaire de Jorf Lasfar ainsi qu'on Algérie au niveau de la zone portuaire de Bejaïa. Les synergies dans ces deux territoires spécialisés dans l'industrie lourde sont centrées sur la valorisation énergétique, la valorisation des déchets industriels et rejets d'eaux usées ainsi que la valorisation des déchets liquides des navires (Cerceau *et al.*, 2014).

Les différents cas d'écologie industrielle recensés dans la littérature (tableau 2) seront mobilisés dans la suite de ce point pour répondre au questionnement suivant : en quoi ce type de territoire industriel, constitue-t-il un environnement propice à l'émergence et au développement des symbioses industrielles ?

2.1.2. Les facteurs de développement de l'écologie industrielle dans les complexes industrialo-portuaires

L'observation des initiatives d'écologie industrielle les plus abouties dans le monde, présentés plus haut, nous permet de mettre en avant la relation étroite entre le territoire industriel et l'écologie industrielle. Il est en effet possible de constater que la majorité des démarches d'écologie industrielle se sont développées dans des territoires de nature industrielle et plus particulièrement des territoires industrialo-portuaires spécialisés dans l'industrie lourde (c'est le cas par exemple à Kalundborg, Dunkerque, Marseille Fos, Anvers, Rotterdam, Kawasaki, Maroc, Algérie etc.)²³. Face aux enjeux environnementaux et économiques ces territoires

²³ Pour autant, si la dimension portuaire est souvent présente, la mise en place de ces démarches ne se limite pas aux territoires industriels. Elles peuvent être initiées à l'échelle d'une ville, d'une région, d'une île, d'un fleuve ou encore à l'échelle d'un bassin versant (Mat *et al.*, 2014) ou dans des parcs éco-industriels éloignés des ports. C'est

intègrent de nouvelles approches pour gérer leurs ressources. L'écologie industrielle se présente comme une solution aux problèmes de raréfaction des ressources et de tension sur le prix de certaines matières premières, notamment énergétiques. C'est cette même raison qui a poussé au développement de l'industrie lourde dans les territoires portuaires depuis les années 1970. Ils sont devenus des territoires privilégiés pour le développement de l'industrie lourde (« au bord de l'eau ») afin d'acheminer à moindre coût les matières premières utiles à leur fonctionnement. Pour les ports, l'écologie industrielle apparaît aussi comme un facteur de différenciation dans un contexte mondialisé et concurrentiel. À leurs tours, ces territoires disposent d'un certain nombre d'atouts qui font d'eux un environnement propice et un espace pertinent pour la mise en place et le développement de l'écologie industrielle.

Certains auteurs considèrent le territoire industrialo-portuaire comme un sous-système, « un espace interface, dont l'objet même est de permettre et faciliter une circulation des flux de matières et d'énergie entre les autres sous-systèmes²⁴» (Mat, 2015, p.39). La nature de l'activité de ce type de territoire ne se limite pas seulement aux fonctions logistiques (nœud, plateforme, plaque de transit/transfert, etc.), mais abrite également des activités de transformation et de production industrielles développées à l'issue de l'implantation d'unités industrielles (sidérurgie, métallurgie, pétrochimie, chimie, etc.). Ces unités industrielles (grandes entreprises, PME, sous-traitants etc.) sont attirées par l'infrastructure portuaire adaptée à leurs besoins notamment, la logistique maritime permettant l'accès à des ressources lointaines, l'ouverture sur les marchés internationaux, disponibilité de la main d'œuvre, etc. (Mat, 2015 ; Gallaud, Laperche, 2016).

Les territoires industriels, et en particulier ceux situés dans des zones portuaires et formant ainsi des complexes industrialo-portuaires, constituent en effet des espaces pertinents pour l'écologie industrielle. Ce sont des espaces géographiquement définis, caractérisés par une concentration importante d'activités industrielles localisées les unes à proximité des autres. Cette proximité géographique facilite la mise en place des synergies constitutives des symbioses industrielles.

le cas par exemple en France à Bazancourt (région Grand Est) dans le domaine de la Chimie du végétal (voir Gallaud, Laperche, 2016, p.53-57). L'association Orée recense également de nombreux autres exemples dans les régions françaises (voir carte 1). A l'échelle internationale, de nombreuses expériences de parcs éco-industriels se sont développés. Toutefois, comme le note Gibbs *et al.*, (2005), ils relèvent souvent moins d'une stratégie d'écologie industrielle au sens strict des flux de substitutions que d'une « palette éco-industrielle » plus large s'intégrant plus largement dans une démarche de développement durable (bâtiments haute qualité environnementale, éco-conception, meilleure gestion des déchets.).

²⁴ Pour définir le périmètre d'un territoire industrialo-portuaire dans un territoire Mat (2015) le considère comme un sous-système et le distingue des autres sous-systèmes : à savoir le sous-système urbain et le sous-système agricole.

Généralement, les expériences d'écologie industrielle sont développées dans une zone industrielle, parc ou complexe industriel ou dans un complexe industrialo-portuaire (Mat, 2015). Ils représentent des lieux d'échange et de transformation des énergies fossiles, ils se trouvent en effet au cœur des enjeux de mutation industrielle visant la réduction des émissions de gaz à effet de serre et la diversification du bouquet énergétique (Mat, 2015). La nature des activités industrielles est à l'origine de la présence de sous-produits industriels diversifiés, des rejets d'eaux industrielles et des flux énergétiques valorisables qui permettent de créer des opportunités d'établissement de synergies éco-industrielles. Par exemple à Kalundborg, la nature industrielle du territoire, la présence de firmes proches géographiquement qui échangent des flux de matières diverses sont des facteurs qui ont facilité le développement de la symbiose (Erkman, 2004). Ce qui nous amène à mettre en avant l'importance de la première caractéristique du territoire industriel - à savoir le caractère homogène du territoire, abritant un système de production spécialisé dans domaine d'activité spécifique et disposant de ressources matérielles et immatérielles (notamment la présence des flux de matières) – dans la pérennité des symbioses industrielles. Les deux autres caractéristiques que nous avons identifiées seront étudiées dans le point suivant.

Il nous paraît important de rappeler que la nature industrielle de ces territoires, et l'importante circulation de flux de matières et d'énergie liée au transit et stock de flux en provenance et à destination de l'extérieur, peuvent avoir un impact négatif sur l'environnement. De ce fait, ce type de territoire cherche à optimiser l'utilisation des ressources entre les différents acteurs et à gérer une grande diversité de questions environnementales liées aux rejets (émissions gazeuses, effluents liquides, déchets solides, crise énergétique, pénurie de matière première) dans l'air, les sols, les eaux etc. Comme nous l'avons évoqué plus haut les enjeux environnementaux représentent un facteur essentiel dans la mise en place de l'écologie industrielle. Aux crises environnementales s'ajoutent les situations de crises économiques que certains territoires industriels ou industrialo-portuaires subissent. En effet, dans certains des cas étudiés, « le choix de l'écologie industrielle comme stratégie de développement est intervenue suite à des problèmes structurels de territoire, généralement liés à des phases de déclin économique ou des crises sociales (réhabilitation de friches industrielles, perte d'emplois, etc.) » (Duret, 2007, p.25). Duret (2007) donne l'exemple de la symbiose industrielle de Kalundborg dans laquelle la crise de 1978, provoquant une montée des prix du pétrole, a poussé la municipalité de Kalundborg à exploiter les excédents de vapeur de la centrale thermique dans son réseau de chaleur. Aux États-Unis dans l'État du Massachusetts, plusieurs collectivités dont l'activité

manufacturière diminuait fortement, ont choisi de redynamiser l'économie locale en réalisant une analyse systématique des flux régionaux de matériaux en vue de créer de nouvelles activités et des emplois locaux. De même pour le territoire de Dunkerque qui a subi les conséquences de la crise des années 1980. Des synergies ont été développées pour réduire les impacts environnementaux mais aussi réduire les coûts liés à la consommation d'énergie notamment avec la constitution du réseau de chaleur urbain permettant de chauffer la ville à moindre coût.

Notre objectif dans ce point était de mettre en avant les points communs qui caractérisent les différentes symbioses industrielles étudiées, pour comprendre les facteurs ayant favorisé le développement et l'aboutissement d'actions d'écologie industrielle. À ce stade, les enseignements que nous pouvons tirer de ces cas sont associés à la nature géographique et industrielle de ces territoires. Ils se résument dans les points suivants : les expériences les plus abouties ont été développées dans des territoires industriels situés au bord de la mer et caractérisé par la présence d'activités industrielles lourdes. Ces activités sont à l'origine de la présence d'importantes quantités de flux de matières et d'énergie. Cela nous permet de faire le lien avec les caractéristiques du SPL. Il est important de souligner que le territoire industriel est un système complexe et évolutif qui associe un ensemble d'acteurs d'une part, l'espace géographique que ces acteurs utilisent, aménagent et gèrent d'autre part (Moine, 2006 ; cerceau, 2013) ce qui nous amène à étudier dans le point suivant le rôle des différents acteurs qui composent ces territoires dans la réussite des projets d'écologie industrielle.

2.2. Le rôle du collectif d'acteurs et de l'unité motrice dans la constitution des symbioses industrielles

2.2.1. La présence d'un collectif d'acteurs diversifiés au sein du territoire industriel

La présence d'une diversité d'acteurs locaux dans les territoires industriels et des relations d'interdépendances qui les relient permet la constitution de réseaux basés sur l'échange de flux et donc la création de symbioses industrielles. La mise en place des démarches d'écologie industrielle impliquent en effet une diversité d'acteurs qui ont des rôles différents mais complémentaires : PME/PMI ou grandes entreprises appartenant à de grands groupes industriels, universités, centres de recherche, associations, Ministères et organismes déconcentrés de l'État, collectivités territoriales, cabinets de conseil, chambres de commerce, agences de développement économique, société civile, dans des actions collectives. « Cette diversité illustre l'analogie avec les écosystèmes naturels dont l'un des principes fondamentaux est la complémentarité et le niveau de coopération des espèces et des organismes pour se partager les ressources en présence » (Duret, 2007, p. 26).

- Les entreprises sont des acteurs dans la mise en place des synergies éco-industrielles puisque leurs activités, en consommant des ressources et en générant des déchets, génèrent les principaux flux de matière et d'énergie de l'économie.
- Les institutions locales territoriales sont de plus en plus présentes dans les projets d'écologie industrielle. Leur intervention n'est pas systématique mais leurs différents champs d'activité, liés à la fourniture de services techniques et sociaux (gestion des déchets, production d'énergie, éducation, formation, accompagnement à la réinsertion sociale, etc.), et à la gestion d'infrastructure et de parc d'activité, ainsi qu'au développement économique et à l'aménagement du territoire, favorisent l'intégration de l'écologie industrielle dans leur politique et leurs projets.
- Les universités contribuent largement à la mise en pratique de l'écologie industrielle. En mobilisant des chercheurs et des étudiants sur les projets, elles permettent d'apporter une validation scientifique des actions engagées.

- Les agences de développement économiques et les chambres de commerce sont également des acteurs clés dans les projets d'écologie industrielle. Elles prennent en considération les problématiques environnementales et les principes du développement durable dans leur stratégie d'accompagnement des entreprises.

La majorité des initiatives d'écologie industrielle recensées dans le monde ont vu le jour grâce aux engagements communs entre les différents acteurs du territoire. Ces engagements visent à réduire les rejets d'émissions de polluants dans l'air ou l'eau. Dans le port de Rotterdam par exemple, les synergies éco-industrielles se sont développées dès les années 1990 par des entreprises mobilisées sur les questions environnementales en collaboration avec les acteurs publics. Deux programmes de recherche ont été portés par ces acteurs : le premier programme INES Mainport établi entre 1994 et 1997, a conduit à l'analyse des flux de matières et d'énergie et à la détection de 15 opportunités de synergies. Le deuxième, a été élaboré entre 1997 et 2004. Il a étendu le champ d'étude et l'approche de gouvernance pour envisager la mise en place du projet «Vision 2010», un plan stratégique pour la région ROM Rijnmond. Récemment, l'autorité portuaire a lancé le projet «Vision 2030 » centré sur la réutilisation du CO2 et la limitation des émissions polluantes à travers le complexe industriel portuaire (Baas , Boons, 2007 ; Cerceau *et al.*, 2014).

À Kwinana, l'écologie industrielle a été mise en place pour faire face à l'importante pollution engendrée par l'industrie lourde, et répondre aux nouvelles législations environnementales australiennes. Dans ce cadre, le Conseil des Industries de Kwinana (Kwinana Industrial Council – KIC) a été créé en 1991. Le KIC a lancé le projet Synergies Kwinana Industries en étroite collaboration avec le Centre d'excellence pour une production plus propre. Il a développé des activités dans quatre domaines : les résidus de processus inorganiques (par exemple, cendres volantes, résidus de bauxite, gypse), les déchets non-process (collecte et recyclage des matières recyclables sèches), l'énergie et émissions de gaz à effet de serre (réutilisation de la chaleur et le partage des pratiques d'efficacité énergétique parmi les entreprises de Kwinana), et la valorisation des eaux (Van Beers *et al.*, 2007).

La symbiose industrielle de Landskrona, située dans le sud de la Suède, est aussi le fruit de la collaboration entre les acteurs territoriaux (Duret, 2007). Elle a été lancée avec le support de l'agence de développement économique suédoise (NUTEK), en tant que projet pilote suédois dans le domaine de l'écologie industrielle. Ce projet, piloté par l'International Institute for Industrial Environmental Economics (IIIEE), implique 19 entreprises et la municipalité de

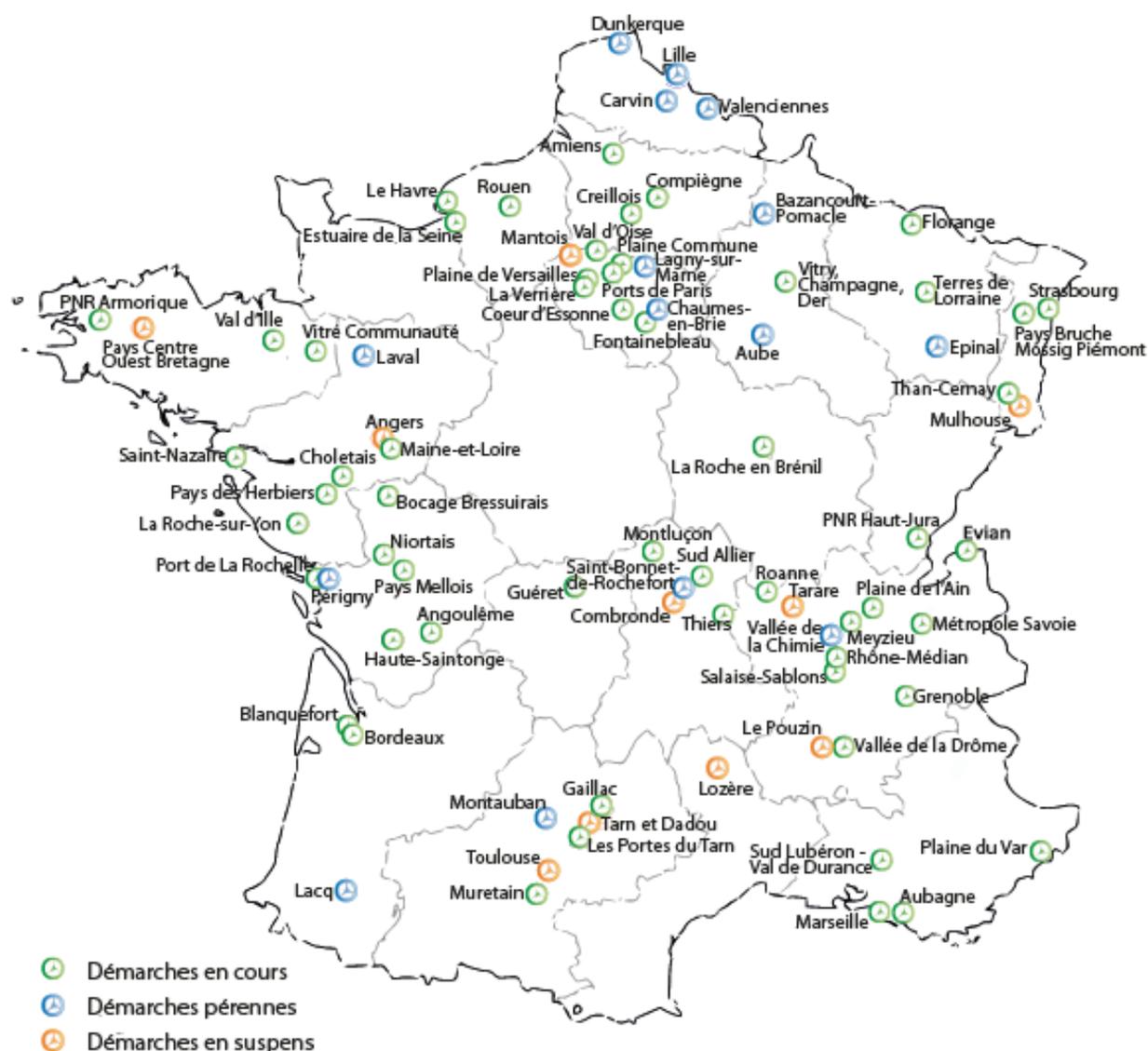
Landskrona, à travers ses départements Technique et Environnement, et son Bureau du Commerce et de l'Industrie.

L'exemple de la France est également un cas intéressant. Il montre l'importance de la contribution des acteurs dans le développement de l'écologie industrielle. Les synergies du dunkerquois ont été lancées par les acteurs privés avec le support des collectivités. Leur collaboration a donné lieu en 2 000 à la création d'une association spécialisée dans la promotion de l'écologie industrielle. L'association a œuvré pour sensibiliser les différentes entreprises du territoire à l'écologie industrielle. Cet exemple a été repris dans de nombreux travaux de chercheurs et de spécialistes travaillant sur la thématique de l'écologie industrielle. En 2009, cette structure a mené en collaboration avec ORÉE un inventaire de flux de matières dans le but d'identifier les synergies potentielles du tissu industriel dunkerquois. ORÉE est en effet une association multi-acteurs, créée en 1992. Elle rassemble 150 entreprises et collectivités territoriales, pour développer une réflexion commune sur les meilleures pratiques environnementales, et mettre en œuvre des outils pratiques pour une gestion intégrée de l'environnement à l'échelle des territoires.

Cette association recense les projets d'écologie industrielle existants à l'échelle nationale. En 2016, elle a publié un rapport regroupant des informations sur ces projets et leurs états d'avancement (il distingue les démarches en cours, pérennes ou suspendues) (carte 1). Les actions d'ORÉE ont été soutenues par l'Agence de l'Environnement et de la Maitrise d'Énergie (ADEME). L'ADEME accompagne et finance des projets de recherche et développement sur l'écologie industrielle. En effet, l'ADEME accompagne, de manière générale, les territoires et les groupements d'entreprises souhaitant se lancer dans une démarche d'écologie industrielle en France. Elle lance des appels à projets régionaux d'écologie industrielle ou « d'économie circulaire » en proposant plusieurs types d'accompagnement (animation, études, aides à l'investissement...)²⁵.

²⁵ <http://www.ademe.fr>

Carte 1 : Le recueil des projets d'écologie industrielle en France



Source : Projet Orée (2016)

De manière générale, l'implication des différents acteurs territoriaux (publics et privés) est un aspect indispensable dans la constitution des symbioses industrielles, du fait du caractère collectif des approches de l'écologie industrielle. Les entreprises, en particulier, sont des acteurs incontournables puisque leurs activités, en consommant des ressources et en générant des déchets, induisent les principaux flux de matière et d'énergie de l'économie (Duret, 2007). Ces entreprises peuvent-elles dépasser le rôle de bénéficiaire et jouer un rôle central dans l'organisation et le développement des symbioses industrielles ? Telle est la question à laquelle nous souhaitons répondre dans le point suivant.

2.2.2. Le rôle de l'unité motrice ou acteur pivot

La théorie des pôles de croissance de F. Perroux nous enseigne que l'organisation des activités industrielles sur un territoire se caractérise par la présence d'un acteur pivot permettant, par les effets d'entraînement qu'il diffuse, de participer à la dynamique territoriale (section 2 - 1.2). Dans le cas des expériences d'écologie industrielle, certains auteurs soulignent l'importance de l'acteur pivot dans la construction et la coordination d'une symbiose industrielle. Ces acteurs pivots (appelés également champions, acteurs locomotives ou encore *anchor tenants* en anglais) peuvent être définis comme des structures « capables de rassembler des groupes d'acteurs et de les inciter à s'impliquer personnellement dans la construction d'un parc éco-industriel » (Hewes, Lyons, 2008, p. 1339). La littérature sur la symbiose industrielle identifie deux types de champions différents (Yoon, Nadvi, 2018). Le premier peut être une entreprise qui génère des sous-produits utiles aux autres entreprises voisines, identifie des réseaux d'échange de ressources potentiels et attire d'autres entreprises dans la symbiose industrielle (Lowe, 1997 ; Chertow, 2000 ; Korhonen, 2001). Le deuxième peut être un acteur public ou semi-public qui joue le rôle de coordinateur dans l'établissement de réseaux de symbiose industrielle (Gibbs, 2008; Velveva *et al.*, 2014). Selon Duret (2007), le choix du territoire pour mettre en place l'écologie industrielle dépend fortement de l'acteur porteur, ainsi que de l'engagement, du volontarisme et de la détermination d'une ou plusieurs personnalités fortes, « c'est une règle presque universelle pour les initiatives volontaristes, il y a toujours un individu moteur « locomotive » à l'origine d'une action collective » (2007, p. 27). Nous nous intéressons, dans ce point, au premier type d'acteur pivot à savoir l'entreprise. Le deuxième type d'acteur moteur sera, quant à lui, traité dans le deuxième chapitre pour mettre en évidence son rôle dans la gouvernance de la symbiose industrielle. En quoi consiste le rôle de cet acteur pivot dans la mise en place et le succès des démarches d'écologie industrielle ? Pour répondre à cette question, trois études de cas nous semblent intéressantes à mobiliser. Il s'agit du cas de Jyväskylä en Finlande, de la symbiose industrielle de Kalundborg et du complexe industrialoportuaire de Jorf Lasfar au Maroc.

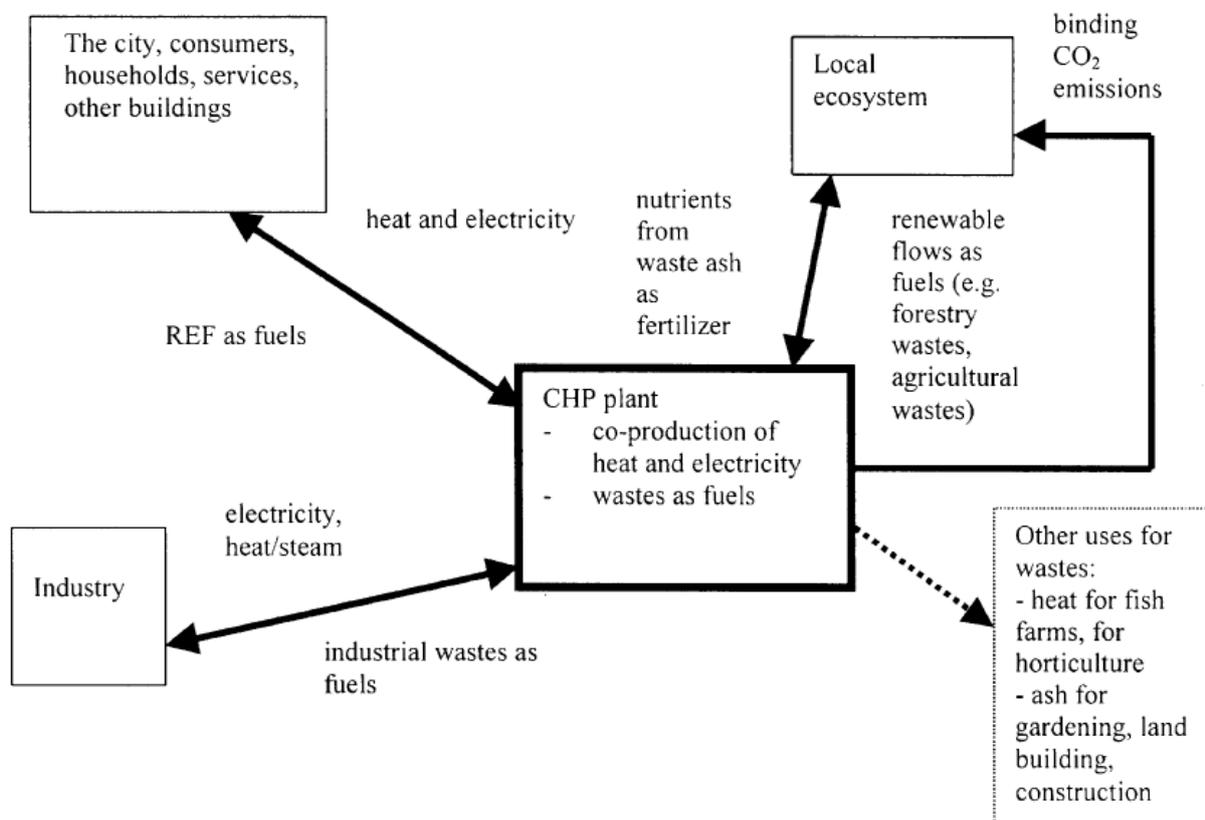
Dans ces travaux sur l'écologie industrielle, Korhonen (2001) met en avant le rôle de l'acteur pivot dans l'émergence et la pérennité d'un réseau de synergies éco-industrielles. Pour développer son hypothèse, il analyse le cas de l'écosystème industriel régional de Jyväskylä en Finlande. Jyväskylä est une ville qui compte un peu plus de 100 000 habitants, elle se caractérise par la présence d'industrie forestière et énergétique, notamment électrique. La centrale

électrique de Rauhalahti est considérée par l'auteur comme l'acteur moteur dans la mise en place de l'écologie industrielle à Jyväskylä. C'est une centrale de cogénération de chaleur et d'électricité construite en 1986. Elle valorise une forme d'énergie habituellement considérée comme un déchet et inexploitée. Elle est le principal fournisseur de chauffage urbain à Jyväskylä et se relie avec un ensemble d'acteurs du territoire par des échanges de flux. Elle s'intègre en effet dans un système de recyclage qui comprend d'autres industriels, notamment la papeterie locale de Kangas, qui bénéficie des flux de déchets de cette usine. L'énergie résiduelle de la production d'électricité de Rauhalahti est également utilisée pour les besoins industriels en vapeur / chaleur de la papeterie.

L'auteur décrit tout d'abord les synergies existantes dans la symbiose de Jyväskylä issues des relations avec la centrale de cogénération. En effet, l'usine de cogénération permet de faciliter la diversité des sous-produits car elle peut utiliser une base de carburant diversifiée et attirer de nombreux acteurs différents, potentiellement intéressés par ses flux. Elle dispose de la technologie de cogénération de chaleur et d'électricité, ainsi que de la technique de combustion à lit fluidisé, qui permet de traiter différents flux de matériaux et d'énergie. En conséquence, elle produit un ensemble relativement divers de sorties comprenant des déchets, par exemple de la chaleur, des eaux usées (chaleur), et des cendres résiduelles. Dans certaines conditions, la capacité de l'usine en termes de diversité peut aider à sécuriser le fonctionnement de la symbiose industrielle. Par exemple, si une entreprise industrielle se retire du réseau de synergies, les déchets ménagers ou agricoles peuvent servir de substitut de combustible à l'installation de cogénération du réseau. Ensuite, l'auteur développe l'idée selon laquelle le rôle de cette unité peut s'élargir et conduire à la création d'un « écosystème industriel régional ». Ceci en élaborant des synergies avec le système industriel forestier situé à proximité de la ville. La centrale de cogénération peut selon l'auteur servir de moteur à certains des principaux flux de matières et d'énergie. Avec la technique de combustion à lit fluidisé, l'usine de cogénération peut utiliser des résidus forestiers, des déchets de scieries, des déchets d'usines de meubles et des déchets de fabriques de pâtes, ainsi que des déchets agricoles et ménagers pour la production d'énergie. Par conséquent, elle peut contribuer à la mise en place d'un écosystème industriel caractérisé par la présence de boucle fermée de l'amont : la production jusqu'à l'aval : la consommation. Les producteurs ainsi que les consommateurs lui fournissent des combustibles résiduels. L'usine de cogénération sert de « décomposeur » pour utiliser l'analogie de l'écosystème selon l'expression de l'auteur (Korhonen, 2001). L'usine de cogénération devient ainsi le principal producteur d'énergie, à partir de déchets, pour l'ensemble de l'écosystème

local regroupant les producteurs, les consommateurs industriels et les consommateurs non industriels. La production d'énergie de l'industrie forestière et son usine de cogénération pourraient fournir non seulement les acteurs de l'industrie forestière de la région mais aussi la ville ou la zone résidentielle avec de l'électricité et de la chaleur (énergie résiduelle). Si la production de chaleur et d'électricité peut être connectée à la production de vapeur industrielle, le rendement énergétique d'une centrale de cogénération peut atteindre 85%. Cela signifie que 85% de l'énergie qui est incorporée dans les combustibles peut être utilisée et seulement 15% seront libérés dans l'environnement, par exemple sous la forme de flux d'eau (schéma 8).

Schéma 8 : L'écosystème industriel local de Jyväskylä développé autour de l'acteur pivot



Source : Korhonen (2001, p. 512)

Pour résumer le rôle de la centrale de cogénération identifiée et décrite comme acteur pivot par Korhonen (2001), nous retenons les éléments suivants : la centrale peut jouer le rôle de créateur d'un écosystème industriel local. Elle facilite la diversité des sous-produits dans la mesure où elle dispose de technologies permettant la valorisation de flux divers (la chaleur, les eaux usées, les cendres résiduelles, résidus forestiers, des déchets de scieries, des déchets d'usines etc.) pouvant servir à d'autres acteurs (industriels et non industriels). Elle peut mettre en relation

l'ensemble des acteurs du territoire de Jyväskylä et contribuer à la création d'une symbiose industrielle intégrant des flux de la zone industrielle de Jyväskylä et les flux issus de système industriel forestier de la ville.

Ce rôle de l'acteur pivot dans les complexes industrialo-portuaires, que nous avons recensés dans les expériences les plus abouties d'écologie industrielle est tout à fait observable. Dans le cas de Kalundborg par exemple, la centrale électrique est également considérée comme l'acteur pivot de la symbiose industrielle. Elle se présente comme un initiateur des flux d'écologie industrielle. En effet, entre 1961 et 2011, 20 entreprises se sont organisées autour d'elle (schéma 9).

Schéma 9 : Les flux de la symbiose industrielle de Kalundborg (2011)



Source : www.symbiosecenter.dk

La centrale électrique d'Asnaes est la deuxième du Danemark en termes de production d'électricité. Elle possède une unité de cogénération qui se caractérise par sa capacité à récupérer la chaleur sous forme d'eau chaude qui peut être utilisée pour le chauffage ou la production industrielle. Ce processus favorise l'amélioration du rendement énergétique du combustible utilisé pour réduire sa consommation (réduction de 30% de combustible).

La chaleur produite par l'unité de cogénération de la centrale thermique d'Asnaes est échangée avec d'autres entreprises sur le site. Elle est distribuée auprès de : l'usine Novo Nordisk qui l'utilise pour le chauffage et la stérilisation de ses process industriels (fours de fermentation...), la raffinerie Statoil qui couvre 15% de ses besoins pour le chauffage de ses réservoirs et pipelines, ainsi qu'à la municipalité de Kalundborg qui l'utilise pour le chauffage de toute la ville. Les eaux usées de la raffinerie Statoil sont redistribuées, par le biais d'un réservoir de stockage, à la centrale électrique qui les utilise pour refroidir son processus de production. Statoil distribue également une partie de ses eaux qui sert à chauffer des serres avoisinantes. L'eau tiède provenant du centre thermique est utilisée par une ferme piscicole installée à proximité du site. Les eaux usées de Novo Nordisk sont prétraitées par l'entreprise elle-même avant d'être redistribuées à la station d'épuration de la ville de Kalundborg.

Le soufre des gaz de la centrale électrique associé à la chaux permet de produire du gypse grâce à une unité de désulfuration installée par la centrale. Ainsi la quantité de gypse produite par la centrale électrique s'élève à 100000 tonnes/an. Le gypse est directement distribué à l'usine Gyproc qui l'utilise comme matière première pour la fabrication des panneaux de construction. Le gaz produit en grandes quantités par la raffinerie Statoil sert de combustible pour la centrale électrique d'Asnaes mais aussi pour l'usine Gyproc. Sur le même principe, Statoil fournit à des entreprises de fertilisants du soufre pour la production d'acide sulfurique.

D'autres types de déchets sont échangés entre les entreprises de la symbiose : les cendres produites par la centrale d'Asnaes sont utilisées par les industriels de la construction et du ciment ; les boues issues de la station de retraitement de la ville sont utilisées comme matières premières par Bioteknisk Jordrens (nettoyage des sols) ; les boues fertilisantes produites par Novo Nordisk sont utilisées par des agriculteurs, etc.

La présence de cette centrale électrique engendre des effets d'entraînement auprès des autres acteurs. Elle incite notamment les entreprises à faire partie de la symbiose de Kalundborg. Sa présence représente en effet une garantie pour les autres acteurs. Les entreprises comme la centrale électrique sont moins susceptibles que les autres de connaître de très fortes fluctuations de leur production, et peuvent ainsi assurer un flux régulier de sous-produits à leurs partenaires potentiels (Poirot, 2007). Le risque qu'une synergie disparaisse est alors réduit. « Les entreprises qui souhaiteraient participer à une symbiose industrielle doivent intégrer dans leur calcul l'incidence des risques qu'elles encourent avec leurs partenaires. C'est sans doute pour cette raison, que l'idée de créer des symbioses industrielles a été parfois accueillie avec une

certaine réticence par les décideurs et que nombre de symbioses comme celle de Kalundborg se sont construites autour d'entreprises importantes, centrale électrique et raffinerie présentant une certaine « garantie » pour leurs partenaires potentiels » (Poirot, 2007, p.9).

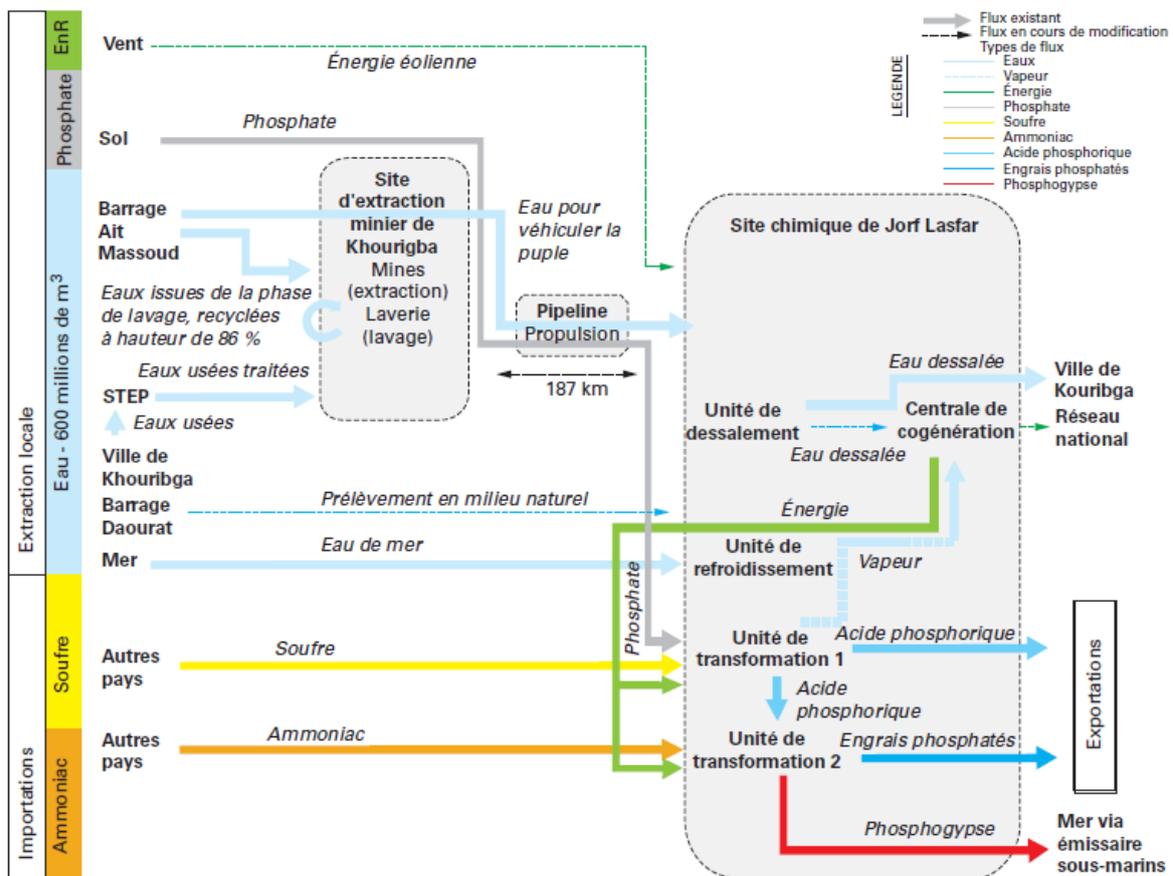
Les effets d'entraînement engendrés par la centrale électrique de Kalundborg résident dans la présence d'une diversité de flux de valorisation permettant la réduction des coûts de la consommation d'énergie et des impacts sur l'environnement. En effet, depuis la création de la symbiose de Kalundborg environ 3 millions de tonnes d'eau, de vapeur et de matières ont été échangées entre les entreprises du site. Les bénéfices économiques s'élèvent à 15 millions d'euros/an, et l'impact sur l'environnement est considérable : réduction de la consommation des ressources naturelles (eau souterraine, eau de surface, pétrole, gypse, etc.) et des rejets polluants (Poirot, 2007). Par sa présence et la disponibilité des flux de matières, la centrale a attiré de nouvelles entreprises qui se sont installées pour bénéficier de ces flux (schéma 9).

Au Maroc, l'Office Chérifien des Phosphates (OCP) est l'acteur majeur du complexe industrialo-portuaire de Jorf Lasfar. Il a développé plusieurs actions visant la réduction de l'impact de ses activités industrielles sur l'environnement. Ces actions bénéficient non seulement à l'entreprise mais aussi aux entreprises et communes voisines. L'OCP a établi une série de synergies éco-industrielles avec les acteurs locaux basées sur l'optimisation de la consommation d'eau et d'énergie. Ces synergies comprennent notamment la valorisation de l'énergie thermique, permettant au site industriel d'atteindre l'autosuffisance énergétique et fournissant de l'énergie à une unité de dessalement d'eau de mer pour alimenter à la fois le processus de dessalement et une partie de la ville voisine El Jadida (Cerceau *et al.*, 2014). Le site industriel dispose de technologie permettant de recycler 85% des eaux en boucle fermée. Il réutilise également les eaux traitées de la station d'épuration de la ville voisine de Khouribga, garantissant ainsi une importante réduction de la consommation d'eau souterraine. L'acteur pivot a financé en totalité l'installation de cette nouvelle station d'épuration dans la ville voisine. De plus, l'OCP a mis en places des actions de sensibilisation et d'implication des autres acteurs notamment par l'organisation d'achats mutualisés avec des entreprises locales. Il met également à la disposition d'autres industriels des zones de stockage mutualisées de vracs solides ou liquides sur le port (soufre, ammoniac, etc.). L'OCP envisage également l'aménagements d'anciens sites miniers pour développer une mine verte et une ville écologique (Cerceau *et al.*, 2014).

Au sein du complexe industrialo-portuaire de Jorf Lasfar, les expériences d'écologie industrielle sont principalement initiées et menées par l'OCP (figure 5). Les autres acteurs

(industriels, collectivités, Agence Nationale des Ports, sous-traitants, etc.) adoptent plutôt une posture de suivi de cette dynamique initiée par cet acteur (Cerceau *et al.*, 2014). L'ensemble de ces actions et effets d'entraînement, générées par cet acteur pivot, contribue à la dynamisation des territoires d'extraction minière de la région et du territoire portuaire de Jorf Lasfar en particulier, les faisant évoluer vers des symbioses industrielles qui relient industriels et collectivités.

Schéma 10 : Les synergies éco-industrielles de Jorf Lasfar développées autour de l'OCF



Source : Cerceau *et al.*, (2014, p. 13)

En définitive, les acteurs pivots jouent un rôle majeur sur ces territoires industriels, et sont généralement les acteurs moteurs et proactifs favorisant le développement de symbioses industrielles grâce aux effets d'entraînements qu'ils génèrent. En effet, les enseignements que nous pouvons tirer à partir des trois cas présentés mettant l'accent sur le rôle de l'acteur pivot, sont les suivants : la contribution à la constitution des symbioses industrielles par l'initiation des flux d'écologie industrielle ; la fourniture d'une grande diversité de flux en la faveur des

acteurs locaux ; la contribution à l'organisation des relations entre les acteurs de la symbiose et l'attractivité de nouvelles entreprises.

Conclusion du premier chapitre

L'objectif de ce chapitre était de présenter, dans un premier temps, le contexte de développement de l'écologie industrielle, sa conceptualisation mais aussi sa mise en œuvre concrète et opérationnelle. Initiée comme une démarche technique (opérationnelle) permettant la modification des processus industriels pour une optimisation des ressources et une réduction des impacts sur l'environnement, le concept d'écologie industrielle s'est construit et enrichi pour analyser les expériences émergentes en intégrant progressivement une dimension territoriale. L'approche territoriale prend en effet en compte l'ensemble des interactions entre les acteurs qui constituent la symbiose industrielle. L'écologie industrielle devient ainsi une expérience territoriale commune dont les bénéfices économiques, environnementaux et sociaux sont multiples.

Nous avons dans un deuxième temps, souhaité comprendre la relation entre l'écologie industrielle et le territoire, en particulier industriel. De fait, nous avons analysé les facteurs qui favorisent l'émergence et la pérennité des initiatives d'écologie industrielle dans les territoires industriels.

Le territoire industriel peut être analysé comme un système productif local. L'industrialisation d'un territoire est en effet un processus productif territorialisé qui fait appel à des ressources, techniques, infrastructures et compétences spécialisées. Il se caractérise par la présence sur une zone géographique définie d'un grand nombre d'acteurs diversifiés, suffisamment proches et réciproquement lié. Ces acteurs entretiennent des relations de concurrence ou de coopération caractérisées par l'existence d'échanges de services marchands et non marchands. Ainsi, trois principales caractéristiques sont propres aux territoires industriels : 1) C'est un espace géographique homogène abritant un système de production spécialisé dans des domaines d'activité spécifiques et disposant de ressources matérielles et immatérielles. 2) Il se compose d'un ensemble d'acteurs diversifié (acteurs privés et publics) dont les interactions sont intenses se caractérisant par la présence de formes de proximité. 3) La présence d'une unité ou industrie motrice (ou encore acteur moteur) sur ce territoire peut contribuer à son développement par la diffusion des effets d'entraînement.

Après avoir identifié les trois principales caractéristiques du territoire industriel, nous les avons mobilisées pour étudier les expériences les plus emblématiques d'écologie industrielle dans le monde. Nous avons en effet cherché à comprendre les facteurs qui ont favorisé le succès et la pérennité des démarches d'écologie industrielle dans ces territoires. Les enseignements que nous avons tirés de ces cas de symbioses industrielles sont associés à la nature géographique et industrielle de ces territoires. Ils se résument dans les points suivants :

- les expériences les plus abouties ont été développées dans des territoires industriels situés, dans la plupart des cas, au bord de la mer et caractérisé par la présence d'activités industrielles lourdes. Ces activités sont à l'origine de la présence d'importantes quantités de flux de matières et d'énergie qui permettent de créer des opportunités d'établissement de synergies éco-industrielles.

- La majorité des initiatives d'écologie industrielle recensées dans le monde ont vu le jour grâce aux engagements communs entre les différents acteurs du territoire. L'implication des différents acteurs territoriaux (publics et privés) est un aspect indispensable dans la constitution des symbioses industrielles.

- Les acteurs pivots jouent un rôle majeur dans ces territoires industriels, et sont généralement les acteurs moteurs et proactifs favorisant le développement de symbioses industrielles grâce aux effets d'entraînements qu'ils génèrent. Ces effets d'entraînement se traduisent par : la contribution à la constitution des symbioses industrielles grâce à l'initiation des flux d'écologie industrielle ; la fourniture d'une grande diversité de flux à la faveur des acteurs locaux ; la contribution à l'organisation des relations entre les acteurs de la symbiose et l'attractivité de nouvelles entreprises.

Ce premier chapitre nous a permis de franchir une première étape dans la compréhension de la relation étroite entre l'écologie industrielle et le territoire. La prochaine étape de notre raisonnement consiste en l'étude des atouts de l'écologie industrielle pour le territoire industriel. La question principale traitée dans le prochain chapitre est alors la suivante : l'écologie industrielle peut-elle être un moteur de développement économique du territoire industriel ?

Chapitre II : Le développement d'un milieu « éco-innovateur » à partir de l'écologie industrielle et la diversification de l'économie territoriale

Introduction du deuxième chapitre

Dans le précédent chapitre, nous avons montré que le territoire industriel est un environnement propice au développement et à la pérennisation des symbioses industrielles. Le concept de système productif local (SPL) nous a permis d'identifier les caractéristiques du territoire qui représentent des atouts pour la constitution des symbioses industrielles à savoir : la présence d'un espace géographique homogène accueillant des activités économiques spécifiques et des ressources diversifiées d'une part, l'intensité des interactions entre les différents acteurs et leur rôle dans la mise en place des démarches d'écologie industrielle d'autre part. Dans le présent chapitre, nous souhaitons approfondir notre compréhension de la relation étroite entre l'écologie industrielle et le territoire industriel en étudiant, cette fois, comment cette dernière contribue au développement économique du territoire par les dynamiques d'innovation dont elle peut être la source. Pour cela nous mobilisons le concept de milieu innovateur qui se présente « en quelque sorte comme le « cerveau » du système productif local (SPL) et qui constitue une agrégation des capacités d'action et des facultés cognitives des différents acteurs » (Torre, Tanguy, 2014, p. 6).

L'originalité de notre approche réside dans le fait que la majorité des travaux étudient l'écologie industrielle et plus précisément les symbioses industrielles sous l'angle de leur fonctionnement (organisation des flux d'intrants et de produits, cadre institutionnel et organisation de la coopération entre entreprises) et des impacts environnementaux que cette organisation industrielle entraîne (économie des matériaux, recyclage, etc.). Nous souhaitons aborder ce sujet sous un angle différent, en étudiant son potentiel en termes de développement économique territorial.

Ce chapitre est composé de deux sections. Dans la première (section 3 de la thèse), nous croisons la littérature traitant du développement territorial avec celle portant sur l'écologie industrielle. Nous mobilisons le concept de milieu innovateur qui montre comment l'innovation peut émerger des relations de proximité entre acteurs localisés sur un territoire donné (Aydalot, 1986a, Maillat *et al.*, 1993, Uzunidis, 2007). Nous le rapprochons du concept de symbiose

industrielle, qui correspond à l'ensemble des relations qui relient les entreprises par la mise en œuvre, sur un territoire donné, de l'écologie industrielle. Notre objectif est de comparer les caractéristiques et fonctionnement du milieu innovateur et de la symbiose industrielle pour développer un cadre théorique commun permettant d'étudier les mécanismes par lesquels l'écologie industrielle peut être un moteur de développement territorial. Nous développons ainsi le concept de milieu éco-innovateur.

Dans la deuxième section de ce chapitre (section 4 de la thèse), nous étudions la contribution du milieu éco-innovateur à la diversification des activités économiques (dite ci-après « diversification économique ») du territoire. Nous présentons d'abord le débat portant sur la différence entre les impacts de la spécialisation (externalités issues des économies de localisation) et les impacts de la diversification (externalités issues des économies d'urbanisation) sur le développement des territoires. Puis, nous montrons les avantages que peut avoir une approche intermédiaire selon laquelle le développement territorial n'est ni le fruit de la spécialisation ni de la diversification mais plutôt de la diversification fondée sur la variété reliée. Nous analysons donc le rôle de la variété reliée, dans laquelle les activités/secteurs sont reliés aux activités/secteurs existants, dans le développement territorial. Nous montrons par la suite la contribution du milieu « éco-innovateur », par la création d'externalités positives, au développement d'une variété reliée.

Enfin, nous mettons en avant les limites qui peuvent freiner la construction du milieu éco-innovateur. Notre analyse des étapes par lesquelles le milieu « éco-innovateur » peut contribuer au développement de l'économie territoriale constitue en effet un schéma idéal. Leur enchaînement, depuis la création de ces synergies, jusqu'à l'attractivité de nouvelles activités est émaillé d'un certain nombre de freins et difficultés. Des premières études portant sur le cas de Kalundborg (Danemark) aux multiples expériences de parcs éco-industriels qui ont fleuri dans le monde depuis quelques années (Gibbs *et al.*, 2005), plusieurs limites et difficultés ont été mises en évidence. Elles concernent tant les aspects techniques de déchets, que les difficultés économiques, informationnelles, organisationnelles, réglementaires, infrastructurelles et humaines. Pour que l'écologie industrielle puisse être utilisée comme un outil de construction d'un milieu « éco-innovateur », il est alors nécessaire de réduire les difficultés/limites auxquelles se heurte sa mise en œuvre opérationnelle. Nous considérons que ce sont les activités de services (publiques et privées) qui peuvent jouer ce rôle. Les activités de services peuvent jouer des fonctions relatives à l'organisation et la coordination des relations marchandes, l'acquisition ou le maintien de capacités par les agents, ou encore au développement de

nouvelles pratiques comme de nouveaux modèles économiques. De même, une réflexion sur les formes de gouvernance adaptée nous permet de souligner les principaux rôles que les acteurs publics, semi-publics et privés peuvent jouer dans la réduction de ces difficultés et l'accompagnement des démarches d'écologie industrielle.

Section 3 : Symbiose industrielle et milieu innovateur : vers un milieu éco-innovateur

L'objectif de cette section est de déterminer dans quelle mesure la symbiose industrielle peut fonctionner comme un milieu innovateur. Pour cela, nous comparons les caractéristiques, mécanismes de fonctionnement et impacts attendus du milieu innovateur avec ceux de la symbiose industrielle. Nous choisissons le concept de milieu innovateur comme un moyen pertinent d'analyse des symbioses industrielle (point 1). Ce choix se justifie par le fait que ce concept se présente dans la littérature sur le développement territorial comme un outil conceptuel permettant d'analyser les dynamiques d'innovation à l'échelle territoriale. Dans le deuxième point de cette section nous nous penchons sur le passage d'un milieu innovateur à un milieu « éco-innovateur » caractérisé par la dimension « durable » que la symbiose industrielle apporte au milieu innovateur par le biais des innovations environnementales (ou éco-innovations) qu'elle promet.

1. Le milieu innovateur : un concept pertinent pour analyser les symbioses industrielles

Au cours des années 1980, les chercheurs spécialisés sur l'économie du territoire se sont interrogés sur les facteurs qui favorisent l'émergence des processus d'innovation permettant de faire face aux situations de crise. C'est dans ce cadre que les chercheurs du GREMI formulent l'hypothèse suivante : « les comportements innovateurs dépendent essentiellement de variables définies au niveau local ou régional. En effet, le passé des territoires, leur organisation, leur capacité à générer un projet commun, le consensus qui les structure sont à la base de l'innovation. L'accès à la connaissance technologique, la présence de savoir-faire, la composition du marché du travail et bien d'autres composantes des milieux locaux déterminent des zones de plus ou moins grandes innovativité » (Aydalot, 1986a, p.10). Ces travaux montrent ainsi le rôle déterminant joué par les milieux comme générateurs des dynamiques d'innovation (Aydalot, 1986a ; Camagni, 1991 ; Maillat *et al.*, 1992).

Nous utilisons dans ce point, le concept de milieu innovateur comme un outil d'analyse des symbioses industrielles. Nous croisons les travaux sur ce concept de milieu innovateur et les travaux sur les symbioses industrielles. La symbiose industrielle, correspond à l'ensemble des relations qui lient les entreprises dans le contexte de la mise en œuvre, sur un territoire donné, de l'écologie industrielle (flux de substitution et de mutualisation). Pour étudier cette question, nous analysons dans un premier temps, à partir de la littérature, les composantes et

caractéristiques qui permettent à un milieu de générer des dynamiques d'innovation (collectif d'acteurs, réseaux d'innovation et dynamiques d'apprentissage) (1.1). Puis nous les comparons avec les caractéristiques de la symbiose industrielle (1.2).

1.1. Le milieu innovateur : origines et caractéristiques

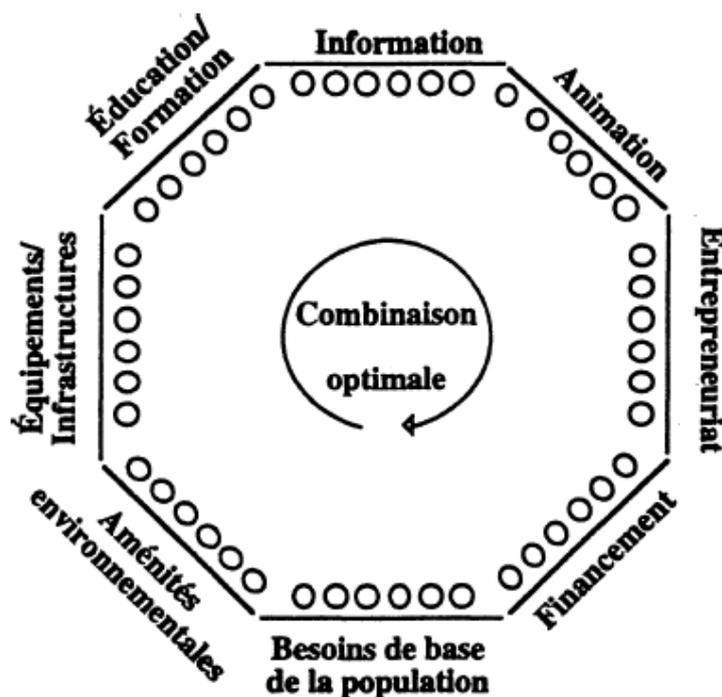
1.1.1. Le milieu innovateur : genèse d'un concept

Le concept de milieu innovateur a été proposé en 1985 par le groupe Recherche Européen sur les Milieux Innovateurs (GREMI). Créé par Philippe Aydalot en Suisse, ce groupe rassemblait une vingtaine d'équipes de chercheurs européens et américains. Les travaux du GREMI s'interrogent principalement sur les facteurs permettant l'émergence de nouvelles dynamiques territoriales. L'objectif de ces recherches était de comprendre pourquoi certains territoires se développent plus que d'autres en analysant les mécanismes d'apparition de l'innovation dans les « milieux ». Ici, le milieu « a un caractère multidimensionnel faisant référence à la fois au milieu contexte et au milieu acteur » (Tabariés, 2005, p. 6). Ce milieu se constitue, selon le GREMI, « par un ensemble de relations intervenant dans une zone géographique qui regroupe dans un tout cohérent, un système de production, une culture technique et des acteurs » (Maillat *et al.*, 1993, p. 7). Cette définition montre le lien étroit de la notion de milieu innovateur avec les autres courants de pensée de l'économie territoriale tels que les districts italiens, le système productif local, les théories de la proximité, etc., qui s'intègrent dans une ligne de pensée identique et/ou complémentaire (voir section 2).

Selon Proulx, certains auteurs se réfèrent à la définition du district industriel de Becattini (1992) pour définir le milieu innovateur à savoir : « une entité socio-territoriale caractérisée par la présence active d'une communauté de personnes et d'une population d'entreprises dans un espace géographique et historique donné » (Becattini, 1992, p. 36). Dans ce cas, la distinction entre les deux concepts n'est pas nette, elle ne met pas en avant le caractère innovateur du milieu (Proulx, 1994). Ainsi, Proulx, propose une définition plus spécifique selon laquelle le milieu innovateur est « un territoire dont les acteurs génèrent un processus collectif cognitif qui engendre un cadre, un climat, une atmosphère ou une culture au dynamisme social, politique, culturel, technologique, administratif et économique » (Proulx, 1994, p. 69). Il considère que le milieu innovateur, « c'est-à-dire créateur de nouvelles activités qui génèrent un investissement, des emplois nouveaux ou de la valeur ajoutée à caractère économique, possède de toute évidence des dimensions spatiale, sociale, culturelle, environnementale, administrative et

économique » (Proulx, 1994, p.70). L'approche de Proulx couvre une dimension large du milieu innovateur qu'il qualifie de « modèle octogonal ». Ce modèle intègre une classification composée de huit facteurs qui influencent les qualités du milieu innovateur notamment : satisfaction des besoins de base de la population (santé, nourriture...), présence d'aménités environnementales (qualité des éléments naturels, ensoleillement, sports et loisirs etc.), présence d'équipements et infrastructures d'aménagement du territoire, éducation, formation et perfectionnement des compétences, accès à l'information, animation socio-économique, entrepreneuriat et financement. Pour l'auteur, la combinaison de l'ensemble de ces facteurs contribue à faire du territoire un milieu innovateur (schéma 11).

Schéma 11 : L'octogone des milieux innovateurs



Source : Proulx (1994, p. 70)

La définition du milieu innovateur s'est précisée au cours du temps avec les multiples programmes menés par le GREMI. Ces travaux ont permis - grâce à la forte interaction entre les analyses empiriques et la théorisation - d'expliquer les caractéristiques d'un milieu innovateur et le processus permettant l'émergence de l'innovation dans les milieux (Crevoisier, 2001). Au total, six programmes ont été réalisés dans différentes régions européennes sur la base d'une seule hypothèse formulée par Aydalot (1986a), selon laquelle « quelque chose »

localisé au niveau régional, permettait de comprendre pourquoi certaines régions étaient plus dynamiques que d'autres » (Crevoisier, 2001, p. 154). Les enquêtes se sont basées sur une méthodologie et un questionnaire communs qui ont permis la comparaison des données des différentes régions étudiées : « la comparabilité est ainsi la grande force des travaux du GREMI, où une quinzaine de régions environ sont étudiées à chaque fois avec les mêmes hypothèses, les mêmes critères et le même questionnement » (Tabariés, 2005, p. 5).

Le GREMI 1 (Aydalot, 1986a) et GREMI 2 (Maillat, Perrin, 1992) « ont mis en évidence ce que les entreprises trouvaient dans les régions, respectivement, hors de la région, lors des processus d'innovation » (Crevoisier, 2001 p. 154). L'enquête GREMI 1 a étudié le rôle du milieu et des facteurs locaux d'innovation par rapport aux facteurs extérieurs à la région dans le déclenchement de l'innovation des entreprises. Les résultats de ces enquêtes ont permis d'identifier trois typologies des trajectoires d'innovation pour les territoires (Tabariés, 2005, p.5) : la reconversion d'un tissu industriel, dans laquelle l'innovation émerge à partir de la valorisation des savoir-faire de l'entreprise, l'innovation de la grande entreprise maîtrisant un champ nouveau, qui crée la connaissance à l'échelle interne, et l'entreprise innovatrice directement issue de la recherche, sans qu'une continuité avec des expériences passées puissent apporter un avantage décisif.

Ces trajectoires d'innovation peuvent aboutir à trois processus territoriaux différents : le premier est un processus de rupture-filiation « au cours du temps, un milieu demeure innovateur par la mobilisation des ressources constituées par le passé, adaptées aux nouvelles techniques et aux nouveaux marchés et incorporées dans de nouveaux produits : c'est la rupture/filiation » (Crevoisier, 2001, p.158). Ce processus décrit la capacité des tissus industriels et des territoires qui les portent à engager une bifurcation en s'appuyant sur la réutilisation des actifs et connaissances locales. Le deuxième repose sur la capacité du territoire à attirer de nouvelles grâce aux externalités locales qu'il génère. Enfin, le troisième est un processus dans lequel les nouvelles entreprises créées établissent les liens basés sur la production de nouvelles connaissances. L'ensemble de ces résultats montrent que l'innovation se caractérise par une forte dimension territoriale.

Dans le GREMI 2, l'objectif était de comprendre la relation entre l'entreprise et le milieu (interne et externe) afin d'identifier les facteurs qui permettent le déclenchement du processus d'innovation. L'accent est également mis sur les effets potentiellement destructurants liés à

l'ouverture sur des espaces extérieurs (Maillat, 1995). Les résultats montrent que le rôle joué par le milieu est différent selon la stratégie d'innovation mise en œuvre. Les interactions entre les entreprises innovantes et leur milieu s'accroissent en fonction du contenu technologique des innovations. Plus le niveau est élevé, plus les ressources requises sont collectives et spécifiques, et plus les entreprises sont dépendantes d'un environnement d'innovation qu'elles contribuent à créer. La territorialisation d'une entreprise progresse ainsi avec le niveau de ses innovations (Perrin, 1992, Tabariés, 2005).

L'ouverture des réseaux d'innovation sur l'extérieur peut avoir des impacts positifs, notamment par l'acquisition de nouvelles connaissances. Cependant elle peut aussi avoir des effets négatifs (problème de la reconversion industrielle) lorsque les interactions, dans le milieu entre, les entreprises et les autres acteurs sont faibles. Ce qui montre l'importance de la constitution de relations systémiques à l'origine du développement de réseaux d'innovation.

Le GREMI 3 a permis de « comprendre comment le milieu comme ensemble organisé et territorialisé se transforme à travers des interactions tissées par les différents réseaux qui participent au processus d'innovation » (Maillat, *et al.*, 1993, p. 3). Cette enquête a étudié le processus de naissance des réseaux d'innovation, l'impact du milieu sur ces réseaux d'innovation et en retour l'impact des réseaux sur le milieu. Maillat *et al.*, 1993 synthétisent les résultats du GREMI 3 en soulignant que la relation entre le milieu et les réseaux est dialectique : « le milieu par ses apports représente un avantage comparatif et reçoit en retour des réseaux d'innovation des retombées positives qui agissent sur son processus de structuration et de constitution » (Maillat, *et al.*, 1993, p. 11).

Le GREMI 4 était centré sur l'étude des dynamiques de développement des milieux et des trajectoires de leur évolution sur le long terme. Cette enquête a mis l'accent sur l'impact de l'histoire sur l'évolution des milieux innovateurs. Selon Maillat (1995) l'histoire « conditionne le développement des savoir-faire, des règles, du capital relationnel et de l'ouverture sur l'extérieur et influence ainsi la capacité du milieu à imaginer de nouvelles solutions et à réagir aux stimuli extérieurs » (Maillat, 1995, p. 228). Les décisions et contraintes du passé conditionnent en effet la trajectoire d'évolution des territoires et les engagent ainsi dans des situations de dépendance de sentier.

Les enquêtes GREMI 5 et 6 diffèrent des enquêtes précédentes dans la mesure où elles étudient des milieux non industriels (Tabariés, 2005). Le programme GREMI 5 s'est concentré sur la

relation entre le milieu et la ville « comment et en quoi le milieu innovateur se différencie-t-il de la ville ? » (Tabariès, 2005, p.13). Le GREMI 6, quant à lui, a étudié les ressources patrimoniales, naturelles et culturelles du milieu (Camagni, 2004).

L'ensemble de ces programmes ont progressivement fait évoluer le concept de milieu innovateur d'une « boîte noire » à un cadre conceptuel stabilisé permettant d'expliquer les facteurs de succès des territoires qui se développent et les échecs des territoires bloqués (Crevoisier, 2001). Aujourd'hui l'approche par les milieux innovateurs systématise les principales questions relatives aux dynamiques économiques spatiales. Elle permet de qualifier d'une part l'évolution de la technologie et des interactions entre acteurs, et d'autre part, les formes spatiales et temporelles que prennent ces processus. Ces résultats empiriques ont permis de construire des définitions précises de ce qu'est un milieu propice à l'innovation, mettant l'accent sur la présence d'un ensemble d'acteurs en interaction aboutissant à des dynamiques d'innovation. Le milieu innovateur se définit ainsi comme « un ensemble territorialisé dans lequel des interactions entre agents économiques se développent par l'apprentissage qu'ils font de transactions multilatérales génératrices d'externalités spécifiques à l'innovation et par la convergence des apprentissages vers des formes de plus en plus performantes de gestion en commun des ressources » (Maillat *et al.*, 1993, p. 9). Les enquêtes du GREMI ont également permis d'identifier les caractéristiques du milieu innovateur que nous développons dans le point suivant.

1.1.2. Les principales caractéristiques du milieu innovateur

Comme nous l'avons évoqué plus haut, la notion de milieu innovateur s'est approfondie progressivement au fur et à mesure de la réalisation des enquêtes du GREMI. Les deuxième, troisième et quatrième programmes ont permis l'identification des caractéristiques d'un milieu innovateur. Ces caractéristiques sont les critères qui répondent au besoin de mesurer, d'identifier les milieux innovateurs et de comprendre les dynamiques qui les caractérisent (Tabariès, 2005). En effet, selon la littérature, un milieu innovateur peut être identifié par les caractéristiques suivantes (Maillat, 1992a, Maillat, 1992b ; Crevoisier, 2001) : Un espace géographique déterminé par un collectif d'acteurs et coordonné par un cadre institutionnel (ensemble de règles, normes, valeurs...) et une logique organisationnelle fondée sur les réseaux d'innovations permettant la mise en œuvre d'une dynamique d'apprentissage : « le fonctionnement de ces éléments entraîne une différenciation progressive et conjointe des

composants du milieu face à leur environnement. Il en résulte un milieu doté de ressources spécifiques, de règles de fonctionnement, d'un territoire propre, au-delà d'une culture technique et d'interdépendances qui ne sont que l'empreinte du fonctionnement antérieur du système » (Crevoisier, 2001, p. 158).

- Un espace géographique déterminé par un collectif d'acteurs et coordonné par un cadre institutionnel : le milieu innovateur regroupe un ensemble d'acteurs (entreprises, centre de recherches et de formation, universités, instituts de financement, associations, administrations publiques, etc.) situé sur un espace géographique qui présente une certaine unité et une certaine homogénéité. Ce collectif d'acteurs se caractérise par des comportements spécifiques au milieu, notamment par une culture technique (Crevoisier, 2001). Les relations entre les acteurs sont marquées par une cohérence et une cohésion économique. En effet, les échanges multiples qui lient les acteurs favorisent l'établissement des relations de coopération et de collaboration, tout en prenant en considération l'aspect compétitif et l'autonomie dans la formulation des choix stratégiques (Maillat, 1992a ; Coppin, 2002). L'ensemble de ces acteurs tire profit de l'existence de ressources matérielles, humaines, financières, technologiques et informationnelles géographiquement proches, offertes par le milieu (Uzunidis, 2010).

Le milieu innovateur intègre également un cadre institutionnel (ensemble de règles, normes, valeurs etc.) régissant le comportement des acteurs économiques et les relations que ceux-ci entretiennent : « les réseaux fonctionnent selon un système de règles plus ou moins formalisées définissant les obligations des membres, système qui permet de définir un espace de travail collectif » (Maillat, 1995, p. 221). Les politiques menées par les pouvoirs publics conditionnent les décisions des agents économiques et participent, par conséquent, à l'organisation et à la régulation de leurs interactions : « la systémique du milieu ne se réfère pas uniquement aux interactions économiques mais prend aussi en considération les structures sociales qui sont à l'origine de ces comportements innovateurs. Or, les institutions (État, collectivités locales) tiennent un rôle significatif dans l'organisation et l'évolution des structures socio-économiques. Et en retour le milieu innovateur contribue à la performance innovante des entreprises par l'offre des ressources scientifiques et techniques qu'il peut organiser » (Uzunidis, 2010, p. 121). Les acteurs s'insèrent, ainsi, dans une organisation en réseaux qui intègre des partenariats public-privé organisés par une gouvernance territoriale qui favorise la coordination et la connaissance mutuelle des acteurs (Torre, Beuret, 2012). Elle permet d'instaurer un climat de

confiance au sein du milieu, et de générer des relations de nature systémiques. La coopération et la confiance sont des facteurs clés de développement de l'innovation.

- Une logique organisationnelle fondée sur les réseaux et les dynamiques d'apprentissage.

Les multiples échanges et coopérations qui lient les acteurs dans le milieu, s'effectuent sous forme de réseaux : « les acteurs d'un milieu coopèrent pour innover. Ces coopérations finissent par dessiner des réseaux d'interdépendance. Ces réseaux caractérisent l'organisation d'un milieu et peuvent avoir des extensions en dehors de ce dernier. Cette logique d'organisation vise à utiliser au mieux les ressources créées en commun par ces acteurs » (Maillat, 1992a, p. 210). Le terme réseau fait donc référence à l'interdépendance entre les agents économiques qui permet de construire des relations synergétiques avec d'autres agents. En effet, on peut définir un réseau comme « un ensemble formé de liens sélectionnés et explicites avec des partenaires préférentiels inscrits dans la perspective des relations de marché d'une entreprise et de sa recherche de ressources complémentaires ayant comme objectif principal la diminution de l'incertitude » (Maillat *et al.*, 1993, p. 8). De ce fait, la mise en relation des acteurs dans un réseau permet la création d'un mode d'organisation spécifique qui favorise la création de projets communs et la réduction des incertitudes (conflits, coûts liés aux processus d'innovation...). Selon Coppin (2002) cette « spécificité organisationnelle du milieu réside dans la dialectique des liaisons qui s'opèrent entre le système d'acteurs et les structures socio-économiques appréhendées ; lesquelles déterminent le fonctionnement du milieu » (2002, p.35).

La logique organisationnelle du milieu se traduit ainsi par la constitution de réseaux d'innovation. Dans ces réseaux le projet d'innovation fait l'objet d'une conception collective et globale. Ils constituent un espace de travail collectif et d'échange et une expérience en commun (Maillat, 1995). Ces réseaux peuvent, dans certains cas, être construits autour de firmes qui jouent le rôle de leader ou de pivot (Maillat, 1995, 2000). L'auteur souligne une différence entre ces deux types d'acteurs qui s'intègrent au cœur du fonctionnement des milieux innovateurs. La firme leader exerce un certain monopole sur le projet d'innovation. Elle a l'initiative du projet, contrôle l'ensemble des opérations, de la conception à l'industrialisation du produit nouveau, jusqu'à sa commercialisation. L'appel à des partenaires extérieurs se justifie principalement par la recherche de compétences complémentaires dont la maîtrise supposerait des investissements longs et coûteux. La firme pivot, quant à elle, est considérée comme l'architecte du réseau. Lorsqu'elle détient la maîtrise du projet d'innovation, c'est en collaboration avec les autres qu'elle le développe (notamment sur le plan technique). Cette

analyse de la place de la firme pivot dans le milieu innovateur se relie avec la théorie des unités motrices de François Perroux (chapitre 1). Comme un système productif local, le fonctionnement du milieu innovateur se caractérise par la présence de firmes motrices qui génèrent des effets d'entraînement, susceptibles d'aboutir, dans le cas du milieu innovateur, à la création d'innovations.

Les acteurs insérés dans les réseaux d'innovation développent des capacités d'acquisition, de production et de diffusion de nouvelles connaissances. Ces capacités d'apprentissage sont constituées au cours du temps et permettent de modifier et d'adapter les comportements des acteurs en fonction des transformations de leur environnement (Maillat, 1992a). Ils garantissent ainsi une maîtrise du processus productif au sens large (technique, commerciale ou organisationnelle). La capacité d'apprentissage des acteurs présente le milieu comme un contexte favorable à l'innovation (Maillat, 1992a ; Coppin, 2002 ; Tabariès, 2005 ; Uzunidis, 2007). Les processus d'interaction et d'apprentissage qui caractérisent le milieu innovateur permettent la création de ressources spécifiques qui nourrissent le processus d'innovation (Coppin, 2002). Ces ressources peuvent être de nature matérielle, humaine (compétences et qualifications), financière, technologique ou encore informationnelle (Maillat, 1992a ; Crevoisier, 2001).

L'objectif de ce point était de définir la notion de milieu innovateur et d'identifier ses caractéristiques pour l'utiliser comme moyen d'analyse permettant d'expliquer la contribution de l'écologie industrielle dans développement territorial. Selon Crevoisier (2001), le concept de milieu innovateur peut être appliqué à des champs divers, comme le montre les six programmes du GREMI qui traitent de problématiques diversifiées (notamment GREMI 5 et 6). En effet, « la notion de milieu est tout autant adaptée à la question des ressources patrimoniales qu'à celle des ressources scientifiques, technologiques et industrielles, du fait de sa grande plasticité grâce à ses différents niveaux d'appréhension du fonctionnement des systèmes locaux » (Tabariès, 2005, p. 15). Il nous semble ainsi intéressant de l'utiliser comme outil d'analyse du fonctionnement d'une symbiose industrielle. D'autant plus que certains auteurs comme Planque et Gaussier (1998) rapprochent le milieu innovateur du développement durable en considérant que les processus qui les sous-tendent peuvent se compléter : « seuls des processus d'innovation capables de recycler et/ou d'économiser des ressources matérielles et portés par des milieux innovateurs compétitifs et ouverts devraient permettre de concilier les enjeux de la bonne gestion des ressources matérielles, de la croissance de la productivité et de la prise en compte de la population locale et de ses valeurs (Tabariès, 2005, p.19).

1.2. Milieu innovateur et symbioses industrielles : des caractéristiques homothétiques

1.2.1. Un espace géographique déterminé par les synergies éco-industrielles et coordonné par un cadre institutionnel

La symbiose industrielle intègre, comme nous l'avons vu dans le cadre de la présentation des expériences d'écologie industrielle (chapitre 1), un collectif d'acteurs diversifiés sur un territoire déterminé, le plus souvent de nature industrielle. Ici nous avançons d'une étape dans le raisonnement en mettant en avant les relations qui se nouent entre les acteurs. La symbiose industrielle implique des industries habituellement séparées dans des échanges de flux de matières et d'énergie (Chertow, 2000). Un déchet ou sous-produit issu d'un processus de production d'une entreprise devient une ressource pour une autre, garantissant ainsi l'optimisation des coûts (d'approvisionnement, transport, etc.) et la création d'un avantage compétitif (Chertow, 2004). Dans le cadre de la symbiose industrielle, la coopération est un ingrédient essentiel et les acteurs sont liés par les synergies éco-industrielles. Dans la pratique, l'écologie industrielle implique deux types principaux de synergies : les synergies de substitution qui consistent à substituer un flux entrant neuf par un flux sortant d'une autre entreprise et les synergies de mutualisation qui reposent sur la mutualisation des flux ou de la production entre les entreprises. L'ensemble de ces éléments nous mène à considérer que la symbiose industrielle se caractérise par la présence d'un collectif d'acteurs en interaction tel que défini dans la littérature sur le milieu innovateur.

Le cadre institutionnel, notamment par les réglementations environnementales, joue un rôle important dans l'organisation et la coordination de la symbiose industrielle. En prenant comme exemple le cas de Kalundborg, on peut constater que les règles et lois environnementales, ainsi que l'intervention des pouvoirs publics ont participé à la rentabilité des synergies. La municipalité de Kalundborg a par exemple exigé que les résidents se connectent au réseau de chaleur dans lequel elle a investi (Buclet, 2011). En France, la réglementation joue également un rôle dans la promotion et la mise en place de l'écologie industrielle. En effet, la loi Transition énergétique pour la croissance verte, adoptée le 22 juillet 2015, a mis l'accent sur l'importance de l'économie circulaire. Il s'agit de développer un modèle économique basé sur la prévention, la gestion et la valorisation des déchets. Cette loi, comme nous l'avons mentionné plus haut, consacre le titre IV à la lutte contre les gaspillages et la promotion de l'économie circulaire de la conception des produits à leur recyclage. Les pratiques de l'écologie industrielle font partie

des objectifs globaux de l'économie circulaire : le réemploi, réutilisation et recyclage des déchets, etc.

De manière générale, la gouvernance territoriale joue un rôle clé dans l'organisation des projets d'écologie industrielle. Elle peut être définie comme « l'ensemble des processus et dispositifs par lesquels les parties prenantes ou acteurs de différentes natures (productifs, associatifs, particuliers, représentants des pouvoirs publics ou des collectivités territoriales) contribuent à l'élaboration, parfois concertée, parfois conflictuelle, de projets communs pour le développement futur des territoires » (Torre, Beuret, 2012, p. 3). Les travaux portant sur l'écologie industrielle insistent sur le rôle de la gouvernance territoriale (publique et privée) dans la génération et la pérennisation des interactions entre les acteurs (Schalchli, 2011 ; Brullot *et al.*, 2014 ; Decouzon, Maillefert, 2013).

1.2.2. Réseaux d'innovation et dynamiques d'apprentissage

Les synergies éco-industrielles propres à la symbiose industrielle permettent la constitution de réseaux s'appuyant sur la combinaison et la gestion collective des ressources spécifiques par les acteurs locaux (entreprises, institutions, centres de recherche, associations, etc.). Dans ce contexte, la mise en place de l'écologie industrielle est une action collective qui nécessite une communication claire, une collaboration, ainsi qu'une bonne coordination des acteurs locaux (Baas, Boons, 1997). Elle met ces derniers en relations symbiotiques formant ainsi des réseaux basés sur la coopération et la confiance. Ces réseaux peuvent regrouper des relations très limitées (par exemple lorsque l'eau chaude d'une industrie est utilisée pour le chauffage des habitations adjacentes), ou bien, ils peuvent prendre la forme d'écosystèmes industriels complexes dans lesquels des infrastructures, habitations et produits sont conçus de manière à fonctionner de façon cyclique (Chertow, 2000 ; Allenby, 2006). On peut citer l'exemple des « parcs éco-industriels » désignés comme « tout regroupement d'industries cherchant à améliorer leurs performances environnementales et économiques à travers une collaboration dans la gestion des ressources incluant l'énergie, l'eau et les matériaux. En travaillant ensemble, la communauté recherche un bénéfice commun supérieur à la somme des bénéfices individuels que chaque industrie aurait gagné si elle fonctionnait seule » (Lowe *et al.*, 1996, p. 12). La mise en réseau des acteurs dans un parc éco-industriel pourraient conduire à la réduction des incertitudes (conflits, coûts...). Les acteurs bénéficieront d'une infrastructure partagée, des flux

d'informations fluides, de bénéfices communs, d'une réglementation qui encadre favorablement leurs comportements permettant réduire les conflits entre ces derniers (Chertow, 2000). L'organisation en réseau des acteurs dans la symbiose industrielle se base sur la présence de firmes pivots comme nous le montre les exemples étudiés plus haut, c'est-à-dire les symbioses industrielles de Kalundborg (Danemark), Jorf Lasfar (Maroc) et Jyväskylä (Finlande), dans lesquelles des entreprises pivot ont contribué à la pérennité et au développement des réseaux éco-industriels. Le fonctionnement de la symbiose industrielle basé sur les réseaux éco-industriels et la présence d'unité motrice se rapproche ainsi de la logique organisationnelle du milieu innovateur. Ces réseaux, combinés aux autres caractéristiques analysées ici, sont à l'origine d'innovations.

Le regroupement d'acteurs dans la symbiose industrielle permet la création d'une dynamique liée à l'utilisation rationnelle des ressources naturelles se traduisant par le développement de nouvelles connaissances. En effet, la mise en place des démarches d'écologie industrielle nécessite des transformations organisationnelles et technologiques importantes pour faire face à la complexité des processus de réutilisation des flux (Diemer, 2012). Les acteurs modifient et adaptent leurs comportements grâce à l'acquisition et la production de nouvelles connaissances. Pour échanger des flux de matières ou d'énergie, les acteurs construisent des relations basées principalement sur le partage d'informations (ex : types, caractéristiques, volumes des déchets...), savoir-faire, pratiques, compétences, expériences, etc. ce qui donne lieu à un apprentissage collectif. Les capacités d'apprentissage acquises dans le cadre des synergies éco-industrielles entre les acteurs donnent naissance à des ressources spécifiques (Chertow, 2004, Diemer, 2012). Celles-ci peuvent être de nature matérielle, financière, technologique ou humaine. L'intégration des flux de matières (eaux, déchets, vapeur...) et d'énergie dans le processus de production permet l'optimisation des ressources naturelles, mais favorise également la création de nouveaux produits ou services éco-conçus. Ce processus est à l'origine de l'émergence de nouvelles ressources financières, issues de réduction des coûts d'achat de matières premières, de transport, de la recherche de fournisseurs, etc. ou par la réalisation de gains grâce à la vente de déchets. La réutilisation des flux de matières ou d'énergie permet le développement de nouvelles technologies, notamment, des technologies de recyclage et de valorisation de déchets/eaux. Ces technologies sont développées grâce à l'acquisition de nouvelles connaissances, pratiques ou expériences. De nouvelles ressources humaines peuvent émerger dans la cadre d'une symbiose industrielle. Cela peut se traduire par le développement de nouvelles compétences et qualifications ou par la création de nouveaux emplois. Ainsi une

symbiose industrielle est caractérisée par une dynamique d'apprentissage permettant la création de ressources spécifiques sur le territoire.

En définitive, la symbiose industrielle partage un certain nombre de caractéristiques qui la rapproche d'un milieu innovateur. Les synergies éco-industrielles établis entre les acteurs dans la symbiose industrielle forment un collectif d'acteurs. Les interactions multiples de ces acteurs dans le cadre des échanges et de la gestion commune des flux de matières conduit à la constitution de réseaux. Dans ces réseaux éco-industriels, l'acquisition et le partage de nouvelles connaissances (notamment sur les caractéristiques, processus de valorisation) sont nécessaires au fonctionnement des synergies. Nous pouvons ainsi considérer que la symbiose industrielle peut prendre la forme d'un milieu innovateur (**tableau 3**).

Tableau 3 : Les caractéristiques homothétiques du milieu innovateur et de la symbiose industrielle

Caractéristiques	Milieu innovateur	Symbiose industrielle
Collectif d'acteurs	Ensemble coordonné d'acteurs en interaction	Association d'industries habituellement séparées dans une démarche collective d'échange de flux de matières et d'énergie au sein d'une symbiose industrielle
Cadre institutionnel	Encadrement des comportements et décisions des acteurs économiques	Organisation des démarches d'écologie industrielle grâce aux lois, règles et réglementations environnementales
Constitution de réseaux	Constitution de réseaux dynamiques territorialisés	Création de réseaux éco-industriels grâce à l'échange de flux de matières et d'énergie
Présence d'un acteur pivot	Unité motrice (firme pivot)	Acteur initiateur des projets d'écologie industrielle
Capacités d'apprentissage	Adaptation des acteurs aux changements et transformation de leur environnement	Transformation technologiques et organisationnelles pour la mise en place des démarches d'écologie industrielle
Ressources spécifiques	Ressources spécifiques : matérielles, humaines, financières, technologique, informationnelles... etc.	Création de ressources spécifiques grâce à la réutilisation des flux de matières ou d'énergie (humaine, financière, matérielles, etc.)

Source : auteur

2. Du milieu innovateur au milieu éco-innovateur

Les travaux du GREMI ont permis de montrer que le concept de milieu innovateur se distingue des concepts de « district industriel », de « système productif local » ou encore « des dynamiques de proximité » par son caractère innovateur. Le milieu joue en effet un rôle de générateur de comportements innovants (Camagni, 1991). Il n'est pas seulement un contexte, mais un acteur permettant d'adapter les comportements en fonction des changements de l'environnement grâce à la genèse des innovations (Maillat, 1992b).

Les innovations générées par le milieu peuvent prendre différentes formes (de produit, de procédés, d'organisation ou de commercialisation). Nous présentons dans ce point ces différentes formes et leur caractère collectif et nous insistons sur les mécanismes systémiques de leur création dans le milieu (2.1). Étant donné que la symbiose industrielle peut prendre la forme d'un milieu innovateur, nous estimons que celle-ci peut potentiellement être un environnement propice à la création de différentes formes d'éco-innovations. Le caractère « éco » (ou durable) des innovations développées dans la symbiose nous permet de proposer le qualificatif de milieu « éco-innovateur » (2.2).

2.1. L'émergence de l'innovation au sein du milieu innovateur

2.1.1. Les formes de l'innovation et leur dimension collective

L'innovation est définie par Schumpeter (1911) comme une nouvelle combinaison de facteurs de production, mise en œuvre par un entrepreneur dans un objectif de profit et qui peut prendre des formes variées : la fabrication de nouveaux biens ; l'introduction d'une méthode de production nouvelle d'une branche de production vers une autre; l'ouverture de nouveaux débouchés; la conquête d'une nouvelle source de matière première ou de produits semi-ouvrés; la réalisation d'une nouvelle organisation (1911). La définition contemporaine de l'innovation développée par l'OCDE, dans le manuel d'Oslo, prend appui sur celle de Schumpeter et identifie cinq principales formes de l'innovation : innovations de produits, procédés, organisation et de commercialisation (OCDE, 2005).

L'innovation de produits repose sur la combinaison de connaissances et technologies nouvelles, ou déjà existantes pour la création ou l'amélioration d'un bien ou d'un service nouveau. Cette définition inclut les améliorations sensibles des caractéristiques techniques, des composants des matières, du logiciel intégré, ou autres caractéristiques fonctionnelles.

L'innovation de procédés repose sur la modification de la façon de fabriquer grâce à la mise en œuvre d'une méthode de production ou de distribution nouvelle ou sensiblement améliorée. Cette notion implique des changements significatifs dans les techniques, le matériel ou les logiciels. Elle peut avoir pour but d'améliorer la qualité des produits/services et de réduire les coûts de production ou de distribution.

L'innovation organisationnelle touche la façon de piloter une entreprise ou un réseau d'entreprises. Elle repose sur la mise en œuvre d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures de l'entreprise. Elle peut avoir pour but d'améliorer les performances organisationnelles, en matière de qualité du travail, d'échange d'information, de capacité d'apprentissage et d'utilisation des nouvelles connaissances et technologies, ou encore le développement de nouvelles formes de collaboration avec d'autres acteurs.

L'innovation commerciale est orientée vers l'amélioration des méthodes de ventes et l'augmentation des parts de marché. Elle représente la mise en place d'une nouvelle méthode de commercialisation impliquant des changements majeurs dans la conception, le conditionnement, le placement, la promotion ou la tarification.

Si Schumpeter a mis l'accent sur le rôle de l'entrepreneur dans le processus d'innovation, et si la fonction de l'entrepreneur est aujourd'hui toujours considérée comme centrale (Boutillier, Uzunidis, 1995, Audretsch, 2006), les travaux contemporains en économie et en management de l'innovation mettent l'accent sur la dimension collective de l'innovation. Ainsi pour innover, l'entreprise s'appuie sur des stratégies d'« open innovation » (Chesbrough 2003, 2006). Selon cet auteur, le management des activités d'innovation par la firme a évolué au cours du temps, passant d'un processus « fermé » à un processus « ouvert » dans lequel « des idées précieuses peuvent provenir de l'intérieur ou de l'extérieur de l'entreprise et peuvent être commercialisées depuis l'intérieur ou l'extérieur de l'entreprise » (Chesbrough, 2003, p.47). Selon Laperche (2018), pour constituer son capital savoir, défini comme « l'ensemble des informations et des connaissances produites, acquises et systématisées par une ou plusieurs entreprises dans un objectif productif et plus largement de création de valeur » (p.16), l'entreprise coopère avec un grand nombre d'acteurs (comme les institutions de recherche académique, les entreprises concurrentes, les communautés et la foule, les fournisseurs et les clients, les petites entreprises innovantes) (p.112). Les économistes de l'innovation mettent aussi l'accent sur la dimension territoriale des processus d'innovation et principalement sur les systèmes d'innovation (Uzunidis, 2010). En témoignent les écrits sur le cluster - désigné comme un groupe de firmes

et d'institutions associées, géographiquement proches et reliées au sein d'un champ particulier partageant des éléments communs et des complémentarités (Porter, 1990) - qui permettent la mise en œuvre des mécanismes propres au fonctionnement des milieux innovateurs (voir point 2.1.2 – section 3). Les pôles de compétitivité en France représentent un exemple intéressant des systèmes d'innovation. Le principal objectif du développement de ces pôles est la transformation des systèmes productifs locaux ou encore des districts industriels en des espaces plus dynamiques qui insistent « sur l'importance des réseaux d'acteurs, publics et privés, à un niveau - le territoire - reconnu comme pertinent pour l'établissement de politique d'innovation » (Uzunidis, 2010, p. 120).

2.1.2. Les mécanismes favorisant l'émergence de l'innovation au sein du milieu innovateur : proximité, effets d'agglomération et économies externes

Le milieu innovateur représente un environnement économique et social favorable au développement et à l'accroissement des capacités d'innovation des acteurs économiques. Pour résumer les composantes du milieu innovateur citées plus haut, il est possible de considérer que son fonctionnement repose sur deux logiques qui, lorsqu'elles sont activées, permettent la création de l'innovation. Une logique d'interaction qui se traduit par la coopération et la collaboration entre les acteurs. Une logique d'apprentissage collectif se basant sur la mobilisation des ressources spécifiques du milieu par les acteurs. L'articulation des formes de proximité dans le milieu, contribue à la mise en place et au renforcement de ces deux logiques (Uzunidis, 2007, Torre, Tanguy, 2014) donnant ainsi au milieu son caractère systémique. « Le GREMI prend en compte les deux types de proximité (géographique et organisationnelle), c'est bien pour cela que très vite il s'est attaché à analyser les réseaux d'innovation en cherchant à comprendre en quoi et comment les milieux locaux participent à la construction des réseaux d'innovation territorialisés » (Tabariès, 2005, p. 4). La notion de proximité est aujourd'hui une notion clé entre économie industrielle et économie de l'innovation. Elle « se présente comme liée à l'existence d'externalités localisées qui produisent des effets d'agglomération spatiale et des dynamiques territoriales » (Uzunidis, 2010, p.121). De fait, la présence de formes de proximité dans le milieu permet de générer des effets d'agglomération (Marshall, 1920) se traduisant par les économies externes (encadré 4) essentiels à la naissance de l'innovation.

La présence d'économies externes est étroitement liée à l'agglomération des activités économiques. On parle alors d'effets d'agglomération (Marshall, 1920). Les bénéfices issus de l'exploitation de ces effets d'agglomération sont un facteur de concentration des entreprises industrielles à proximité les unes des autres : « les entreprises recherchent les localisations qui leur permettent de se procurer sans difficultés main-d'œuvre, inputs matériels et services amont ou aval qui leur apparaîtront nécessaires » (Aydalot, 1965). Les effets d'agglomération se traduisent par des échanges et le partage des intrants spécialisés, services et infrastructures spécialisés, par un marché du travail commun, et par une « atmosphère industrielle » favorable à la diffusion de la connaissance (retombées technologiques) entre les acteurs (Marshall, 1920). Les entreprises mais aussi les autres acteurs membres du milieu peuvent ainsi bénéficier d'économie d'échelles externes²⁶ favorables à leur compétitivité (Krugman, 1990).

Encadré 4 : Les économies externes

La notion d'économies externes a été initiée par A. Marshall qui l'a défini comme « ... celles qui tiennent au développement général de l'industrie [...] nous pouvons les appeler économies externes » (1890, p.115). L'auteur distingue ces économies des économies internes « [...] celles qui sont liées au progrès des connaissances et des arts, dépendent surtout du volume total de la production dans l'ensemble du monde civilisé ». C'est-à-dire les gains ou les économies réalisées à l'échelle interne de l'entreprise (réduction des coûts de la production). Les économies externes sont les effets qu'engendrent les activités d'une industrie sur la production d'une autre industrie selon la définition de Meade (1952). Pour Scitovski, « la production d'un producteur individuel (entrepreneur) ne dépend pas seulement de son apport de ressources productives mais aussi des activités d'autres entreprises » (1954, p. 144). Les économies externes sont associées à trois types de phénomènes (Marshall, 1890 ; Meade, 1952 ; Aydalot, 1965) : les facteurs non payés, les phénomènes d'ambiance (ou d'atmosphère) et la formation du marché du travail.

Les facteurs non payés : pour Meade (1952), les facteurs non payés représentent un élément essentiel des économies externes. L'auteur cite l'exemple des abeilles de l'apiculteur qui se nourrissent des fleurs du producteur de pommes. En effet, l'augmentation des facteurs de

²⁶ La présence d'économies d'échelle désigne le fait que le coût de production unitaire d'un produit ou service baisse lorsque la production augmente. Les économies d'échelles proviennent généralement de la présence de coûts fixes, mais également d'effets d'apprentissage et d'économies réalisées sur les coûts d'approvisionnement. Les économies d'échelle peuvent être liées à la taille de l'entreprise. Plus l'entreprise augmente en taille, plus le coût de fabrication des produits baisse : on parle alors d'économies d'échelle internes à la firme. Elles peuvent aussi être liées à la taille de l'industrie dans laquelle se trouve la firme : plus la taille de l'industrie sera grande, plus les coûts se réduiront pour l'ensemble de l'industrie : on parle alors d'économies d'échelle externes. Cette seconde source met en avant les avantages géographiques de l'agglomération des activités. Ainsi, dans une analyse du commerce internationale, même si les pays partenaires sont identiques en termes de technologies et de dotations factorielles, la différence de taille de leur industrie peut leur conférer un avantage comparatif (Krugman, 1990).

production d'un producteur de pommes entrainera une augmentation de la quantité de pommes. Cette augmentation fournira plus de nourriture aux abeilles ce qui engendrera l'augmentation de la production chez l'apiculteur voisin. Il existe donc des rendements d'échelle constants pour les deux activités. Ici, les économies externes résident dans le fait que le producteur de pommes fournit gratuitement à l'apiculteur certains facteurs de production. On peut employer également la notion d'externalité pour décrire cette situation d'économies. Cependant, pour Aydalot (1965), cet exemple reste insuffisant pour définir les économies externes issues de facteurs non payés. Selon lui, « la réalité économique est beaucoup plus imaginative : tout ce qui rentre dans l'appellation de coût social de la production peut être compris dans ce cadre : dépenses de formation, d'éducation, d'hygiène, infrastructure, logement, transport des travailleurs... » (p. 950). Les firmes bénéficient en effet gratuitement de facteurs de production pris en charge par l'État.

Le phénomène d'ambiance : pour Marshall (1890), les économies externes dues à l'existence d'un phénomène d'ambiance sont liées à l'agglomération des activités économiques dans un cadre spatial réduit. Celle-ci facilite la communication et le développement de l'information permettant « au petit patron de survivre, de compenser au moins partiellement les économies internes des grandes firmes » (Aydalot, 1965, p.949). Meade (1952) qualifie cette ambiance d'atmosphère qui peut être favorable ou défavorable. Selon cet auteur, les activités d'un groupe de producteurs peuvent créer une atmosphère favorable ou défavorable aux activités d'un autre groupe de producteurs. Il cite l'exemple de l'impact positif des programmes publics de boisement sur la production de blé. En effet, la plantation d'arbres participe à l'augmentation des chutes de pluie qui sont essentiellement à la production de blé. Cette situation crée donc une « atmosphère » favorable à la production de blé.

La formation du marché du travail : ici l'accent est mis sur les économies réalisées grâce à la présence d'une quantité importante de main d'œuvre commune à un ensemble d'entreprise. Cette main d'œuvre peut représenter un facteur d'attractivité et de concentration de nouvelles entreprises lorsqu'elle est dotée de qualités spécifiques.

Dans le milieu innovateur c'est l'articulation des trois formes de proximité qui peuvent être à l'origine d'économies externes. La proximité géographique ne peut générer d'effets d'agglomération sans la présence de modes d'organisation spécifiques facilitant la communication et l'interaction entre les acteurs (Uzunidis, 2007). D'autres formes de proximité, organisationnelle/institutionnelle, cognitive doivent alors s'associer à la proximité géographique.

La proximité organisationnelle représente l'appartenance des acteurs à une même organisation. Elle permet de former et de modifier les relations et synergies qui lient ces derniers favorisant ainsi l'interaction et l'action collective. Celle-ci intègre également une dimension institutionnelle qui joue un rôle important dans l'encadrement favorable des comportements des acteurs économiques par le biais des règles, lois, normes, valeurs, etc. La logique d'interaction s'active lorsque la proximité organisationnelle est forte. Cette logique d'interaction peut, selon Maillat (1995), se traduire par : l'existence de joint-venture entre entreprises locales, le taux de

rotation de la main-d'œuvre qualifiée entre les firmes de la région, le chiffre d'affaires des centres de recherche locaux réalisé dans l'espace considéré, la capacité des entreprises d'engager de nouveaux diplômés, l'existence de politiques technologiques des autorités locales, les actions conjointes dans le domaine de la formation adaptée au milieu (Maillat, 1995).

Alors que la proximité organisationnelle/institutionnelle facilite l'organisation des interactions entre les acteurs, la proximité cognitive permet l'apprentissage collectif. Elle repose sur le partage de la même base de connaissances, expériences, savoir-faire, routines, etc. permettant aux acteurs de s'engager dans des projets communs (Uzunidis, 2007). La logique d'apprentissage s'active lorsque la proximité cognitive entre les acteurs est forte. La dynamique d'apprentissage peut, en effet, se traduire par la présence de différentes formes d'apprentissage : un apprentissage interactif à base de coopération scientifique et technique (entre entreprises et centres de recherches ou universités), un apprentissage institutionnel qui vise à éliminer les institutions obsolètes et à en créer pour stimuler l'innovation, un apprentissage organisationnel qui permet aux acteurs des organisations de mieux coordonner leurs actions, un apprentissage par apprentissage (*learning by learning*) qui contribue au processus d'amélioration des compétences liées à l'apprentissage (Maillat, Kébir, 1999).

En définitive, les caractéristiques systémiques du milieu innovateur correspondent aux effets d'agglomération aux économies externes générées par la mise en système ou encore le fonctionnement simultané de ces caractéristiques (collectif d'acteurs, coordination et gouvernance, réseaux et dynamique d'apprentissage). Ce sont ces éléments qui favorisent l'émergence des processus d'innovation et qui donnent au processus d'innovation son caractère collectif : « les effets externes, favorables à la création, à la localisation et à l'enracinement des entreprises – et donc à la croissance territoriale - sont dus à l'existence d'un système productif dynamique et localisé, d'un milieu innovant » (Guesnier, 1998, p. 2).

Au-delà des caractéristiques communes que nous avons mises en évidence entre milieu innovateur et symbiose industrielle, il nous reste à considérer les innovations que ces symbioses génèrent. En effet, en analysant les facteurs qui impactent les décisions des firmes de mettre en place des éco-innovations, Galliano et Nadel (2013) soulignent la place de l'environnement géographique. Ils mettent en avant l'influence potentielle des effets d'agglomération et des économies externes, présents dans le territoire, dans le développement des éco-innovations par les firmes. Les auteurs évoquent le rôle potentiel que peuvent jouer les symbioses industrielles en tant qu'environnement externe dans l'adoption de l'éco-innovation. En effet, compte tenu

de l'orientation « développement durable » des symbioses industrielles, les innovations doivent surtout prendre la forme d'innovations environnementales ou éco-innovations. Or, les auteurs soulignent que la littérature sur cette dimension éco-innovante des symbioses industrielles reste peu importante et très récente (voir notamment Mirata et Emtairah (2005)). En ce sens, nous souhaitons mettre l'accent sur cette question. Une symbiose industrielle réunit des acteurs localisés autour des projets d'écologie industrielle qu'elle organise et se base principalement sur les logiques d'interactions et d'apprentissage collectif propres aux milieux innovateurs (tableau 3). De ce fait, nous considérons qu'elle peut être un environnement propice à l'émergence des dynamiques d'éco-innovation. De plus, ce sont les caractéristiques de ces éco-innovations qui pourront donner à la symbiose industrielle la forme d'un milieu « éco » innovateur.

2.2. Symbioses industrielles et genèse des éco-innovations

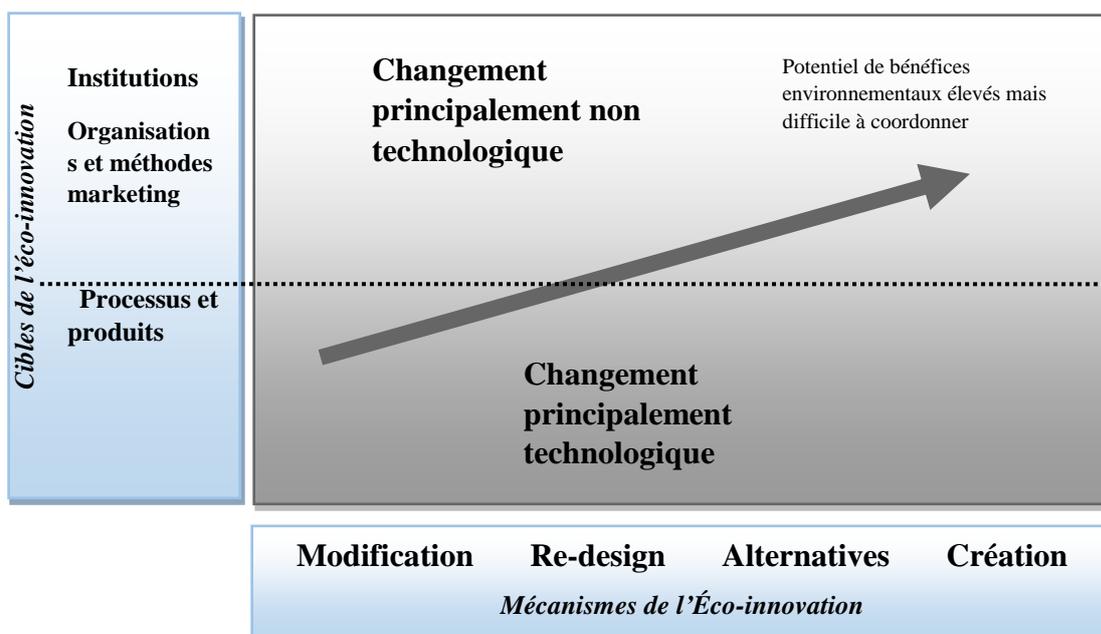
2.2.1. Les éco-innovations : du changement technologique au changement non technologique

Les innovations engendrées par les symbioses industrielles prennent, de par l'orientation « développement durable » des dites symbioses, la forme d'éco-innovations ; appelées également innovations « vertes » ou innovations environnementales. Les éco-innovations sont désignées comme « l'assimilation ou l'exploitation d'un produit, processus de production, service, management, ou méthode commerciale, nouvelles à l'entreprise ou à l'utilisateur et qui résultent, tout au long de son cycle de vie, de la réduction des risques environnementaux, pollution et autres effets négatifs de l'utilisation des ressources (y compris l'utilisation de l'énergie) » (Kemp, Pearson, 2008, p. 3). Elles peuvent être de différentes natures (Galiegue, 2012) :

- incrémentale, qui consiste à améliorer une technologie existante, sans changer les usages et les pratiques ;
- radicales qui permettent alors d'apporter des changements techniques radicaux tout en préservant les pratiques existantes
- ou encore transformatrices, qui correspondent à la mise en œuvre de nouveaux systèmes technologiques. Ces dernières nécessitent une reconfiguration complète des processus de production et des modes de vie.

La définition la plus complète des éco-innovations est celle proposée par l'OCDE (2009). C'est une définition plus large qui intègre les changements technologiques (éco-innovations technologiques) mais aussi les changements institutionnels, organisationnels et sociaux impliqués dans l'éco-innovation (Laperche, Levratto, 2012 ; Pereira, Vence, 2012). En effet, cette définition décrit les cibles, mécanismes et les impacts des éco-innovations (schéma 12).

Schéma 12 : Typologie de l'éco-innovation



Source : OCDE (2009)

Les cibles de l'éco-innovation regroupent les produits (incluant les biens et services) et procédés, les méthodes de commercialisation (ex : promotion et tarification des produits), les changements organisationnels (répartition des responsabilités, structure du management) et les changements institutionnels (arrangements institutionnels, normes sociales, etc.). Les changements et modifications des cibles sont apportés par les mécanismes de l'éco-innovation. Ces derniers se divisent en quatre catégories : Modification (changement mineur et progressif dans les produits), Re-design (changement important dans les produits, processus et structures organisationnelles), Alternatives (production de biens et services qui peuvent être considérés comme des substituts à d'autres produits et répondre aux mêmes besoins) et Création (introduction de produits, processus, procédures, organisations et institutions entièrement nouveaux). L'impact reflète les effets des éco-innovations sur l'environnement. Il dépend du degré d'interaction des cibles et mécanismes avec leur environnement socio-technique.

Selon cette approche les innovations ayant un plus grand impact (positif) sur l'environnement sont celles qui s'appuient non seulement sur la technologie (produits et processus) mais qui intègrent aussi des changements organisationnels et institutionnels. De la même manière ce ne sont pas les innovations les plus incrémentales (modification/redesign) mais les plus radicales (alternatives/création) qui sont les plus porteuses sur le plan environnemental. Dans le point suivant, nous étudions les formes d'éco-innovations, qui peuvent être générées par les symbioses industrielles.

2.2.2. Les différentes formes de l'éco-innovation générées par la symbiose industrielle

La symbiose industrielle, en tant que milieu innovateur, peut donner lieu à des formes différentes d'éco-innovation ; de par ses caractéristiques et les mécanismes systémiques qui la caractérisent (effets d'agglomération et économies externes). Le travail en commun des acteurs qui composent les symbioses industrielles (visant à créer des flux de substitution ou de mutualisation), favorise en effet les échanges de connaissance et de savoir-faire. Ceci permet de créer ainsi une base de connaissance disponible à tous les acteurs de la symbiose. De la même manière, des compétences nouvelles sont générées, formant ainsi une main d'œuvre spécialisée (dans la gestion/valorisation des déchets) et alimentant ainsi un marché du travail commun à la symbiose. Des infrastructures communes développées pour faire fonctionner les synergies éco-industrielles peuvent favoriser la réduction des coûts pour l'ensemble des acteurs. Les effets d'agglomération peuvent pleinement jouer grâce aux formes de proximité géographique, cognitive, institutionnelle mobilisées au sein des symbioses. Les processus d'innovation sont donc stimulés. Ceux-ci sont de natures différentes. En effet, la mise en place de l'écologie industrielle peut faire appel à des changements technologiques et non technologiques (OCDE, 2010). Elle nécessite une combinaison élargie des cibles et des mécanismes de l'éco-innovation.

Les synergies éco-industrielles peuvent permettre de générer des éco-innovations technologiques, de procédés et de produits mais aussi des éco-innovations d'organisation et de commercialisation. Les éco-innovations de procédés ont pour but de réduire les impacts négatifs des processus de production sur l'environnement. On peut citer par exemple : les technologies de contrôle de la pollution, de gestion et recyclage des déchets, les différentes techniques de tri (tri magnétique par machine à courants de Foucault, tri par détecteur-éjecteur, tri aéroulque Trommel ou séparateur hydraulique, etc.). Les éco-innovations de produits (ou technologies

intégrées/propres) permettent de prévenir ou de réduire la production de polluants et/ou la consommation des matériaux, ressources naturelles, énergie, etc. du processus de production (Hamdouch, Depret, 2008). Par exemple : les « éco-produits » sans phosphate ou consommant peu d'énergie, les peintures sans solvant, lave-glace fabriqué à partir des eaux usées, les briquettes compressées de bois produites à partir des déchets de bois, les biocarburants, énergies renouvelables, les nouveaux matériaux, les agro-biotechnologies, etc.

Les éco-innovations technologiques favorisent la réduction des impacts de l'industrie sur l'environnement. Pour autant, leurs effets peuvent être limités. Comme nous l'avons vu plus haut, considérer que seul le changement technique peut favoriser la réduction de l'impact environnemental des activités humaines est une vision étroite et souvent insuffisante. Pour aboutir à des changements de plus grande envergure, les changements technologiques doivent aller de pair avec des changements organisationnels, institutionnels et commerciaux.

Les éco-innovations organisationnelles représentent « toute nouvelle forme d'organisation, nouvelle définition des rôles, nouvelle règle ou procédure, nouvelle modalité de prise de décision ou de gestion des ressources humaines, nouveau mode de communication ou pratique de gestion au sein des organisations, qui contribue directement ou indirectement à l'amélioration de l'état de l'environnement au sens large incluant les aspects sociaux et sociétaux » (Mathieu *et al.*, 2010 p. 12-13). Elles permettent d'assurer une bonne organisation des échanges de flux de matières/énergie et de faciliter le développement des éco-innovations technologiques.

Le lien entre les éco-innovations technologiques et les éco-innovations organisationnelles est étroit. Des changements organisationnels peuvent être introduits grâce aux technologies de l'Information et de la Communication. Ces derniers peuvent permettre une meilleure organisation et coordination des échanges de flux (Harpet, Gully, 2013) et ainsi renforcer les coopérations entre les acteurs. On peut citer comme exemple les outils de bilan et d'analyse de flux. Ils comprennent des logiciels et bases de données (ex : Diagramme Sankey, les progiciels de Gestion Intégrée...) qui permettent de structurer et rendre accessible puis transmissible les informations concernant les flux (quantités et caractéristiques de flux de matière/énergie à l'intérieur d'un procédé ou d'un système). Ces logiciels et bases de données permettent également de quantifier l'impact d'un produit, d'un service ou d'un procédé, depuis l'extraction des ressources jusqu'au traitement (suivi des indicateurs de développement durable, calcul de l'empreinte carbone, etc.).

La combinaison de changements technologiques et organisationnels peut renforcer les relations symbiotiques entre les acteurs et apporter des bénéfices environnementaux élevés. Toutefois, la pérennisation de ces relations repose sur des aspects institutionnels et commerciaux. Les changements institutionnels (ou éco-innovation institutionnelles si l'on reprend la terminologie de l'OCDE) comprennent les changements apportés à l'ensemble des valeurs, normes et réglementations que partagent les acteurs dans un projet collectif de préservation des ressources naturelles (nouvelles lois liées à la gestion et valorisation des ressources, nouvelles institutions qui vont par exemple accroître la sensibilisation des acteurs économiques ou des ménages sur les impacts de la pollution, sur la gestion des déchets et l'utilisation des ressources...). Ces institutions peuvent aussi contribuer à la régulation des conflits et favoriser la mise en place de la confiance réciproque entre les acteurs impliqués dans des échanges de flux.

La pérennisation des synergies entre les acteurs est fortement liée aux éco-innovations commerciales. Ces dernières se traduisent par la mise en place de nouveaux modèles économiques (considérer les déchets comme une ressource à valoriser, identifier et donner une valeur aux co-produits), aux méthodes nouvelles de promotion ou de tarification permettant d'assurer la rentabilité des produits/technologies ou services éco-innovants. Elles sont liées aux stratégies orientées vers le marché (consommateurs, fournisseurs...). Les produits et services éco-innovants doivent en effet être accompagnés d'une communication transparente, compréhensible et ciblée pour assurer leur rentabilité.

En se basant sur la littérature du milieu innovateur et de la symbiose industrielle, il est possible d'avancer que la symbiose industrielle se présente idéalement comme un milieu innovateur. D'une part, les deux concepts partagent des caractéristiques homothétiques. D'autre part, la symbiose industrielle peut être un environnement propice à l'émergence d'éco-innovations. Elle peut faire appel à une combinaison de formes plus complexes d'éco-innovations (produits, procédés, organisations, institutions et commercialisation) à même d'introduire des changements technologiques et non technologiques. L'ensemble de ces éléments nous permet de considérer la symbiose industrielle comme un milieu « éco-innovateur ».

Dans la section suivante, nous développons une étape supplémentaire de notre raisonnement et mettons l'accent sur le rôle potentiel du milieu éco-innovateur dans la modification de la trajectoire d'un territoire, en favorisant la diversification des activités économiques. Pour ce

faire et au préalable, nous revenons sur la question de la spécialisation des territoires industriels et nous soulignons ses effets potentiellement négatifs sur la performance des territoires (situations de blocage et dépendance de sentier). Nous analysons ensuite le rôle de la diversification comme facteur de développement territorial et nous montrons finalement la contribution de la symbiose industrielle considérée comme un milieu innovateur à la diversification des activités. Les effets positifs que ce milieu éco-innovateur joue sur la genèse de l'innovation et l'attractivité du territoire peuvent en effet favoriser une diversification s'appuyant sur les activités présentes sur le territoire. Nous utilisons pour expliciter notre propos les travaux portant sur la variété reliée (Frenken *et al.*, 2007 ; Boschma, Frenken 2011).

Section 4 : De la spécialisation à la diversification économique du territoire : le rôle du milieu éco-innovateur

Dans cette quatrième section, nous développons l'hypothèse selon laquelle le milieu « éco-innovateur » créé grâce à la mise en place des démarches d'écologie industrielle, peut contribuer à l'orientation de la trajectoire d'un territoire, par le biais en particulier de la diversification des activités économiques. Nous étudions les atouts de la diversification pour le développement territorial. Mais nous analysons d'abord la question de la spécialisation des territoires industriels et ses effets, positifs mais aussi négatifs, sur la performance des territoires (situations de blocage et dépendance de sentier). Nous mettons ensuite l'accent sur la nécessité de développer une diversification des activités, non pas radicale, mais reliée aux activités existantes. On parle alors de variété reliée dans laquelle les secteurs sont reliés à travers une base de connaissances et compétences partagées ou complémentaires. Ainsi, la diversification devient un atout de développement territorial lorsque les activités nouvelles émergent à partir de celles existantes.

Nous étudions par la suite la contribution du milieu « éco-innovateur » au développement d'une variété reliée et au renforcement de l'attractivité du territoire au travers les effets d'agglomération et les économies externes qu'il génère (point 1). Le raisonnement central de notre thèse apparaît ainsi. Cependant ce raisonnement reste un « idéal » et sa mise en œuvre concrète est un processus complexe qui se heurte à de nombreuses difficultés. C'est pourquoi nous développons, à partir de la littérature, les limites auxquelles se heurtent les projets d'écologie industrielle (financières, humaines, réglementaires et institutionnelles, informationnelles et socio-économiques). Celles-ci peuvent freiner l'émergence et le développement de milieux « éco-innovateurs ». Ces difficultés ne sont pourtant pas définitives et peuvent être résolues ou limitées par le développement de certaines pratiques, activités ou formes de coordination adéquates. Ainsi, pour clore ce chapitre nous étudions le rôle de l'apprentissage de nouvelles pratiques, du développement d'activités de service et d'accompagnement par une gouvernance adaptée dans la réduction de ces limites (point 2).

1. Milieu éco-innovateur et diversification économique du territoire : vers une variété reliée

Depuis l'émergence des travaux de Marshall sur l'économie territoriale, les théories qui traitent des dynamiques économiques du territoire se sont multipliées. Ces travaux s'articulent autour des économies d'agglomération prenant appui sur les concepts d'effets d'agglomération et d'économies externes (externalités) de Marshall. L'étude des économies d'agglomération et leur impact sur le développement du territoire prennent une place importante dans ces travaux. Le débat sur la spécialisation et la diversité dans la littérature portant sur les économies d'urbanisation et des économies de localisation montre l'importance et la richesse des théories et cadres conceptuels de ces travaux (Van Oort *et al.*, 2014).

Depuis la publication des travaux de Marshall (1890) et de Jacobs (1969), la littérature sur les économies d'agglomération distingue deux types d'externalités qui se réfèrent principalement aux économies externes générées par la concentration géographique des entreprises (Magrini, Galliano, 2012) : Les externalités de MAR²⁷ « Marshall-Arrow-Romer », issues des économies de localisation, et les « externalités de Jacobs » faisant référence aux économies d'urbanisation. En effet, les économies de localisation sont liées au degré de spécialisation industrielle dans la zone d'implantation des entreprises (Marshall, 1920, Glaeser *et al.*, 1992) et les économies d'urbanisation sont liées à la diversité des activités économiques locales (Jacobs, 1969). L'idée ici est que les territoires diversifiés offrent des avantages différents par rapport aux territoires spécialisés (Neffke *et al.*, 2011 ; Galliano *et al.*, 2015) (1.1). La question qui suscite l'intérêt des différents travaux sur les économies d'agglomération est la suivante : les territoires devraient-ils se spécialiser dans certains produits ou technologies pour réaliser localement des économies d'échelle, des marchés du travail partagés et des relations intrants-extrants ? Ou bien les territoires devraient-ils diversifier leurs activités économiques ? « De nombreuses études tentent de trouver la réponse définitive à la question « Qui a raison : Marshall ou Jacobs? » » (Van Oort *et al.*, 2014, p.3).

Ce questionnement a conduit à l'émergence d'un nouveau courant de pensée développé par les chercheurs de la nouvelle économie géographique évolutionniste (Frenken *et al.*, 2007 ; Boschma, Frenken 2011 ; Boschma, Gianelle, 2014). En relevant les limites de ces deux approches (spécialisation vs diversité), les chercheurs de ce courant avancent l'idée selon laquelle ce n'est ni la diversité territoriale (qui peut impliquer une distance cognitive importante

²⁷ Selon l'expression de Glaeser *et al.*, 1992

entre les entreprises locales) qui stimule le développement local, ni la spécialisation des activités (qui peut créer une situation de dépendance de sentier), mais une diversification fondée sur une variété reliée. Elle se traduit par l'émergence de nouvelles activités à partir de la base de connaissance et de compétences locales (Asheim, *et al.*, 2011). Dans la présente thèse, nous nous situons dans cette ligne de pensée. Nous considérons que le milieu « éco-innovateur » issu de la mise en place de l'écologie industrielle peut aboutir au développement d'une diversification reliée sur le territoire (1.2).

1.1. Spécialisation versus diversification pour une modification de la trajectoire territoriale

1.1.1. La spécialisation industrielle : externalités de « MAR » et développement territorial

Les travaux qui portent sur les dynamiques des économies de localisation mettent en avant le lien entre spécialisation industrielle et croissance économique (Marshall, 1920 ; Arrow, 1962 ; Romer, 1986). Ils développent une approche selon laquelle les externalités issues de la spécialisation sont favorables à la productivité. Ces externalités de MAR « Marshall-Arrow-Romer » sont de nature intra-industrielle et résultent du partage des intrants et de la concurrence intra-branche. Elles découlent de la présence d'un grand nombre d'entreprises d'un même secteur productif dans un même endroit. En effet, « le processus de spécialisation se fonde sur une structure organisationnelle forte (du type grand donneur d'ordres/sous-traitants) du tissu économique local dominée par une activité industrielle ou un produit. Le processus par lequel le tissu économique se structure est fondé sur une logique industrielle favorisant la concentration géographique d'activités complémentaires » (Gilly, Lung, 2005, p.12). Une économie est considérée comme fortement spécialisée lorsque qu'un nombre réduit d'industries concentrées dans le même espace détiennent une position importante dans l'ensemble de cette économie (c.-à-d. qu'elles génèrent une part élevée du PIB) (OCDE, 2011).

Les avantages liés aux externalités de spécialisation touchent directement la productivité des firmes. Les économies d'agglomération intra-industrielles permettent la constitution d'un réseau dans lequel les entreprises tissent des liens en amont et en aval spécifiques au secteur (Bernard *et al.*, 2003). Ces dernières bénéficient d'un pool de main-d'œuvre spécialisée, d'un nombre important de fournisseurs et / ou de sous-traitants, d'infrastructures et organisations de soutien sectoriel et d'un nombre important de clients. De plus, la circulation et la transmission de l'information sur les caractéristiques des marchés et les besoins des consommateurs,

deviennent plus pertinentes et plus fluides au sein d'un même secteur. Les économies de localisation, qui sont externes à la firme mais internes à un secteur industriel concentré dans un territoire, conduisent ainsi à la baisse des coûts liés aux activités de production, à l'augmentation de la production et à la création d'économies d'échelle. Les externalités issues de spécialisation favorisent également la diffusion des connaissances (*knowledge spillovers*) entre les entreprises d'une même industrie. Cette approche appliquée par Marshall (1890) aux villes, montre que la concentration d'une industrie dans une ville contribue à la diffusion des connaissances entre les entreprises, engendrant ainsi la croissance de cette industrie et donc de cette ville. Les connaissances sont diffusées entre les entreprises grâce à l'imitation, la veille concurrentielle et la mobilité de la main-d'œuvre hautement qualifiée (Glaeser et *al.*, 1992).

La théorie de « Marshall-Arrow-Romer » soutient l'idée selon laquelle la spécialisation contribue au renforcement du pouvoir monopolistique (et donc la dominance d'un secteur d'activité spécifique). Celui-ci, contrairement à la compétition locale, serait favorable à la croissance d'une industrie et au développement de l'innovation grâce à l'internalisation des externalités. En effet, la diffusion des connaissances dans des industries spécialisées, géographiquement concentrées, stimule la croissance (Porter, 1990).

Du point de vue de l'ouverture des frontières sur l'extérieur, la spécialisation peut être un atout majeur de compétitivité pour les territoires qui offrent des produits dont la demande internationale est élevée (Amable, 2000 ; Bagoulla, 2006 ; Prager, 2015). Elle peut être source d'avantages comparatifs, principalement pour les territoires qui se spécialisent dans des secteurs à forte valeur ajoutée (secteurs à forte intensité technologique). Busson et Villa (1994, p. 9) considèrent la spécialisation comme facteur de croissance : d'une part lorsqu'un pays se spécialise dans les secteurs qui présentent des avantages liés à leur dotation factorielle, on parle ici de spécialisation de type Heckscher-Ohlin (spécialisation interbranche), et d'autre part lorsqu'un pays se spécialise dans des produits plus spécifiques pour se créer des niches et profiter des rendements d'échelle, on parle ici de spécialisation de type intra-branche.

La spécialisation d'un territoire dans un type d'activité économique spécifique découle le plus souvent des décisions des politiques publiques. Il s'agit d'un processus développé de manière coordonnée visant le développement et la croissance économique dudit territoire. La spécialisation de certains pays développés dans le domaine industriel est issue de l'intervention et la planification des politiques publiques. C'est notamment le cas de la France, sur lequel nous

reviendrons dans le troisième chapitre, qui a adopté une politique de planification indicative pour la restructuration de l'industrie dans le pays.

Les territoires spécialisés dans les industries de base par exemple ont connu une croissance économique importante au cours du 20^{ème} siècle (Prager, 2015). Les externalités issues de la spécialisation ont permis l'augmentation de la productivité par la création d'économies d'échelle et la diffusion de connaissances dans ce type de territoire. Cependant la spécialisation d'un territoire ne représente pas en soi un facteur favorable ou défavorable à la croissance²⁸ (Prager, 2015). Certains auteurs qualifient les externalités de spécialisation de statiques (Henderson *et al.*, 1995). Elles permettent le développement d'une économie locale équilibrée avec des relations de production (input-output) stables entre les entreprises, mais sans développement dynamique de produits et donc avec des dynamiques d'innovation faibles. C'est le cas notamment des territoires industriels spécialisés dans l'industrie lourde, qui, à cause des crises et du déclin des secteurs dans lesquels ils sont fortement spécialisés, font actuellement face à de nombreux défis (pertes d'emplois, fermetures d'usines, etc.).

De nombreuses études empiriques en économie appliquée ont mis en avant les effets négatifs de la spécialisation du tissu productif sur la croissance notamment, de l'emploi (Glaeser *et al.*, 1992 ; Gaulier, 2003 ; Bagoulla, 2006 ; Busson, Villa, 1994). Un degré extrême de spécialisation des territoires pourrait les exposer à des chocs asymétriques, principalement lorsqu'il s'agit d'une spécialisation dans des secteurs à faible valeur ajoutée et peu porteurs de la demande mondiale ou bien dans des secteurs en crise, « les territoires spécialisés dans des secteurs en déclin, et présentant des difficultés d'adaptation aux technologies émergentes, sont souvent perdants dans le progrès technique » (Prager, 2015, p. 34). Cela peut entraîner le territoire en situation de stagnation et augmenter le taux de chômage.

Dans un rapport destiné au Président de la République Française, intitulé *Pour une nouvelle politique industrielle*, Beffa (2005) met l'accent sur l'impact négatif de la spécialisation de la France dans les secteurs à faible valeur ajoutée (notamment, les industries de base) et sa relation avec l'affaiblissement de l'industrie française. Ce recul par rapport aux pays industrialisés est le résultat du faible investissement dans la recherche et développement, « qui semble lié, non à son insuffisance au sein de chaque secteur d'activité, mais à une trop forte spécialisation dans

²⁸ Selon Carré et Levratto (2012) « il faut se méfier de toute relation mécanique entre spécialisation et performance territoriale. La spécialisation n'est pas forcément source de coopération entre les acteurs qui est nécessaire à la constitution de réseaux » (p. 1).

des industries de basse technologie » (Beffa, 2005, p.17). En effet, la spécialisation industrielle en France est liée aux secteurs « anciens », elle regroupe des leaders mondiaux dans les industries de base comme les matériaux de base avec l'acier, le ciment ou le verre, les secteurs de l'aéronautique, etc., mais possède un nombre moins important d'entreprises dans les secteurs de haute technologie. Cela peut être rapproché de l'industrialisation forcée de certains territoires français et l'application de la théorie des pôles de croissance, qui ont renforcé la spécialisation industrielle en France autour des industries motrices. En effet, dans les années 1970, la crise économique qui a marqué la France, a eu des impacts négatifs sur les activités industrialo-portuaires avec l'épuisement de la norme dite fordiste (Ziel, 1998). L'industrie de base a été touchée par une réduction de la demande liée à la baisse de la production et de la consommation de masse qui ont caractérisé la période des Trente Glorieuses. Dans ce contexte de crise, les unités motrices ont engendré des effets de stoppage dans certains territoires. Lors de cette période et pour faire face à la concurrence internationale la politique industrielle soutient des secteurs d'avenir et abandonne d'autres secteurs en crise. Cela a provoqué une crise de spécialisation industrielle, les territoires industrialo-portuaire sont devenus dépendants des activités d'industries lourde de ces unités motrices et ont connu un taux de chômage très fort.

Le processus de spécialisation peut créer des effets de blocage au niveau de l'économie locale. Dans un territoire industriel caractérisé par des externalités de spécialisation, les multiples échanges entre les différents acteurs (entreprises, institutions...) permettent de construire une base de connaissances et de compétences partagée, liée à la nature et aux besoins des activités économiques de ce dernier. Cette base de connaissances peut d'un côté contribuer à sa dynamique et son développement (productivité, économies d'échelle, réduction des coûts...) et d'un autre côté créer une situation de blocage (*lock-in*) et de dépendance de sentier. Elle peut, en effet, devenir un obstacle au développement, lorsqu'elle freine le changement en favorisant la « conformité » (Portes, Landoldt, 1996). Les entreprises peuvent notamment, négliger de nouvelles opportunités de progrès (nouvelles technologies, nouvelles expériences, etc.) (Laperche, Perrin Boulonne, 2017). Cette situation peut être exprimée par la notion de dépendance de sentier, qui met en avant l'impact des décisions et investissements choisis dans le passé, qui ont cessé d'être optimaux ou rationnels, sur les actions/décisions futures (Boschma, Frenken, 2006 ; Martin, 2011).

Une situation de dépendance de sentier peut être engendrée par plusieurs types de blocages liés aux externalités de spécialisation. Grabher (1993), en distingue trois : fonctionnels, cognitifs et

politiques. Les blocages fonctionnels (*functional lock-in*) résultent de la stabilité et la force des relations entre les acteurs faisant partie d'un même réseau ou d'un même secteur d'activité, qui réduisent l'opportunité de tisser de nouveaux liens et qui font que de nouvelles ressources sont mal identifiées et utilisées. Ces blocages fonctionnels sont intensifiés par des blocages cognitifs (*cognitive lock-in*) dans la mesure où les acteurs partagent les mêmes idées, ce qui renforce leur enfermement. Enfin, les blocages politiques (*political lock-in*) sont le résultat d'un processus de développement économique se déroulant selon des trajectoires historiques soutenues par des relations de coopération entre les différents acteurs : entreprises (industries), État, associations, etc.

Les travaux récents sur les dynamiques des territoires tendent à donner une place préférentielle aux notions de diversité (externalités de type Jacobs) et de variété des activités économiques comme facteurs de croissance et de compétitivité (Jacobs, 1969 ; Glaeser et *al.*, 1992 ; Henderson, 1997). La spécialisation devient fonctionnelle (elle concerne le management et la gestion de la production) plus que sectorielle (c'est-à-dire dans un secteur d'activité particulier par rapport à un autre) (Duranton, Puga, 2005 ; Hummels, Klenow, 2005).

1.1.2. La diversification industrielle : externalités de Jacobs et développement territorial

À l'opposé des économies de localisation (externalités de « Marshall-Arrow-Romer ») qui entraînent la concentration de firmes d'un même secteur d'activité en un même lieu géographique, l'approche de Jacobs, dénommée aussi « externalités de type Jacobs », associe diversification industrielle et croissance territoriale (encadré 5). Ces externalités résultent de la diversité des activités économiques, qui selon les travaux sur les dynamiques des territoires, est source d'innovation (Jacobs, 1969 ; Glaeser *et al.*, 1992 ; Henderson, 1997). Les externalités de diversification sont issues des économies d'urbanisation (Ohlin, 1933, Hoover, 1937). Celles-ci couvrent les avantages liés à la densité et la taille de l'économie locale. Elles sont générées par la présence d'un grand nombre de secteurs d'activité et de services dans le territoire et représentent des activités externes à la firme et externes au secteur auquel appartient la firme.

Les externalités intersectorielles issues de la diversification industrielle, sont qualifiées de dynamiques (Glaeser *et al.*, 1992) dans la mesure où les fertilisations croisées entre compétences et ressources diverses stimulent l'innovation. Pour Jacobs (1969), l'échange des

idées et technologies entre les différents acteurs à l'intérieur d'un territoire diversifié est plus important et donc la diffusion de connaissances devient plus facile. Ce territoire offre en effet un ensemble de ressources permettant la production et l'adoption rapide de l'innovation. Les entreprises de diverses industries peuvent bénéficier : d'un nombre plus large de fournisseurs et de clients ; des facilités et des biens publics ; d'une diversité au niveau des compétences de la main-d'œuvre ; d'un accès aux marchés internationaux ; des intrants intermédiaires ; et d'une infrastructure importante. En ce sens, Jacobs (1969) met l'accent sur l'importance de la diversité industrielle plutôt que la spécialisation pour la croissance et le développement économique : « plus le nombre et la variété des divisions du travail déjà réalisées dans une économie sont grands, plus la capacité inhérente de l'économie à ajouter encore plus de types de biens et de services est grande. Aussi, les possibilités augmentent pour combiner les divisions existantes du travail de nouvelles manières » (Jacobs, 1969, p. 59, traduit par nous). Les externalités technologiques issues de la diversification, se diffusent dans l'ensemble du tissu économique du territoire et non seulement au sein d'un seul secteur d'activité. Cela permet la création de nouvelles opportunités et de nouvelles combinaisons (une idée peut être appliquée dans plusieurs secteurs différents) (Jacobs, 1969 ; Jacobs, 1984).

Encadré 5 : Les types d'externalités

Les externalités de MAR « Marshall-Arrow-Romer » (économies de localisation) : ce sont des effets d'agglomération issus de la spécialisation industrielle. Ils favorisent la stabilité de l'économie locale mais génèrent des dynamiques d'innovation faibles. Ils sont qualifiés d'externalités statiques (Marshall, 1920 ; Arrow, 1962a ; Romer, 1986).

Les externalités de Jacobs (économies d'urbanisation) : ce sont des effets d'agglomération issus de la diversification industrielle. Ils favorisent la fertilisation croisée entre compétences et ressources diverses et génèrent des dynamiques d'innovation fortes. Ils sont qualifiés d'externalités dynamiques (Jacobs, 1969 ; Glaeser *et al.*, 1992 ; Henderson, 1997).

Jacobs (1969) estime que la concurrence locale est favorable à la croissance. Pour cet auteur, les industries situées dans des zones fortement industrialisées, composées d'activités variées, devraient croître plus rapidement. La présence d'un nombre important d'entreprises renforce les économies d'agglomération qui accélèrent l'adoption de la technologie et de l'innovation, contrairement au pouvoir monopolistique qui favorise la création de barrières à l'entrée.

De nombreux travaux sur la dynamique économique des territoires soutiennent la théorie de Jacobs (Fujita *et al.*, 2001) ; Glaeser *et al.*, 1992 ; Henderson *et al.*, 1995). En effet, différentes études empiriques ont montré l'intérêt de la diversification pour le territoire et son rôle dans l'émergence de nouvelles activités (notamment les activités à haute valeur ajoutée créées grâce à la combinaison des ressources issues de la diversité). Les travaux portant sur la nouvelle économie géographique et la synthèse « économie géographique croissance » mettent également l'accent sur le rôle de la diversité (Krugman, 1991 ; Krugman, Venables, 1995 ; Martin, Ottaviano, 1999) dans la dynamique d'innovation et la création d'externalités positives (technologiques notamment).

Les analyses récentes de l'économie géographique évolutionniste mettent en avant l'importance des externalités de diversification (de type Jacobs) dans le développement et la croissance (Frenken *et al.*, 2007 ; Boschma, Frencken, 2011 ; Boschma, Gianelle, 2014). Toutefois, Boschma et Iammarino (2007) considèrent qu'ils existent deux lacunes dans la littérature sur cette question. D'une part, ils se posent la question de la possibilité de l'émergence de retombées de connaissances entre des secteurs qui ne sont pas liés. Ils estiment que les travaux sur la diversification et les économies d'agglomération sont principalement impliqués dans l'identification des retombées de connaissances localisées et négligent la dimension fonctionnelle des processus de connaissance. D'autre part, Frenken *et al.*, (2007) mettent en avant le fait que, confusément, la notion d'externalités de Jacob couvre deux effets différents en même temps : les retombées de connaissances et les effets de portefeuille²⁹, sans les séparer analytiquement, bien qu'ils impliquent des effets économiques différents. Pour ces auteurs, il est essentiel de distinguer entre différentes formes de variété régionale. Ils proposent la notion de variété connexe/reliée (Boshcma, Iammarino 2007). Nous nous intéressons particulièrement, dans le point qui suit, à cette notion pour expliquer l'importance de la diversification reliée dans la dynamique des territoires industriels (1.2.1). Nous étudions par la suite les mécanismes par lesquels le milieu « éco-innovateur » peut contribuer à la modification de la trajectoire d'un territoire vers une diversification fondée sur la variété reliée (1.2.2).

²⁹ Les effets de portefeuille sont issus de la diversification des activités dans un but de réduire les risques et les chocs liés au chômage.

1.2. La variété reliée et rôle du milieu éco-innovateur dans la diversification des activités économiques

1.2.1. Variété reliée et spécialisation intelligente : définitions

Les travaux de l'économie géographique évolutionniste étudient les mécanismes par lesquels les économies régionales se diversifient au fil du temps. Ils mettent en avant le rôle crucial de la diversité des activités économiques dans le développement de nouvelles trajectoires de croissance (Boschma, 1999, 2004 ; Frenken *et al.*, 2007 ; Boschma, Frenken 2011 ; Boschma, Gianelle, 2014). Leurs travaux cherchent à comprendre pourquoi certains territoires produisent un type spécifique de connaissance plutôt qu'un autre, et montrent que la création de nouvelles connaissances repose sur une base de connaissances déjà existantes dans ces territoires (Boschma, Frenken, 2011). Dans ce sens, ils estiment que le processus de diversification régionale permet l'émergence de nouvelles activités à partir de celles existantes. Ils introduisent ainsi le concept de « variété connexe/reliée » (*related variety*).

La variété connexe se définit comme « des secteurs qui sont reliés en termes de compétences partagées ou complémentaires. En d'autres termes, un certain degré de proximité cognitive est nécessaire pour assurer une communication efficace et un apprentissage interactif, sans être trop extrême, pour éviter un blocage cognitif » (Boschma et Immarino 2009, p, 5, traduit par nous). Les auteurs mettent en avant l'importance de la proximité cognitive dans la diffusion des externalités de connaissance : « de manière analogue aux économies d'envergure au sein de la firme, on peut s'attendre à ce que la diffusion de connaissance au sein d'un territoire ait lieu principalement au sein de secteurs connexes, et dans une moindre mesure au sein de secteurs non reliés entre eux » (Frenken *et al.*, 2007, p. 688)³⁰. Le concept de variété connexe est défini à la fois par la similarité entre produits ou entre connaissances et la complémentarité des produits ou des connaissances. Selon Ellawanger et Boschma (2013), le caractère connexe des activités industrielles peut faire référence à la fois à des activités économiques similaires ou complémentaires. Ainsi, les connaissances sont transférées incorporées et recombinaées plus facilement et plus intensément lorsque les territoires sont caractérisés par une variété connexe qui repose sur le partage de compétences similaires ou complémentaires (Boschma, Gianelle, 2014).

Les études empiriques sur la variété connexe ont montré que cette dernière influe positivement la dynamique de l'emploi d'un territoire (Frenken *et al.*, 2007 ; Boschma, Immarino 2009 ;

³⁰ Citée par Laperche et Perrin (2017)

Mameli et al., 2012). Pour enrichir leurs conclusions, les auteurs comparent les effets de la variété reliée et de la variété non reliée (en anglais *unrelated variety*) (externalités de diversification de type Jacobs) couvrant des secteurs qui ne partagent pas forcément des compétences similaires/complémentaires. En analysant le cas des Pays-Bas, Frenken *et al.*, (2007) affirment que la présence d'une variété connexe élevée dans un territoire industriel favorise la création d'opportunités d'apprentissage pour les entreprises locales et contribue à une forte croissance de l'emploi. La variété non reliée, quant à elle, génère un effet de portefeuille permettant l'amortissement des chocs spécifiques à l'industrie et la stabilisation des économies régionales à travers la réduction du taux de chômage. D'autres études, notamment sur l'Italie (Boschma, Iammarino 2009; Mameli *et al.*, 2012), la Grande-Bretagne (Bishop et Gripiaios, 2010), la Finlande (Hartog et al., 2012), l'Espagne (Boschma et al., 2012) etc., confirment ces résultats.

Pour mesurer la contribution de la variété connexe au développement économique du territoire, Boschma et Immarino, (2009) étudient - par le biais d'une analyse descriptive - le cas du territoire d'Emilie Romagne en Italie. Il s'agit d'un territoire doté d'une base de connaissances importante en ingénierie. Après la Seconde Guerre mondiale, de nombreux secteurs nouveaux ont émergé de cette base de connaissances (industrie de l'emballage à Bologne, le secteur des carreaux de céramique à Sassuolo, les constructeurs automobiles de luxe à proximité de Modena etc.). Ces secteurs ont participé au développement de cette base de connaissances mais aussi à son renouvellement, renforçant ainsi la compétitivité de ce territoire.

D'autres travaux basés sur des analyses quantitatives des portefeuilles de brevets étudient la relation entre variété connexe et développement territorial (Leten *et al.*, 2007 ; Boschma *et al.*, 2014). En effet, les résultats d'une étude menée par Boschma et al, (2014) dans 366 villes des États-Unis de 1981 à 2010, indiquent que « la probabilité d'entrée d'une nouvelle technologie dans une ville augmente de 30% lorsque le niveau de parenté/connexité avec les technologies existantes dans la ville augmente de 10%, tandis que la probabilité de sortie d'une technologie existante diminue de 8% » (2014, p.223)³¹. Ils montrent ainsi, que la parenté technologique au niveau de la ville peut être une force motrice du changement technologique. Toutefois, les auteurs estiment que cela n'est pas systématiquement le cas pour toutes les nouvelles

³¹ "Based on a three-way fixed-effects model, we find that the entry probability of a new technology in a city increases by 30% if the level of relatedness with existing technologies in the city increases by 10%, while the exit probability of an existing technology decreases by 8%".

technologies. Certaines nouvelles technologies ne sont pas liées à d'autres. Enfin, Essletzbichler (2015) étudie la variété reliée en utilisant d'autres indicateurs notamment, l'analyse de l'intensité des liens entre les industries. Ces études partagent un même résultat selon lequel un degré important de parenté/connexité des activités économiques conduit à la dynamisation du territoire (Boschma *et al.*, 2014).

Les travaux évolutionnistes montrent ainsi que la variété connexe permet aux territoires de se lancer dans de nouvelles trajectoires de croissance à travers la diversification dans des domaines d'activités nouveaux mais complémentaires basés sur un socle de connaissances pré-existant. Ces travaux sont considérés comme une base favorisant la mise en place d'une politique de « spécialisation intelligente » (Boschma, Gianelle, 2014).

La spécialisation intelligente (*smart specialization*) repose sur la mise en place d'une politique d'innovation permettant le développement et la croissance de l'économie régionale et basée sur une intervention ciblée. C'est « un concept de politique d'innovation destiné à promouvoir l'utilisation efficiente et efficace de l'investissement public dans la recherche » (Heimeriks, Balland, 2015, p.2). Son objectif est de stimuler l'innovation à l'échelle du territoire permettant la croissance économique à partir des forces et atouts du territoire (Foray *et al.*, 2009) : « Les territoires ne peuvent pas être bons dans tous les domaines. Ils doivent se concentrer sur ce qu'ils font de mieux - sur leur avantage comparatif » (Heimeriks, Balland, 2015, p.2 et 3). Il s'agit d'un cadre stratégique régional qui favorise la concentration des ressources publiques dans des activités particulières.

L'idée est de prioriser et de soutenir de manière préférentielle des activités économiques en particulier, potentiellement prometteuses en termes de découverte, de retombées de connaissances et de changements structurels (Foray *et al.*, 2009). Selon Foray (2013) ces activités peuvent couvrir une nouvelle technologie, discipline, domaine ou sous-système. Elles doivent générer des économies d'échelle et d'agglomération et favoriser des processus d'apprentissage. La spécialisation intelligente s'appuie sur deux éléments fondamentaux : ce sont les activités qui sont visées par la spécialisation intelligente (ni les secteurs proprement dits, ni une seule entreprise), et ce sont les acteurs privés qui détectent les opportunités entrepreneuriales (processus de découverte entrepreneuriale) (Héreaud, 2017) notamment les opportunités technologiques et commerciales, et non les pouvoirs publics (OECD, 2013). La planification publique joue plutôt un rôle dans l'orientation des secteurs privés par la mise en

place de méthodes et des moyens assurant les conditions nécessaires à la découverte entrepreneuriale (elle aide les décideurs à identifier les domaines souhaitables) (Foray, 2013).

Le processus de spécialisation intelligente implique (Foray, 2014, p, 9) : a) l'identification des points focaux permettant la « connectivité » entre la recherche et l'industrie (ou l'agriculture ou les services) qui est cruciale à l'émergence d'une nouvelle activité ; b) le soutien de ces nouvelles activités en favorisant la création de réseaux/clusters et en assurant la coordination entre investissements complémentaires associés à cette nouvelle activité ; c) et l'évaluation du progrès (efficacité de la R&D, capacités d'innovation, changements structurels...). Les résultats de ce processus devraient donc être bien plus qu'une « simple » technologie mais des activités/projets innovants qui complètent les actifs productifs existants et qui participent à la croissance de l'économie locale dans son ensemble. L'intervention publique ne devrait plus viser les grands gagnants (industrie motrice) et la spécialisation dans des secteurs en déclin.

Selon Boschma et Gianelle (2014), une politique de spécialisation intelligente génère une diversification spécialisée dans des technologies connexes est donc une variété connexe. En effet, différentes logiques de diversification connexes peuvent être identifiées (Foray, 2013) : **a)** une logique de transition qui se caractérise par l'émergence d'un nouveau domaine à partir d'un bien commun industriel existant (R & D, ingénierie et capacités de fabrication qui soutiennent l'innovation) ; **b)** une logique de modernisation qui renvoie à l'impact d'une nouvelle technologie sur l'efficacité et la qualité d'un secteur existant/traditionnel ; **c)** et une logique de diversification qui concerne l'identification de synergies potentielles profitables à partir de la combinaison d'une activité existante et d'une nouvelle activité.

En général, la spécialisation intelligente permet de développer à partir de l'histoire et des ressources locales des territoires, de nouvelles activités économiques connexes permettant de modifier la trajectoire du territoire.

En définitive, les travaux sur la variété reliée avancent l'idée selon laquelle les nouvelles activités doivent émerger des ressources et compétences locales. Les nouvelles activités doivent être liées aux secteurs existants. Ces travaux sont une base permettant aux politiques publiques de soutenir les opportunités porteuses d'externalités favorisant le développement des dynamiques d'innovation sur le territoire. En s'appuyant sur les notions de variété connexe, nous considérons dans ce travail que l'écologie industrielle qui est source de création de synergies éco-industrielles à partir des activités locales, peut contribuer à une diversification

des territoires. Par quels mécanismes l'écologie industrielle peut-elle être un outil de variété reliée ? Quels est le rôle du milieu « éco-innovateur » dans cette diversification ? Notre objectif est de répondre à ces questions dans le point suivant.

1.2.2. Milieu éco-innovateur et diversification du territoire : vers une variété reliée

Le milieu « éco-innovateur » se caractérise par l'articulation des formes de proximité (géographique, organisationnelle et cognitive). En effet, les formes de proximité jouent un rôle important dans le maintien et le développement des synergies éco-industrielles. La diminution de la distance géographique entre les acteurs permet la réduction et la maîtrise des coûts de transport et facilite la collecte et la mutualisation des déchets (circulation des flux de matières, vapeur, eaux...). La proximité organisationnelle permet une meilleure coordination des relations qui lient les acteurs autour des échanges de flux. Elle facilite l'action collective et permet la réduction des coûts de transaction notamment liés à la recherche de partenaire. Dans sa dimension institutionnelle, la proximité permet de faire face aux contraintes réglementaires et instaure un climat de confiance entre les acteurs. La proximité cognitive joue également un rôle important, dans la mesure où le partage et la diffusion de l'information, de connaissances et de bonnes pratiques sont essentiels à la mise en place des démarches d'écologie industrielle. L'articulation de ces formes de proximité dans la symbiose industrielle permet de générer des effets d'agglomération à l'origine d'externalités positives.

Les externalités dans le milieu « éco-innovateur » sont à la fois statiques, issues notamment de la spécialisation des compétences, des infrastructures développées en commun, etc. ; mais elles sont aussi dynamiques du fait de la diversification des activités. Le milieu éco-innovateur peut prendre ici la forme d'une organisation « agile » du territoire.

La notion d'agilité a principalement été développée, dans un premier temps, dans les entreprises. La littérature sur l'agilité, porte essentiellement sur les questions d'organisations des entreprises. Elle est perçue comme une nouvelle forme d'organisation permettant aux entreprises de se développer dans un environnement en mutation continue. Trois notions sont au cœur de l'agilité : la réactivité, la flexibilité et l'adaptabilité (Sharifi, Zhang, 1999 ; Lindberg, 1990 ; Kidd, 1994). L'agilité est ainsi définie comme l'aptitude d'une entreprise à répondre avec flexibilité, réactivité et différenciation aux changements de son environnement (Brazi, 2011). Celle-ci repose sur un système de partage d'informations et de connaissance

permettant la mise en place d'une coordination efficace (Badot, 1998 ; Dove, 1999). Goldman *et al.*, (1995), définissent l'agilité de manière globale comme la capacité d'une entreprise à s'adapter de manière rapide et permanente à la complexité, l'incertitude et au changement de son environnement, grâce à d'importantes capacités d'anticipation, d'innovation et d'apprentissage.

Les travaux de la géographie économique évolutionniste sont développés en s'appuyant sur les travaux sur l'évolution de la firme (Boschma, 2004 ; Boschma, Frenken, 2006). Ces derniers trouvent leurs fondements dans la théorie évolutionniste de la firme introduite par Richard Nelson et Sidney Winter en 1982. L'évolution de la firme repose en effet, sur ses routines organisationnelles qui sont définies « comme des modèles d'interactions qui constituent des solutions efficaces à des problèmes particuliers » et qui représentent pour la firme des « actifs spécifiques » (cité par Laperche, Uzunidis, 2011, p., 165). Elles sont engendrées par un processus d'apprentissage basé sur un ensemble d'expérimentations, essais, erreurs et imitations. Ce dernier détermine la trajectoire d'évolution de la firme et peut l'engager dans une situation de dépendance de sentier. L'agilité étant une nouvelle forme organisationnelle, elle touche principalement les routines en les modifiant (en les rendant plus flexibles) contribuant ainsi à la modification de la trajectoire de l'entreprise.

De même que les développements évolutionnistes portant sur la firme (routine, trajectoire, dépendance de sentier) ont été appliqués au territoire, en particulier par la géographie économique évolutionniste, il nous semble pertinent d'utiliser le concept d'agilité pour comprendre la dynamique territoriale. En effet, Boschma et Frenken, (2009) mettent en avant, non seulement la dépendance de sentier des firmes, mais aussi leur « dépendance à l'espace » pour expliquer l'existence d'une dynamique de coévolution entre firmes et territoires³². Ils considèrent que les territoires, comme les firmes, sont marqués par des routines qui évoluent de manières orthogonales à celle des firmes (Boschma, Frenken, 2009). Ainsi, il est possible de considérer que l'agilité peut concerner le territoire. Celle-ci est liée aux routines accumulées par le biais du processus d'apprentissage développé au sein de ce dernier. Les routines permettront au territoire et à ses acteurs de faire preuve de flexibilité, de réactivité face aux

³² Ter Wall et Boschma (2011) ont étudié la coévolution des firmes et des clusters. En parlant des clusters les auteurs font référence « à la vaste littérature sur les clusters, les districts industriels, les milieux innovateurs, les systèmes régionaux d'innovation et les régions apprenantes publiée depuis les années 1980 » (p. 920).

comportements des offreurs et des demandeurs ou aux chocs externes et de se différencier par rapport aux autres territoires.

La trajectoire d'un territoire peut s'expliquer, en cohérence avec la théorie évolutionniste (Nelson, Winter, 1982 ; Boschma, Frenken, 2006), par les ressources et compétences accumulées au cours de son histoire industrielle. Celles-ci forment des actifs utilisables par les acteurs économiques, qui favorisent mais aussi encadrent voire contraignent leur développement. Ces actifs sont spécifiques³³ au sens où ils sont difficilement redéployables dans d'autres contextes (Laperche *et al.*, 2011). Il est possible de relier ces actifs spécifiques, aux externalités de spécialisation (externalité de « Marshall, Arrow, Romer ») dans la mesure où ils se matérialisent sous forme d'infrastructures et de compétences spécialisées. Cependant au cours de l'évolution de la trajectoire, d'autres actifs peuvent se développer, notamment des actifs secondaires, sous l'impulsion des stratégies économiques et des politiques menées. Ces actifs secondaires, qui se déploient le long de la trajectoire, se différencient de ceux déjà accumulés (il peut s'agir d'infrastructures nouvelles et plus perfectionnées, de plus hautes qualifications par exemple). Ils sont liés aux externalités de diversification (externalités de Jacobs). La distinction entre ces types d'actifs réside dans le fait que les actifs spécifiques permettent au territoire de protéger son avantage comparatif et d'assurer sa position. Tandis que, les actifs secondaires peuvent être considérés comme les actifs préalables au changement (Laperche *et al.*, 2011).

Au sein d'un milieu éco-innovateur les entreprises peuvent bénéficier d'économies d'échelle externes – économies en termes de coût du travail, flux de matières/énergie, sous-produit et d'une base de connaissance commune diversifiée³⁴. Ceci peut en effet renforcer leur flexibilité, réactivité et leur capacité d'adaptation et justifie leur maintien ou leur développement (investissement) sur place. Ces externalités positives renforcent les routines de l'ensemble des acteurs insérés (non seulement les entreprises mais aussi les institutions, associations, centres de recherches...) dans le milieu « éco-innovateur ».

³³ « La spécificité d'un actif se définit en référence au degré avec lequel un actif peut être redéployé pour un autre usage ou par d'autres utilisateurs sans perte de sa capacité de production » (Williamson, 1994, p. 94).

³⁴ Partage de connaissances et compétences similaires ou complémentaires, apprentissage collectif, externalités éco-technologiques, infrastructures communes comme les réseaux de communication, etc.

Le milieu éco-innovateur a ainsi un effet positif sur la stabilisation des activités économiques existantes (au sens où les entreprises, souvent promptes à la délocalisation, peuvent être incitées à maintenir leurs activités sur place) et sur l'émergence de nouvelles formes d'innovation. Ces externalités sont diffusées sur l'ensemble du tissu économique du territoire et non seulement au sein d'un seul secteur d'activité dans la mesure où les échanges de flux de matière/énergie et l'établissement de synergies éco-industrielles permettent de relier des entreprises de différents secteurs.

Par conséquent, c'est l'ensemble de l'attractivité du territoire qui peut être renforcée par la mise en œuvre de stratégies d'écologie industrielle, comme le montre le schéma ci-dessous. Une meilleure attractivité, c'est-à-dire « la capacité d'un territoire à être choisi par un acteur comme zone de localisation (temporaire ou durable) pour tout ou partie de ses activités » (Poirot, Gérardin, 2010, p. 27), pourra permettre la diversification économique par la création de nouvelles filières (comme des filières de traitement de déchets et de transformation de ceux-ci en matières premières utilisables par d'autres) ou bien par la création de nouvelles activités de services liées à la mise en place de l'écologie industrielle (prestataires de service : transport de déchets, logistique ; services d'aide à la décision : conseil, juriste, ingénieurs ; services larges de formation...).

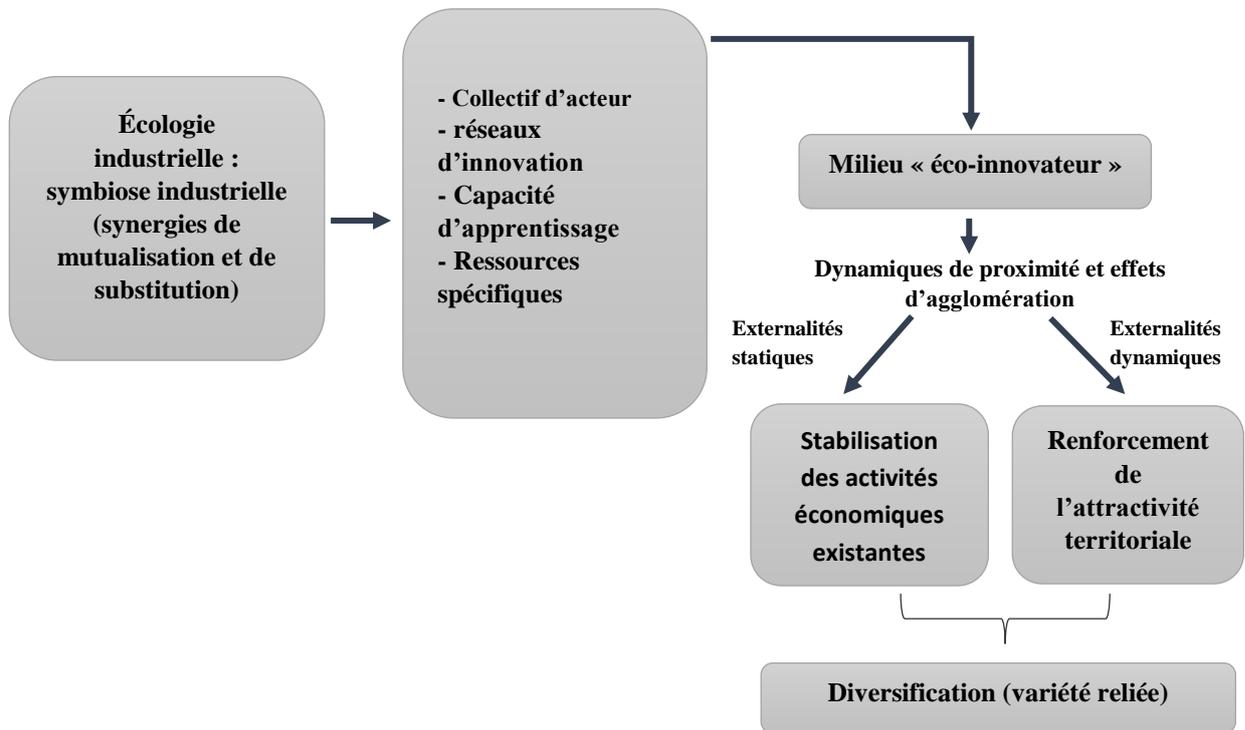
De plus, de nouvelles entreprises sont créées ou s'installent sur le territoire pour profiter de ces externalités et actifs spécifiques (flux de matières, infrastructures, base de connaissance et de compétences etc.). Ainsi, selon nous, les externalités issues du milieu éco-innovateur, et donc de la symbiose industrielle, pourront être à l'origine d'une plus forte attractivité. Mais la particularité du milieu éco-innovateur est que les flux caractéristiques de l'écologie industrielle (flux de substitution, flux de mutualisation) peuvent permettre de relier les entreprises nouvelles qui cherchent à s'installer et les anciennes (celles qui font partie de la symbiose industrielle). La symbiose industrielle peut ainsi être à l'origine d'une variété reliée, et les flux de substitution et de mutualisation entre entreprises nouvelles et existantes peuvent être considérés comme les indicateurs de variété reliée (habituellement, comme nous y reviendrons plus précisément dans la deuxième partie, la variété reliée est mesurée par la proximité sectorielle des entreprises, par les brevets et autres flux de connaissances entre entreprises).

L'objectif des travaux sur la variété reliée est de mettre à disposition des acteurs, publics et privés, une méthodologie permettant la détection des opportunités entrepreneuriales ou des

secteurs les plus prometteurs en termes de retombées de connaissance. Ces opportunités, une fois, identifiées par les acteurs privés, sont soutenues par les politiques publiques permettant ainsi le développement d'une spécialisation intelligente au sein du territoire. L'écologie industrielle contribuant à la constitution d'un milieu « éco-innovateur » générateur d'externalités favorables à l'innovation, peut se présenter, selon nous, comme une opportunité entrepreneuriale. La création d'une symbiose industrielle permet aux acteurs privés d'identifier, à partir des synergies, les opportunités entrepreneuriales porteuses de retombées de connaissances et d'externalités dynamiques (de nouveaux déchets ou co-produits à valoriser comme ressources, création de nouvelles filières) qui peuvent ensuite être soutenues et priorisées par l'intervention publique (schéma 13).

En définitive, c'est la présence d'activités connexes et reliées par des synergies éco-industrielles aux entreprises existantes qui permettra le développement d'actifs secondaires à mêmes de contribuer à la diversification des activités économiques et la mutation de la trajectoire du territoire.

Schéma 13 : La contribution du milieu éco-innovateur à la diversification territoriale



Source : Auteur

L'objectif de ce point était de développer l'hypothèse selon laquelle la symbiose industrielle peut se présenter idéalement comme un milieu « éco-innovateur » permettant le renforcement de l'attractivité et donc la diversification économique du territoire. Le milieu « éco-innovateur » est en effet un schéma idéal qui se constitue sur la base de synergies éco-industrielles. La création de ces synergies est dans la réalité source de nombreuses difficultés qui peuvent enrayer les enchaînements que nous avons présentés. Ces difficultés peuvent être résumées en deux catégories : les limites liées au fonctionnement opérationnel des synergies éco-industrielles (aspect opérationnel des flux de matières et d'énergie) et les difficultés liées à l'organisation des synergies (informationnelles, organisationnelles, humaines et réglementaires).

2. Les limites à la constitution d'un milieu éco-innovateur et le rôle des activités de services et de la gouvernance territoriale dans leur minimisation

Nous avons montré dans le point précédent que l'écologie industrielle peut être à l'origine de la formation d'un milieu « éco-innovateur ». Par les effets d'agglomération et les économies externes qu'il génère, ce milieu « éco-innovateur » peut contribuer au renforcement de l'attractivité du territoire et à l'orientation de sa trajectoire vers une diversification fondée sur la variété reliée. Pourtant, les expériences concrètes d'écologie industrielle font apparaître des difficultés de différentes natures qui peuvent freiner la constitution de ce milieu. En effet, dans les travaux sur l'écologie industrielle, un écart entre la théorie et la pratique existe (Korhonen, 2004). La métaphore du système éco-industriel est difficilement concrétisable dans la mesure où certaines contraintes peuvent empêcher la faisabilité et la pérennité des synergies « une différence importante entre un écosystème biologique et un écosystème industriel est le fait que l'évolution vers une plus grande efficacité est un processus spontané, alors qu'une action intentionnelle dans un écosystème industriel est nécessaire ». (Boons, Baas, 1997, p.83 traduit par nous). Nous exposons dans ce point ces différentes difficultés que nous regroupons en catégories (2.1). La première catégorie concerne les limites liées au fonctionnement des synergies éco-industrielles (aspect opérationnel des flux de matières et d'énergie) (2.1.1) et la deuxième catégorie regroupe les difficultés liées à l'organisation des synergies (2.1.2). Puis nous nous interrogeons sur les moyens de les résoudre. Nous étudions les fonctions des activités, telles que l'organisation des relations marchandes, l'acquisition de capacités par les agents et l'appui à l'émergence de nouveaux business modèles et leur rôle dans la réduction des limites de l'écologie industrielle. Nous étudions également le rôle de la gouvernance des projets d'écologies industrielle dans la réduction de ces limites (2.2).

2.1. La constitution d'un milieu « éco-innovateur » à partir de l'écologie industrielle : un processus complexe

2.1.1. Les limites liées au fonctionnement des synergies éco-industrielles

Les études de cas menées sur les symbioses industrielles à travers le monde ont mis en évidence l'écart entre la théorie et la pratique. La faisabilité et la pérennité des démarches d'écologie industrielle peuvent être freinées par des contraintes économiques et techniques.

La réalisation d'une synergie pour les entreprises dépend essentiellement de son intérêt économique puisque la décision de la mise en œuvre de celle-ci est basée sur le calcul des coûts, des prix et également la prise en compte des risques.

La transformation des déchets en matière première nécessite des investissements importants puisqu'elle implique souvent l'achat de nouveaux équipements, l'exploitation et la maintenance de ces équipements. De ce fait, le besoin en ressources humaines qualifiées augmente et la formation de ces derniers est nécessaire afin de pouvoir maîtriser la mise en place d'une démarche d'écologie industrielle (Adoue, 2007). Les dirigeants des entreprises sont réticents à l'investissement dans l'écologie industrielle. La rentabilité de ce type de démarche se réalise sur le long terme et ne répond donc pas forcément aux logiques et stratégies de rentabilité de court terme : « la priorité des entreprises est accordée au temps de retour sur investissement et à la rentabilité économique de court terme. Les projets d'écologie industrielle doivent apporter des résultats intéressants pour l'entreprise dans des délais courts » (Duret, 2007, p.29). S'ajoute à cela le manque de fiabilité des démarches, ainsi que le manque d'expérience quant au cadre financier et juridique en matière d'écologie industrielle qui peut entraîner des coûts supplémentaires.

La rentabilité économique des pratiques d'écologie industrielle peut aussi se heurter à des limites quantitatives (Gibbs, Deutz, 2007). Considérant le traitement des déchets comme une chaîne de production à part entière, la corrélation inversée des quantités traitées et des coûts reste la même que pour toute autre chaîne de production, dont la maîtrise en termes de coûts dépend essentiellement de la réalisation d'économies d'échelle (Adoue, 2007). Lorsque les quantités de déchets sont faibles, le seuil de rentabilité est lui aussi faible. Ce qui peut freiner l'établissement de la synergie.

La mise en place des synergies peut être freinée par des contraintes liées aux coûts et à la rentabilité mais elle peut aussi faire face à des problèmes techniques. Les entreprises font face à la complexité des flux de produits à recycler, à la dégradation de la matière et à l'impureté des sous-produits utilisés dans le processus de recyclage (Geldron, 2012). En effet, les caractéristiques physiques des flux valorisables peuvent rendre impossible l'établissement de certaines synergies (Adoue, 2007). L'état physique et les dimensions des composantes des flux de matières ou d'énergie sont parfois incompatibles avec le processus de fabrication du produit. S'ajoute à cela le problème de dégradation des matières. Le recyclage industriel dégrade les matières, les extraits de gisements par exemple perdent leur pureté dès les premiers stades de la fabrication. Ils sont en effet mélangés et traités de divers additifs afin qu'ils aient les propriétés recherchées. Le processus de valorisation ne se limite pas à la récupération des déchets mais un effort de conservation leurs propriétés durant le recyclage (Adoue, 2007).

Le tri et la séparation des déchets sont également des défis techniques du recyclage (Erkman, 2004). Le tri des plastiques, des ferrailles mélangées, et de tous les types de déchets engendre des coûts importants, liés à la collecte et au transport des matières. Par ailleurs, il existe des matières qui n'ont pas été conçues pour être recyclées et qui sont pratiquement impossibles à valoriser, étant donné que la séparation de leurs composants pose plusieurs difficultés et représente des coûts importants pour l'entreprise.

Aux problèmes de tri, s'ajoute un autre obstacle majeur pour les entreprises, et en particulier les petites et moyennes entreprises. Ce problème concerne le manque d'espace physique pour stocker les déchets sortant ou entrant. Une étude auprès de 12% des PME de la ville de Hobart, (en Australie) réalisée par Parsons et Kriwoken (2010), a révélé que « l'espace de stockage inadéquat » constituait un obstacle majeur à la valorisation ou au recyclage des déchets.

La constitution d'un milieu « éco-innovateur » peut être fragilisé lorsque les synergies éco-industrielles sont difficilement réalisables. Les contraintes liées aux coûts, à la rentabilité ainsi qu'aux caractéristiques techniques et physiques des synergies prennent une place centrale dans les décisions d'établir des échanges. Ces problèmes d'ordre technique et en particulier économique peuvent aussi impacter l'émergence et la diffusion des éco-innovations technologiques dans le milieu (innovations de produit, de procédés notamment). La mise en œuvre des écotecnologies, par exemple, engendre des coûts élevés (notamment des coûts liés à la complexité technique du passage de technologies traditionnelles à « vertes », coûts liés à la procédure de dépôt de brevets etc.), principalement dans la première phase de développement de ces éco-innovations (Lorek, 2013b). La question de la rentabilité peut également être considérée comme une contrainte : décalage temporel entre les premiers investissements et les premiers « retours sur investissement », ainsi qu'au caractère irrécouvrable de certains investissements. Les coûts d'apprentissage et d'expérience constituent également une barrière importante aux éco-innovations technologiques.

2.1.2. Limites liées à l'organisation des synergies éco-industrielles

L'émergence et le développement d'un milieu éco-innovateur peuvent être ralentis par des facteurs fragilisant l'établissement des synergies éco-industrielles. Ces problèmes peuvent être liés au contexte réglementaire, humain, informationnel etc. Les synergies sont construites dans une structure organisationnelle basée sur l'interaction des acteurs. Ces relations peuvent être complexes en raison de la régression de la confiance et de la coopération, de la divergence des intérêts ou de la présence d'un cadre institutionnel (réglementaire) rigide. En étudiant plusieurs

cas de symbioses industrielles dans le monde, Duret (2007) souligne que certaines initiatives d'écologie industrielle « ont été fortement ébranlées par l'arrêt des financements initiaux, par des changements de direction d'entreprises ou d'élus locaux, par un départ du porteur de projet (en tant qu'institution ou personne), ou encore par un désaccord profond entre les différentes parties prenantes sur l'organisation du projet (querelles relationnelles liées à des enjeux de pouvoir) » (Duret, 2007, p.29). Cela montre la fragilité de l'aspect collaboratif qui caractérise les projets d'écologie industrielle. Ces facteurs peuvent en effet rendre difficile la constitution et la pérennité d'un milieu éco-innovateur.

Les informations nécessaires à la mise en œuvre de l'écologie industrielle ne sont pas toujours accessibles et la culture du secret industriel peut freiner la circulation de l'information entre les entreprises. D'une part, la diffusion des informations sur les procédés (caractéristiques des matières utilisées, composants, quantités...) est parfois difficile pour les entreprises. De l'autre part, les industriels n'arrivent pas à s'entendre et n'ont pas de confiance réciproque (Adoue, 2007). Ils préfèrent garder confidentielles les données des bilans des flux entrants/sortants nécessaires à l'établissement des relations éco-industrielles. Ce qui rend l'établissement des synergies plus difficiles entre ces dernières. Les problèmes de confidentialité peuvent également être un frein à l'apprentissage collectif et la diffusion des connaissances issus de la mobilité de la main d'œuvre qualifiée entre les entreprises (Van Beers *et al.*, 2007).

Le facteur humain (lié aux ressources humaines) joue ainsi un rôle primordial dans la réussite ou l'échec de cette stratégie environnementale. Même si la réalisation des synergies s'avère économiquement possible, la résistance des dirigeants à la coopération avec d'autres entreprises, le manque d'implication dans une telle démarche, et même la réticence au partage des données sont des éléments qui font partie de la culture de la concurrence et du secret industriel. Non seulement ces éléments freinent la mise en place de l'écologie industrielle, mais aussi les empêchent de créer des synergies pouvant être rentables à moyen terme (en permettant que les coûts résultant de cette première soient couverts).

Les opérations impliquant des échanges de déchets ou l'énergie peuvent parfois être éloignées du domaine d'activité maîtrisé par l'entreprise. Cela signifie que de nombreuses entreprises sont très mal informées sur la quantité et la composition des déchets qu'elles produisent, les coûts d'élimination et les coûts des matières, de l'énergie et de la main-d'œuvre nécessaires à la valorisation de leurs déchets (Gibbs, Deutz, 2007). Cela peut être une contrainte pour

l'établissement des synergies. Les entreprises peuvent être peu incitées à explorer la valorisation des déchets.

En résumé, l'absence de la culture du partenariat et du changement et la confidentialité des données affectent directement l'intérêt de mise en place des synergies. Cependant dans certains cas, malgré la présence de l'information, la contrainte peut être liée à l'inexploitation de l'information par les entreprises. Selon Duret (2007), plusieurs outils de gestion des flux d'écologie industrielle existent comme : les plates-formes intranet/extranet, les bases de données sur les flux de matière, d'eau et d'énergie, les bourses d'échanges, les systèmes d'information géographique (SIG), etc. Ce type d'outils permet de regrouper et diffuser l'information sur les flux entrants et sortants et faciliter l'identification de partenariats ou d'opportunités de synergies. De nombreuses informations peuvent être mises à la disposition des entreprises grâce à un SIG ou une bourse de déchets par exemple. Toutefois, les résultats des enquêtes menées par Duret (2007) ont montré que, notamment, les bourses d'échanges de matériaux via des sites internet sont nombreuses, mais restent largement sous-exploitées par les utilisateurs. Les fréquentations sur ces sites sont insuffisantes pour engendrer des résultats significatifs. L'auteur résume les limites de ces bourses de déchets dans les points suivants (Duret, 2007, p. 34) :

- La mise en ligne d'un matériau doit faire l'objet d'une démarche spontanée et régulière de la part de l'entreprise,
- La plupart des industriels utilisateurs sont positionnés sur des marchés concurrentiels. Ils n'ont pas de temps à accorder à ce type d'opération dont l'avantage financier reste souvent limité,
- La démarche nécessite de connaître à la fois l'existence du service pour l'utiliser et le potentiel de réutilisation de son déchet,
- Les produits concernés sont généralement ceux qui posent un problème à l'industriel (coût d'élimination élevé, filière inexistante au niveau local, approvisionnement difficile). Tous les autres flux entrants ou sortants des procédés, pouvant être potentiellement réutilisés ou cédés, ne sont pas considérés,
- La description du produit offert ou demandé ne fait pas l'objet d'une syntaxe stricte. La dénomination du matériau peut ne pas être suffisamment explicite pour attirer l'attention d'un producteur ou d'un consommateur potentiel. Le manque d'homogénéité dans la syntaxe utilisée est un problème récurrent et rédhibitoire dans de telles bases de données.

À l'ensemble de ces limites organisationnelles s'ajoute des limites internes à l'organisation de l'entreprise, notamment, l'indisponibilité des dispositifs productifs et des technologies adaptées aux traitements des déchets. D'autres limites externes liées notamment au manque d'infrastructures nécessaires, notamment les prestataires de service de transport et logistique, les services de traitements des déchets, les services des eaux, et les services de transformation des énergies et des flux de gaz (Laperche, Merlin-Brogniart, 2016).

La motivation des entreprises à mettre en place des actions d'écologie industrielle peut être impactée lorsque le cadre institutionnel organisant ces actions est rigide. En pratique, la réglementation est un facteur essentiel pour le développement des synergies éco-industrielles. Nous avons déjà évoqué l'exemple de Kalundborg et du rôle joué par la réglementation dans la pérennité des synergies. Cependant, la réglementation peut parfois être un frein. Elle a un impact sur l'intérêt des échanges de flux entre les industriels ainsi que sur la motivation de ces derniers. L'absence de l'encadrement réglementaire et des outils fiscaux qui peuvent faciliter les opérations de valorisation, ainsi que l'insuffisance des incitations des autorités publiques, influent effectivement sur la décision d'établir des synergies entre les entreprises. L'absence de réglementation environnementale ou une réglementation environnementale trop souple peuvent réduire les incitations à la valorisation.

L'exemple de la symbiose industrielle de Kwinana, dans laquelle la réglementation environnementale a constitué un frein à l'établissement de certaines synergies, nous semble intéressant à évoquer. Selon Van Beers *et al.*, certaines entreprises de Kwinana ont du mal à obtenir les autorisations gouvernementales pour l'utilisation de carburants et de matières premières de remplacement. Bien que certaines synergies de sous-produits semblent techniquement et économiquement réalisables et aient un impact positif sur la l'environnement (par exemple, carburants de remplacement dans les fours à ciment et utilisation de résidus de bauxite pour le conditionnement des sols), leur mise en œuvre a été interrompue par les incertitudes du cadre législatif. De plus, lorsqu'un sous-produit est classé comme déchet contrôlé (par exemple, cendres volantes), des procédures et des exigences de transport strictes s'appliquent. Ce qui montre la complexité de la réglementation environnementale.

La valorisation des relations symbiotiques entre les acteurs membres du milieu « éco-innovateur » permet l'émergence d'une atmosphère industrielle basée sur des relations de confiance. Ces relations sont à l'origine des attitudes susceptibles de favoriser la mise en œuvre d'éco-innovations. Toutefois, la nature des relations économiques soulève certaines limites, comme nous l'avons vu plus haut, liées à leur organisation. À partir de ces limites peuvent se

sont constitués des barrières qui peuvent empêcher le développement d'éco-innovations non technologiques. Le caractère fortement incertain de l'activité d'innovation dans le domaine de l'environnement constitue une barrière importante (Lorek, 2013b). L'incertitude est tout d'abord technologique, et repose sur les choix techniques et économique. Ensuite, elle est liée aux comportements économiques, sociaux, culturels et des acteurs qui sont difficilement prévisibles. L'incertitude peut être aussi de nature organisationnelle : nécessité d'adopter des modifications de l'organisation interne (et/ou externe), des modes de production ou de distribution, des routines, voire de la stratégie.

L'objectif de ce point était de mettre en évidence les contraintes qui peuvent compliquer l'émergence des milieux « éco-innovateur » et le développement des éco-innovations technologiques et non technologiques. Pour résumer, ces difficultés peuvent être liées à la faisabilité économique et technique de la synergie d'une part. Elles peuvent être liées au contexte externe de la synergie, d'autre part. Ces contraintes peuvent être informationnelles, relationnelles (aspect humain), organisationnelles, infrastructurelles ou réglementaires qui rendent difficile le processus d'interaction entre les acteurs (tableau 4). Selon nous, la réduction de ces limites représente une condition essentielle pour favoriser le développement de milieux éco-innovateurs à partir de l'écologie industrielle. Dans le point suivant, nous étudions la contribution des activités de services. Quelle est la place des activités de services dans la réduction des obstacles liés l'écologie industrielle ? Telle est la question à laquelle nous souhaitons répondre.

Tableau 4 : Synthèse des difficultés liées au développement d'un milieu «éco-innovateur»

Types de limites	Explications
Économiques	Rapport coût/bénéfice, échelle temporelle, limites quantitatives à la rentabilité
Techniques	Complexité des flux de déchets, dégradation de la matière, tri, espace de stockage
Informationnelles	Coordination/diffusion/confidentialité
Relationnelle et Humaines	Confiance insuffisante entre les acteurs
Organisationnelles	Micro : l'organisation de l'entreprise n'est pas adaptée Mésos : technologie indisponible, manque d'expérience
Infrastructurelles	Absence de services de transport, de stockage, de traitements adéquats
Réglementaires	Insuffisance des incitations / réglementation trop lourde

Source : à partir de Boons, Baas, 1997 ; Korhonen, 2004 ; Erkman, 2004 ; Adoue, 2007, Van Beers *et al.*, 2007 ; Duret, 2007 ; Gibbs, Deutz, 2007 ; Parsons, Kriwoken, 2010 ; Geldron, 2012 ; Lorek, 2013b ; Laperche, Merlin-Brogniart, 2016

2.2. Le rôle des activités de service et de la gouvernance dans la constitution d'un milieu éco-innovateur

2.2.1. Les fonctions de service et leur rôle dans le fonctionnement de la symbiose industrielle

Si les activités de services ont une place et un rôle croissant dans l'économie, l'analyse du rôle des services aux entreprises dans le développement local et leur prise en compte dans les politiques d'aménagement du territoire font rarement l'objet d'une attention spécifique. La prise en compte de leur rôle est souvent indirecte (Gallouj, Kaabachi, 2011 ; Gallouj *et al.*, 2006). Au sens traditionnel de l'INSEE, « une activité de service se caractérise essentiellement par la mise à disposition d'une capacité technique ou intellectuelle. À la différence d'une activité

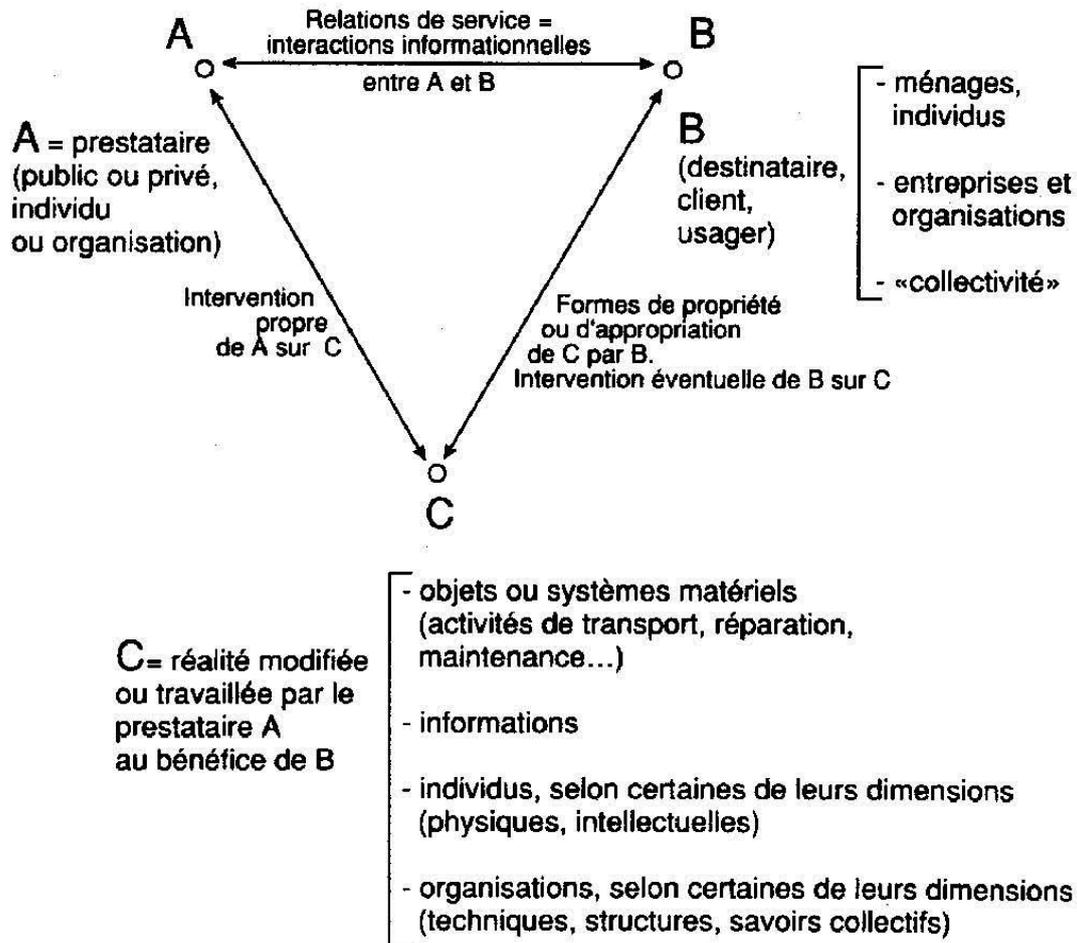
industrielle, elle ne peut être décrite par les seules caractéristiques d'un bien tangible acquis par le client. »³⁵.

Cette définition de l'institution statistique peut être complétée par des définitions plus analytiques, permettant d'isoler plus facilement certaines activités de service en fonction soit du destinataire du service, soit de la nature du prestataire de service et de son statut. Ainsi Gadrey (1996, p. 17) définit une activité de service comme « une opération, visant une transformation d'état d'une réalité C, possédée ou utilisée par un consommateur (ou client, ou usager) B, réalisée par un prestataire A à la demande de B, et souvent en relation avec lui, mais n'aboutissant pas à la production d'un bien susceptible de circuler économiquement indépendamment du support C (on reviendrait alors à des situations de production agricole, industrielle ou artisanale.) ». Cette définition a été représentée sous forme schématique par son auteur de la façon suivante (schéma 14).

³⁵ INSEE <http://insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/services.htm>

Comme nous le verrons, nous ne pouvons-nous arrêter à cette définition statistique pour identifier les activités de service propices à l'écologie industrielle car le découpage d'entreprises réalisés par l'Insee exclus de la catégorie service aux entreprises certains types d'activités pour les remettre dans des rubriques plus homogènes non pas par activités de service mais par domaine d'activité.

Schéma 14 : Le triangle des services



Source : Gadrey (1996)

Parmi les activités de service ainsi identifiées, certaines d'entre elles ont un rôle d'intermédiaire ou de facilitateur de l'organisation des relations marchandes. Elles sont indispensables au bon fonctionnement de la société et de l'économie. Elles appartiennent soit au tertiaire marchand (en particulier, les services aux entreprises, les transports, les activités immobilières et financières), soit au tertiaire non-marchand (notamment les services d'éducation, les administrations...). Ces activités de service peuvent avoir un rôle direct dans la mise en place ou le fonctionnement de la stratégie d'écologie industrielle choisie, ou servent de « support » à un grand nombre d'entreprises (industrielles ou de services).

À partir du schéma précédent, il est possible de définir les activités de service qui seront utiles pour analyser les apports de ces services à l'écologie industrielle. Il s'agit d'activités de service dont le prestataire peut être soit une entreprise, soit une organisation (rarement un particulier)

et dont le destinataire est généralement aussi une entreprise ou une organisation. Dans le cadre de l'écologie industrielle, on peut imaginer des prestations de service rendues pour le compte d'une entreprise, mais dont la collectivité est aussi bénéficiaire (volontairement de la part de l'entreprise ou par externalités positives).

Ces activités de service proposent un certain nombre de fonctions (ou ont un certain nombre de rôles) qui peuvent participer activement au bon fonctionnement des processus d'écologie industrielle. Or, ces fonctions lorsqu'elles sont délivrées par des activités de service, sont souvent négligées par la littérature économique consacrée à l'écologie industrielle. Les auteurs ont tendance à se focaliser sur les techniques, les procédures de production et les innovations d'ingénierie industrielle. Ces auteurs mentionnent généralement ces activités de services plutôt comme des activités annexes, de soutien ou de support aux processus d'écologie industrielle, mais n'y consacrent pas d'études indépendamment de l'ingénierie industrielle.

Cette mise à l'écart des activités de service est d'autant plus préjudiciable à la compréhension de l'écologie industrielle qu'une partie des limites de celle-ci ne relève pas de contraintes économique et techniques seulement, mais aussi de problèmes organisationnels ou de problèmes d'acquisition de capacités et de management des relations humaines (comme nous l'avons évoqué plus haut). Problèmes qui peuvent être résolus en faisant appel à des prestataires de service. Le tableau suivant répertorie de manière synthétique les fonctions de service permettant de répondre aux certaines des difficultés liées à la mise en œuvre de l'écologie industrielle. Ces fonctions peuvent intervenir en amont (en prévention) lors de la réflexion sur la stratégie d'écologie industrielle, ou en aval (en réparation) lorsque ces problèmes sont apparus.

Tableau 5 : La contribution des services à la résolution des difficultés/limites de la mise en œuvre de l'écologie industrielle

Limites de l'écologie industrielle	fonctions de service répondant à ces limites
<p>Économique (économiquement non rentable ou risqué pour l'entreprise)</p> <p>Technique (Échange technique irréalisable : cf. stabilité des déchets, continuité des flux, nécessité de retraitement)</p> <p>Informationnelle (l'information nécessaire n'est pas disponible)</p> <p>Relationnelle et humaine (problème de confiance entre entreprises, problème d'organisation ou de confiance au sein de l'entreprise)</p> <p>Organisationnelle (micro : l'organisation de l'entreprise n'est pas adaptée ; méso : implication des PME)</p> <p>Infrastructure (les infrastructures nécessaires ne sont pas disponibles)</p> <p>Régulation (pas d'incitation)</p>	<p>Services larges de formation éducation en développement durable.</p> <p><i>Ex: Commerciaux avec formation écologie industrielle (vente particulière des déchets)</i></p> <p>Réflexion sur un nouveau business model et pas seulement une stratégie (activités de conseil, recherche en sciences sociales)</p> <p>Activités de coordination des acteurs locaux (publics-privés-associatifs) afin de faciliter les échanges d'informations et de connaissances ou d'expériences entre entreprises, développer les Mutualisations, Prospections.</p> <p>Services d'aide à la décision (conseil, juriste, ingénieurs, mais aussi conseil en sciences sociales (management etc.))</p> <p>Prestataires de service avec solutions existantes</p> <p>Transport, logistique, circuit court</p> <p>Service de traitement des déchets, Services des eaux, Services proches de l'industrie</p>

Source : Boutillier *et al.*, (2015)

Les activités de service peuvent avoir un rôle direct dans la mise en place ou le fonctionnement de la stratégie d'écologie industrielle (Boutillier *et al.*, 2015 ; Laperche, Merlin-Brogniart, 2016). Elles appartiennent soit au tertiaire marchand (en particulier, les services aux entreprises, les transports, les activités immobilières et financières), soit au tertiaire non-marchand (notamment les services d'éducation, les administrations...). Nous nous appuyerons ici en particulier sur l'analyse des fonctions relatives à l'organisation des relations marchandes, ainsi

que les fonctions relatives à l'acquisition ou au maintien de capacités par les agents, la réflexion sur un nouveau business model basé sur l'économie de la fonctionnalité est également étudiée.

Il est possible de regrouper ces prestations de service en plusieurs grandes fonctions de service (ou rôle de ces activités) susceptibles d'intervenir dans les processus d'écologie industrielle :

1) Le premier rôle est relatif à l'organisation des relations marchandes

Certaines activités de service contribuent à améliorer ou fluidifier l'information entre les activités (industrielles, de services), ce sont en effet des activités nécessaires à la mise en place de l'écologie industrielle. Il s'agit des services de collecte et de mise à disposition d'information, ou de services d'ingénierie...etc. D'autres activités de service ont une fonction de coordination « en amont » et permettent par exemple d'améliorer la prise de décision dans les négociations liées à l'écologie industrielle : Une fonction d'aide à la décision (de conseil), ou d'améliorer la phase recherche est nécessaire à la mise en place de l'écologie industrielle (Prospection, Management, Organisation...). D'autres encore ont une fonction de coordination « en aval », ce sont des services périphériques qui constituent une fonction support pour l'entreprise, en l'occurrence les activités de transport, traitement, stockage..., qui jouent un rôle important dans l'écologie industrielle. Ces fonctions de services permettent notamment la réduction des coûts liées à l'adaptation des processus de production pour le traitement des matières. Elles peuvent permettre aussi de réduire les coûts de transactions³⁶ qui caractérisent les relations de coopération marchandes entre acteurs de la symbiose : quel bon interlocuteur, fournisseur ou utilisateur de déchet choisir pour établir une synergie de substitution ? À quel prix fixer la transaction ? Comment s'assurer de la qualité du déchet utilisé comme intrant d'un processus productif ? Les activités de services, par la collecte d'information, ou le conseil peuvent permettre de répondre à ces questions

2) Le second rôle est relatif à l'acquisition ou au maintien de capacités par les agents

Une seconde grande série de fonctions de service (ou un second rôle des activités de service) susceptibles d'intervenir dans les processus d'écologie industrielle consiste en l'acquisition ou au maintien de capacités par les agents. En effet, certaines activités de service proposent une fonction de formation et d'éducation des étudiants ou salariés (intégration du concept d'écologie industrielle dans les programmes de formation). Dans le domaine de l'écologie industrielle, Boiral et Kabongo (2004), Boiral (2005) mettent en avant les savoir-faire

³⁶ Les coûts de transactions regroupe l'ensemble « des coûts de recherche et d'information, des coûts de négociation et de décision, des coûts de surveillance et d'exécution » (Dahlman, 1979, cité par Coase (2005, p. 23)

organisationnels comme source de différenciation et d'avantages compétitifs (savoirs tangibles et intangibles), ainsi que la mobilisation de compétences spécifiques relatives aux procédés, aux matières résiduelles et aux différentes façons de les valoriser. Ces savoir-faire organisationnels, souvent étudiés essentiellement à la lumière de l'ingénierie, sont aussi en grande partie obtenus par des activités de service (conseil formation). Ce types de services peuvent réduire les problèmes liés à la non maîtrise de l'entreprise au domaine de valorisation.

3) Le troisième rôle est relatif à l'émergence de nouvelles pratiques

Un troisième axe, concernant les prestations de service impliquées dans l'écologie industrielle n'est pas uniquement dédié aux activités de service. Il peut être développé au sein des activités industrielles. Il s'agit du développement de nouvelles pratiques, voire d'un nouveau business model, proposé par l'économie de la fonctionnalité³⁷ (voir notamment, Bourg, 2005 ; Bourg, Buclet, 2005 ; Stahel, 2006 ; Gaglio *et al.*, 2011 ; Merlin-Brogniart, 2017). L'objectif est d'optimiser l'utilisation – ou la fonction – des biens et services, en employant des richesses existantes (produits, connaissances, capital naturel). Dans cette optimisation ou mutation économique, la place accordée aux services est importante, et la solution proposée s'inscrit dans une sphère fonctionnelle (mobilité, santé, habitat, etc.). Elle regroupe des acteurs issus de différents secteurs d'activité. Il s'agit d'une forme de servicisation des entreprises industrielles dans la mesure où ces entreprises fournissent des systèmes produits-services de plus en plus sophistiqués. Ces solutions sont généralement entreprises dans le cadre de la mise en œuvre de stratégies environnementales (Laperche, Picard, 2013 ; Boutillier *et al.*, 2014) et peuvent être entreprises dans une stratégie d'écologie industrielle.

Les services peuvent développer des solutions plus spécifiques (perspective de différenciation, Djellal, Gallouj, 2009). Les services de conseil ou plus généralement les services de traitement de la connaissance, investissent de nouveau champ d'expertise (droit de l'environnement, conseil en développement durable, conseil méthodologique), qui auront un impact dans le domaine de l'écologie industrielle.

Par conséquent, dans la recherche de nouveau business model ou de nouvelles solutions innovantes, à côté de la création d'innovations technologiques (comme les technologies

³⁷ L'économie de fonctionnalité consiste en la substitution de la vente d'une fonction d'usage (un service) à celle d'un produit, et étudie la production d'une solution intégrée de biens et de services (la vente d'une performance d'usage) permettant la prise en charge des externalités environnementales et sociales. Dans une telle optique, la valeur économique du produit ne repose plus sur sa valeur d'échange, mais sur sa valeur d'usage (Laperche *et al.*, 2014).

propres), il existe des relations plus complexes entre innovations technologiques (développées par exemple par les entreprises industrielles dans le cadre d'une stratégie d'écologie industrielle) et activités de service (Gadrey, 1996). On peut identifier des relations de substitution (on peut substituer totalement ou partiellement un outil technique innovant à un service, tel que les bornes d'information et de conseil) ; des relations d'identité (le service rendu constitue la valeur d'usage de la technologie. Ainsi, les biens matériels peuvent eux aussi être définis par le service qu'ils rendent. C'est ce qui fonde l'économie de la fonctionnalité) ; des relations de détermination (l'innovation technologique détermine l'apparition de nouvelles fonctions de service, par exemple, le conseil en environnement suite à l'apparition de technologies propres) ; des relations de diffusion (certains services participent à la diffusion des innovations technologiques et organisationnelles, par exemple, les activités de conseil en haute technologie) et enfin des relations de production (les entreprises de service produisent elles-mêmes des innovations technologiques).

En résumé, les fonctions de services qui interviennent dans l'écologie industrielle peuvent être de nature marchande ou non marchande. Les services marchands sont principalement offerts par les acteurs privés (prestataires externes de services). Les services non marchands, quant à eux, sont portés par les acteurs publics ou semi-publics. Ces acteurs peuvent intervenir en amont ou en aval de la mise en place des projets d'écologie industrielle par les services de coordination. Comment s'organisent ses acteurs ? Quelle est la place de la gouvernance territoriale dans le développement des symbioses industrielles et donc des milieux « éco-innovateurs ». Nous répondons à ces questions dans le point suivant.

2.2.2. La gouvernance territoriale, les symbioses industrielles et le milieu éco-innovateur

La gouvernance constitue un concept polysémique réapproprié depuis une vingtaine d'années tant qu'en sciences économiques qu'en sciences politiques. Elle peut être définie comme le « modèle, ou la structure, qui émerge dans un système socio-politique en tant que résultat commun de l'interaction de tous les acteurs en présence. Ce modèle ne peut être réduit à un seul acteur ou à un groupe d'acteurs en particulier » (Kooiman, 1993)³⁸. Les origines du terme de

³⁸ Cité par Pesqueux (2010, p. 17)

« gouvernance » sont multiples. On trouve en effet trois types d'acceptations du terme (Froger, Meral, 2002) : La gouvernance d'entreprise « corporate governance » (Coase, 1937) apparait la première, dès la fin des années 1930. Elle se définit « comme le dispositif institutionnel et comportemental régissant les relations entre les dirigeants d'une entreprise plus largement d'une organisation et les parties concernées par le devenir de ladite organisation, en premier lieu celles qui détiennent des « droits légitimes » sur celle-ci. » (Perez, 2003, p 23). Elle renvoie directement à l'influence des décisions stratégiques sur la création de la valeur (Caby, Hirigoyeng, 2005). Ce concept vise en effet à établir de nouveaux rapports entre les dirigeants et les actionnaires (Arcimoles, Trebucq, 2003) et à intégrer les « parties prenantes » dans l'activité des entreprises.

La deuxième origine de la gouvernance provient des grandes institutions d'aide au développement, notamment, la Banque Mondiale. À partir des années 1989, ce concept a été utilisé pour désigner le régime politique des États. On parle ici de la « bonne gouvernance » qui se définit comme « la capacité de l'État à fournir les institutions qui favorisent la croissance et la réduction de la pauvreté » (Banque Mondiale 2002, P.134). La bonne gouvernance met l'accent sur la bonne administration publique. Elle est considérée comme un outil important du développement économique, politique et social des nations (Moreau-Defarges, 2011).

La troisième acceptation du terme est celle de la gouvernance territoriale. L'intérêt pour la gouvernance territoriale s'est développé à partir des années 1980 dans un contexte de multiplication des niveaux de gouvernement (local, régional, national, et supranational) mais aussi de l'hétérogénéité croissante des parties prenantes au niveau local incluant à la fois les pouvoirs publics, les producteurs de biens et services, les résidents etc. Elle traite des questions locales et territoriales (Brullot *et al.*, 2014). Elle se définit comme « un processus - de mise en compatibilité entre acteurs - qui permet non seulement d'articuler entre eux les acteurs situés sur le même site géographique mais aussi dans le même temps, il relie les acteurs locaux, les autres territoires et les niveaux macro-économiques globaux du national voire du supranational : il crée les relations mais aussi définit l'espace, les frontières du territoire » (Leloup *et al.*, 2005, p.47).

Nous nous intéressons particulièrement à la gouvernance territoriale dans la mesure où elle joue un rôle important dans la création et la coordination des symbioses industrielles. Les définitions de la gouvernance territoriale (Gilly, Wallet, 2005 ; Leloup *et al.*, 2005 ; Chia *et al.*, 2008 ; Reyvalette *et al.*, 2014, Torre, Beuret, 2012) ont trait à la coordination des actions et des acteurs et à la construction collective d'un projet commun ou la résolution d'un problème productif sur

un espace territorial donné. Elle peut être définie comme « l'ensemble des processus et dispositifs par lesquels les parties prenantes ou acteurs de différentes natures (productifs, associatifs, particuliers, représentants des pouvoirs publics ou des collectivités territoriales) contribuent à l'élaboration, parfois concertée, parfois conflictuelle, de projets communs pour le développement futur des territoires » (Torre, Beuret, 2012, p. 3). Les auteurs relient la dynamique des proximités aux questions de construction et d'évolution des territoires, au travers du concept de proximité territoriale, qui associe proximité géographique et proximité organisée. Le jeu de ces dynamiques de proximité (l'une influençant l'autre et vice et versa) peut contribuer à la construction et à l'évolution du territoire : « c'est dans cette interface que vont se construire les processus de gouvernance des territoires » (Torre, Beuret, 2012, p. 15).

La gouvernance territoriale peut-être de différentes formes, en fonction des acteurs-clés qui l'assurent (Pecqueur, 2005), on distingue deux principales catégories : la gouvernance verticale et la gouvernance horizontale. En effet, la gouvernance « verticale » est assurée par un seul type d'acteurs, elle peut être privée (ce sont les acteurs privés qui pilotent des dispositifs de coordination et de création de ressources selon un but d'appropriation privée) ; privée collective (l'acteur est une institution formelle qui regroupe des opérateurs privés et impulse une coordination de leurs stratégies) ou publique (ce sont les institutions publiques qui dominent le mode de coordination). La gouvernance « horizontale » repose sur la coopération entre acteurs publics et acteurs privés, il s'agit donc d'une gouvernance mixte.

La gouvernance territoriale, tant verticale qu'horizontale, est un facteur clé de succès pour la mise en œuvre des démarches d'écologie industrielle. Si certains auteurs (comme Erkman, 2004 mais aussi Christensen, 2006) considèrent que l'écologie industrielle est le fruit de processus spontanés, en d'autres termes des « forces du marché » (le cas souvent cité pour illustrer cette idée est celui Kalundborg, voir aussi Schalchli, 2011 ; Decouzon, Maillefert, 2013), Buclet (2011) rappelle le rôle clé joué par d'une part par les règles et lois environnementales et d'autre part par les pouvoirs publics locaux. Le rôle de l'intervention publique est de plus en plus souligné dans la littérature sur l'écologie industrielle. Elle a deux dimensions : au niveau national, elle doit fournir un cadre légal et financier incitatif ; à l'échelle locale, les autorités publiques doivent avoir une fonction d'initiation et de coordination pour promouvoir les symbioses industrielles (Lenhart *et al.*, 2015) mais aussi de consommateur des sous-produits industriels (Horvath, Harazin, 2015). À mesure que les projets d'écologie industrielle se sont multipliés en Europe, mais aussi aux États-Unis ou dans d'autres pays du monde, la question de la gouvernance territoriale, non restreinte aux lois, règles et mesures de politiques publiques

mais élargie aux mécanismes et dispositifs de coordination des parties prenantes est ainsi devenue un thème important des recherches sur l'écologie industrielle.

Les travaux insistent particulièrement sur le rôle de la gouvernance pour la génération et la pérennisation des interactions entre les acteurs (Schalchli, 2011 ; Brullot *et al.*, 2014). L'écologie industrielle étant le fruit d'une démarche collective qui repose sur l'interaction de tous les acteurs du territoire, la gouvernance territoriale est en effet nécessaire dans la mesure où la mise en œuvre de symbioses industrielles repose et nécessite une communication claire et une coordination efficace entre les acteurs (en mettant en relation l'ensemble des acteurs ou en créant des réseaux) (Boons, Baas, 1997). L'instauration d'un climat de confiance (notamment par le biais des contrats (Varlet, 2012), et la promotion de la collaboration (création des partenariats), ou encore l'arbitrage des conflits sont également cruciaux et permettent de générer un apprentissage collectif (Beurain, Brullot, 2011). En d'autres termes, elle peut réduire certaines difficultés qui émergent dans la mise en œuvre des flux d'écologie industrielle que nous avons évoquées plus haut (notamment les difficultés, réglementaires, informationnelles, relationnelles...). Dans le cas des projets d'écologie industrielle, des outils spécifiques destinés à développer et renforcer cette gouvernance sont souvent développés. Brullot *et al.*, (2014) étudient les caractéristiques des acteurs et leurs attributs, à savoir, le pouvoir, la légitimité et l'intérêt ; et évaluent le degré de leur contribution (qualité, importance et intensité des relations entre les acteurs, engagements...) à la gouvernance des démarches d'écologie industrielle. Decouzon et Maillefert (2013), quant à eux, soulignent que la gouvernance des démarches d'écologie industrielle repose sur une articulation entre trois échelles : l'échelle des acteurs et de l'action collective ; l'échelle des réseaux d'entreprises (en montrant le lien entre la gouvernance et les trajectoires des réseaux) et l'échelle territoriale (résultante des deux échelles précédentes).

Les travaux sur la gouvernance des symbioses industrielles portent donc essentiellement sur le déroulement et la gestion des synergies. En effet, Les auteurs s'intéressent surtout à la mise en œuvre et au développement des synergies éco-industrielles. Comment créer une synergie entre l'entreprise A et l'entreprise B (ainsi que les autres synergies au sein d'une même symbiose) ? Quelles incitations développer ? Comment renforcer la confiance entre les acteurs et les mettre en relation ? Cette gouvernance, et les outils qu'elle génère, est essentielle tant au lancement qu'à l'approfondissement des symbioses industrielles.

Selon nous, les actions de la gouvernance doivent dépasser ce que l'on pourrait appeler la gestion au cas par cas des synergies pour développer une vision commune, un projet commun partagé par l'ensemble des acteurs privés, publics, semi-publics membres de la symbiose industrielle, visant à faire de l'écologie industrielle un projet pour l'évolution du territoire, pour la création et l'attractivité d'activités nouvelles, et pour l'évolution du territoire. Cela nécessite un véritable travail en commun et une forte coordination des acteurs, qui le plus souvent fait défaut dans les symbioses industrielles. Pour approfondir ces formes de gouvernance territoriale, nous nous appuyons dans la deuxième partie de la thèse sur le travail empirique sur le cas de Dunkerque, pointant les caractéristiques et difficultés liées à la mise en œuvre de l'écologie industrielle, telles que déclarées par les acteurs impliqués dans ces démarches.

Conclusion du deuxième chapitre

L'objectif principal de ce chapitre était de répondre à la question suivante : comment l'écologie industrielle peut être un moteur de développement et de diversification des activités économiques d'un territoire ?

Pour répondre à ce questionnement nous avons proposé un nouveau concept que nous avons qualifié de milieu éco-innovateur. Le milieu éco-innovateur, est ici défini comme un espace géographique, déterminé par un collectif d'acteurs et coordonné par un cadre institutionnel, dans lequel les réseaux d'acteurs se constituent grâce aux multiples interactions. Ce milieu se caractérise par la présence d'externalités positives permettant l'apprentissage collectif à l'origine des dynamiques d'éco-innovations. Il apparaît comme un modèle d'analyse permettant d'expliquer les mécanismes par lesquelles l'écologie industrielle peut contribuer à la création des dynamiques d'innovations sur le territoire. Il est le résultat d'une combinaison des travaux sur l'écologie industrielle et les théories qui traitent de l'analyse économique du territoire.

La mobilisation des travaux sur le concept de milieu innovateur nous a donné les instruments nécessaires pour analyser les symbioses industrielles. Nous avons pu comprendre que la symbiose industrielle, telle que définie dans la littérature, possède des caractéristiques qui font d'elle un environnement propice au développement de l'innovation, en particulier de l'éco-innovation. La symbiose industrielle, partageant les caractéristiques d'un milieu éco-innovateur génère un ensemble d'externalités dont les entreprises peuvent bénéficier, notamment des économies en termes de coût du travail, flux de matières/énergie, sous-produit, base de connaissance commune diversifiée. Ces externalités peuvent, d'un côté, renforcer la flexibilité, réactivité et la capacité d'adaptation et d'innovation des entreprises et contribuer à la pérennité de leurs activités sur le territoire. De l'autre côté, la présence de ces externalités peut attirer de nouvelles entreprises qui s'installeront sur le territoire pour en bénéficier. Ainsi, le milieu éco-innovateur, et donc de la symbiose industrielle, pourront être à l'origine d'une plus forte attractivité territoriale. Cette analyse nous permet de justifier l'énoncé de la première hypothèse selon laquelle : *l'écologie industrielle permet la création d'un milieu « éco-innovateur »*.

Les nouvelles entreprises qui s'installent sur le territoire pour bénéficier des économies externes se relient aux entreprises de la symbiose par des synergies éco-industrielles. Cela peut être leur principal lien avec les entreprises de la symbiose (alors que leurs secteurs d'activités peuvent être très différents des entreprises en place). Les travaux de l'économie géographique

évolutionniste nous ont permis de mettre en avant le potentiel que représente la variété reliée en termes de développement de l'économie territoriale.

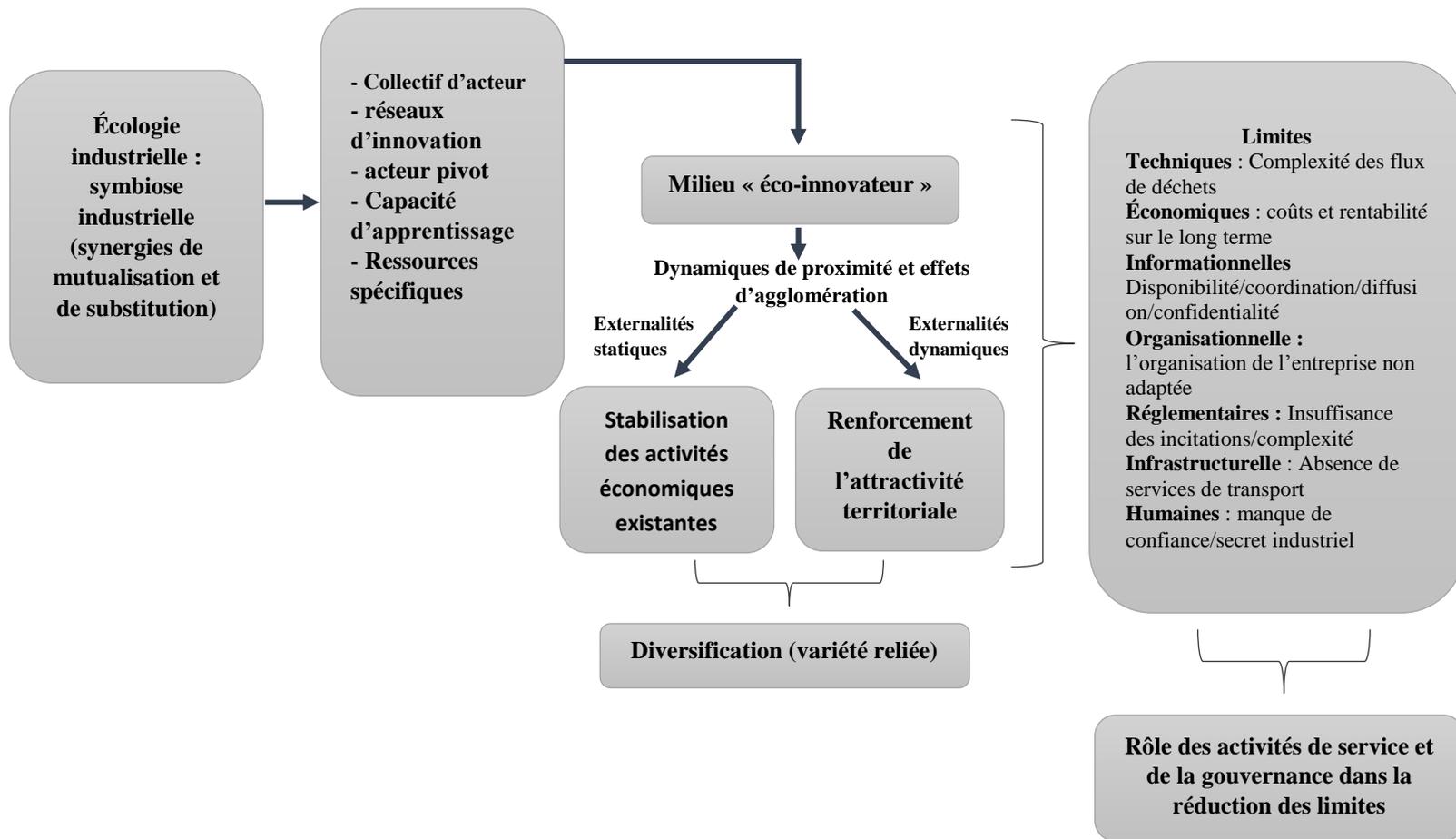
Ce concept nous a permis de comprendre que les territoires ont intérêt à tirer des avantages de leurs spécificités et de s'appuyer sur leurs forces pour développer de nouvelles dynamiques. Dans les territoires industriels, l'écologie industrielle peut être à l'origine d'un milieu éco-innovateur, permettant l'installation d'activités nouvelles, reliées aux précédentes par des synergies éco-industrielles et bénéficiant d'une base de connaissances et de compétences locale dans ce domaine. La mise en évidence de cet enchaînement vertueux représenté par le schéma n°13 (p. 165) nous a permis de formuler la deuxième hypothèse selon laquelle : *La constitution d'un milieu « éco-innovateur » basé sur les synergies d'écologie industrielle peut orienter la trajectoire économique d'un territoire industriel vers une diversification fondée sur la variété reliée.*

Le développement de nouvelles activités basées sur l'écologie industrielle pourrait être une voie intéressante pour le développement économiques des terrotoires. Cependant, de nombreuses difficultés peuvent freiner la constitution du milieu éco-innovateur. Ces limites sont de différentes natures : économique, technique, informationnelle, organisationnelle, humaine et réglementaire. Leur résorption constitue un enjeu clé pour la réalisation de l'enchaînement que nous avons défini. Nous avons identifié trois fonctions des activités de services (marchands et non marchands) qui peuvent contribuer à la réduction de ces limites à savoir : l'organisation des relations marchandes, l'acquisition de capacités par les agents et l'appui à l'émergence de nouveaux business modèles. De même la gouvernance territoriale (qui s'intègre aussi dans les services non marchands), et plus précisément celle orientée vers la mise en œuvre de synergies industrielles, peut favoriser le bon développement de la symbiose industrielle en fournissant des incitations (financières et non financières) aux acteurs. Elle peut aussi construire un cadre favorable à l'utilisation de l'écologie industrielle comme outil de développement et de renforcement de l'attractivité de l'économie territoriale. A partir de ces développements , nous pouvons justifier notre troisième hypothèse selon laquelle : *Les activités de service et la gouvernance territoriale des projets d'écologie industrielle peuvent réduire les difficultés liées au développement d'un milieu « éco-innovateur »* (schéma 15).

En résumé, notre cadre conceptuel construit autour de l'analyse de l'écologie industrielle comme moteur de développement économique d'un territoire industriel, nous a permis de mettre en évidence trois hypothèses. L'objectif de la deuxième partie est de tester nos

hypothèses dans un cas concret. Notre analyse empirique consiste en l'étude du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque.

Schéma 15 : L'écologie industrielle et milieu éco-innovateur (synthèse)



Source : auteur

Partie II : Milieu « éco-innovateur » et diversification du territoire industriel : le cas du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque

« Mais l'homme ne se borne pas à voir ; il pense et veut connaître la signification des phénomènes dont l'observation lui a révélé l'existence. Pour cela il raisonne, compare les faits, les interroge, et, par les réponses qu'il en tire, les contrôle les uns par les autres. C'est ce genre de contrôle, au moyen du raisonnement et des faits, qui constitue, à proprement parler, l'expérience, et c'est le seul procédé que nous ayons pour nous instruire sur la nature des choses qui sont en dehors de nous ».

Claude Bernard (1865)

Introduction de la deuxième partie

Dans la première partie de la thèse nous avons constitué un cadre théorique dans lequel le concept de milieu « éco-innovateur » est l'élément central d'un modèle d'analyse permettant d'étudier le rôle de l'écologie industrielle dans le développement territorial. Ce cadre théorique nous a permis de formuler trois hypothèses :

H1 : L'écologie industrielle permet la création d'un milieu « éco-innovateur »

H2 : Par la création d'un milieu « éco-innovateur », l'écologie industrielle oriente la trajectoire économique d'un territoire industriel vers une diversification des activités économiques

H3 : Les activités de service et la gouvernance territoriale des projets d'écologie industrielle peuvent réduire les difficultés liées au développement d'un milieu « éco-innovateur »

Dans cette seconde partie de la thèse, nous allons tester le modèle d'analyse du milieu « éco-innovateur » par le biais de l'application de ces trois hypothèses dans un territoire industriel. Nous allons, en effet, confronter notre analyse théorique avec l'analyse empirique du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque.

Le territoire de Dunkerque est caractérisé par une forte spécialisation industrielle, marqué par une industrialisation « lourde », planifiée et soutenue par l'État français après la Seconde Guerre mondiale. Ce territoire est en effet à la recherche de nouvelles voies de diversification de ces activités économiques. Nous cherchons donc à comprendre les atouts de l'écologie industrielle pour la construction d'un milieu « éco-innovateur » - au sein duquel les effets d'agglomération favorisent la génération et l'attractivité d'activités nouvelles - contribuant ainsi à une diversification économique du territoire dunkerquois.

Notre analyse empirique mobilise une méthode de recherche mixte permettant de tester nos hypothèses sur le terrain. Nous nous appuyons donc, dans la réalisation de notre enquête, sur une démarche qualitative d'une part et sur une démarche quantitative de l'autre part. Cette enquête englobe trois volets. Au total 34 entretiens ont été réalisés (dont 4 entretiens qui ont été effectués en 2014 et actualisés en 2017) auprès de 21 entreprises et 9 institutions. La démarche quantitative, quant à elle, repose sur l'analyse de deux bases de données. La première

regroupe 124 entreprises industrielles et la deuxième regroupe 455 entreprises de services aux entreprises potentiellement impliquées dans l'écologie industrielle à Dunkerque. Notre étude empirique se compose de trois volets correspondant chacun à une hypothèse :

Le premier volet, correspondant à la première hypothèse selon laquelle l'écologie industrielle permet la création d'un milieu éco-innovateur, a pour objectif de construire et d'analyser le schéma des synergies éco-industrielles établies entre les différents acteurs du territoire industriel de Dunkerque. Cette étude a été réalisée en 2014 et aboutit à identifier les acteurs clés de la symbiose industrielle, ainsi que les différents types de flux (de substitution et de mutualisation) qui les lient. Le second volet d'enquête est lié à la deuxième hypothèse et consiste à étudier le rôle du milieu éco-innovateur dans le renforcement de l'attractivité du territoire et sa contribution à la diversification et au développement d'une variété reliée. L'objectif étant comprendre si les nouvelles entreprises s'intègrent dans la symbiose industrielle en établissant des synergies avec les entreprises sur place et si elles sont reliées avec ces dernières.

La réalisation des analyses qualitatives des premier et deuxième volets de notre enquête nous a également permis d'identifier les limites et difficultés auxquelles les entreprises (nouvelles et constitutives de la symbiose) font face lors de la mise en place des synergies éco-industrielles. Cette analyse s'intègre dans le troisième volet de l'enquête qui nous permet de tester la troisième hypothèse qui porte sur l'importance des activités de services et de la gouvernance territoriale dans le développement du milieu éco-innovateur par la réduction des limites associées à la mise en œuvre de l'écologie industrielle.

Cette analyse consiste, à comprendre si les entreprises de service à Dunkerque proposent des offres liées l'écologie industrielle d'une part. D'autre part, elle nous permet d'étudier les caractéristiques de la gouvernance des démarches d'écologie industrielle à Dunkerque.

Tableau 6 : Synthèse de la méthodologie empirique

Type de travail empirique	Méthodologie	Objectifs/lien avec les hypothèses	Dates des entretiens
Première volet de l'enquête	Qualitative	Identifier les synergies éco-industrielles, les caractéristiques du milieu éco-innovateur et les éco-innovations <i>Hypothèse 1</i>	16 entretiens ont été réalisés en 2014 (entreprises/institutions) 11 réalisés en 2017
Deuxième volet de l'enquête	Quantitative et qualitative	Identifier les nouvelles synergies et étudier le rôle de l'écologie industrielle dans l'implantation des nouvelles entreprises <i>Hypothèse 2</i>	Analyse d'une base de données de 124 entreprises Entretiens réalisés entre 2017 et 2018 auprès de 7 nouvelles entreprises
Troisième volet de l'enquête	Qualitative et quantitative	Identification des limites liées aux synergies Identifications des activités de services impliquées dans la symbiose industrielle Identifier les caractéristiques de la gouvernance de symbiose industrielle <i>Hypothèse 3</i>	Réalisées entre 2014 et 2018 Mobilisation des données qualitatives recueillies lors des entretiens réalisés (volets 1 et 2) Analyse d'une base de données de 455 entreprises de service

Dans le troisième chapitre nous présentons l'état des lieux du territoire industrialo-portuaire de Dunkerque. En étudiant les actifs spécifiques et secondaires de ce territoire, nous montrons la pertinence de ce choix pour notre problématique. Nous présentons également dans ce chapitre les premiers résultats de l'enquête qui concerne l'analyse de la symbiose industrielle par l'approche du milieu éco-innovateur (identification des caractéristiques du milieu éco-innovateur et des éco-innovations).

Le quatrième chapitre s'articule autour de l'étude du rôle du milieu éco-innovateur dans l'attractivité de nouvelles activités. Ces activités sont-elles reliées aux activités locales qui forment la symbiose industrielle ? Telle est la question à laquelle nous répondrons. Nous nous appuyons tout d'abord sur une analyse de l'appartenance sectorielle pour savoir si les nouvelles entreprises sont reliées aux entreprises de la symbiose par une base de connaissances et de compétences communes. Nous approfondissons par la suite notre analyse en étudiant la variété reliée par les synergies éco-industrielles. Enfin nous étudions les difficultés qui freinent la constitution du milieu éco-innovateur mais aussi qui peuvent freiner le processus de diversification. Pour terminer, nous montrons les atouts des activités de services présents à Dunkerque dans la réduction de ces limites et nous mettons en avant l'importance de la gouvernance dans le développement du milieu éco-innovateur.

Chapitre 3 : La construction d'un milieu éco-innovateur au sein du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque

Introduction du troisième chapitre

Nous avons choisi dans la présente thèse d'étudier le cas du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque. Dans ce troisième chapitre nous allons tout d'abord présenter notre terrain d'analyse et justifier ce choix. Ensuite nous allons appliquer notre première hypothèse selon laquelle l'écologie industrielle permet de créer un milieu éco-innovateur.

Dans la cinquième section nous présentons une analyse approfondie du territoire industriel de Dunkerque. Nous présentons l'historique et le contexte de son industrialisation. Nous étudions par la suite l'état des lieux des filières industrielles de Dunkerque. Notre objectif est de comprendre les facteurs ayant contribué à la fragilisation de ce territoire. Le tissu industriel de Dunkerque se caractérise, en effet, par une forte présence d'unités industrielles spécialisées dans l'industrie lourde (notamment la sidérurgie). Il se distingue également par la présence d'un pôle énergétique important et d'un réseau de petites et moyennes entreprises répondant aux besoins des entreprises industrielles. Les actifs spécifiques et secondaires accumulés au cours du temps sont fortement liés à la nature industrielle du territoire. Ces actifs ont contribué à renforcer cette spécialisation en attirant de nouvelles entreprises industrielles. Nous mettons également dans cette section l'accent sur les effets de la spécialisation industrielle sur l'environnement.

La sixième section porte sur l'analyse des projets d'écologie industrielle dans le complexe industrialo-portuaire de Dunkerque. Nous présentons tout d'abord l'historique des initiatives d'écologie industrielle établies dès les années 1990 par les différents acteurs du territoire. Nous présentons par la suite la méthodologie que nous avons suivie pour mener notre premier volet d'enquête. Ce premier volet de notre étude empirique consiste en la réalisation d'une analyse qualitative dont le but est d'identifier les formes que prend l'écologie industrielle dans les entreprises du dunkerquois, d'en comprendre les motivations et d'en identifier les difficultés. Il s'agit d'analyser le schéma des synergies éco-industrielles établies entre les différents acteurs territoriaux et comprendre comment l'écologie industrielle peut contribuer à la construction d'un milieu éco-innovateur sur le territoire. Les résultats obtenus nous ont permis d'identifier les caractéristiques du milieu éco-innovateur présents à Dunkerque ainsi que les éco-innovations générées par les acteurs.

Section 5 : L'analyse de la trajectoire industrielle de Dunkerque : les actifs spécifiques et actifs secondaires

Cette cinquième section est consacrée à la présentation du territoire industrialo-portuaire de Dunkerque. Il s'agit de présenter l'histoire de la constitution et de l'industrialisation du complexe industrialo-portuaire. Dans le premier point, nous montrons que les plans de reconstruction et de croissance élaborés par l'État français, dans le cadre de la redynamisation de l'économie nationale, ont contribué à la spécialisation de l'industrie dunkerquoise dans les secteurs de base (en particulier la sidérurgie). Cette politique d'industrialisation a eu des conséquences négatives sur le territoire notamment après la crise des années 1970. De nouvelles politiques d'attractivité en été mises en place pour atténuer les effets de la crise qui traduisent notamment par un taux de chômage élevé.

Dans le deuxième point, nous analysons la situation actuelle de l'économie dunkerquoise et l'impact de la reconversion industrielle des années 1980 sur sa trajectoire. Nous nous basons pour cela sur l'analyse des actifs spécifiques ainsi que les actifs secondaires (immatériels et matériels) qui représentent les ressources et compétences accumulées, au cours du temps, constituant la trajectoire de Dunkerque.

1. La constitution du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque : une trajectoire industrielle lourde

La présente sous-section retrace l'évolution de la trajectoire du territoire dunkerquois dont l'histoire et la nature de l'activité sont liées à la concentration industrielle et à la crise européenne de l'industrie lourde. Nous présentons tout d'abord l'histoire de l'industrialisation « forcée » du complexe industrialo-portuaire planifiée et soutenue par l'État français (1.1). Nous étudions par la suite, les effets de cette spécialisation industrielle sur la trajectoire du territoire et sa contribution à sa fragilisation (situation de blocage et dépendance de sentier). Cette analyse s'appuie sur l'identification des actifs spécifiques et des actifs secondaires accumulés au sein de ce territoire, qui nous semble intéressants à mobiliser pour expliquer l'évolution de la trajectoire de ce dernier (1.2).

1.1. Planification indicative et définition d'une trajectoire territoriale fondée sur l'industrie lourde

1.1.1. La planification indicative française : rappel historique

Depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale et dans le cadre de la construction européenne, des politiques publiques industrielles ont été mises en place visant l'industrialisation des territoires et la reconstruction de l'appareil productif. En France, l'intervention directe de l'État a été modelée par un processus de planification indicative et par une stratégie de nationalisation des entreprises. Cette planification s'explique, selon Bernard (1964), par « la volonté de ne pas laisser s'installer une nouvelle stagnation comme celle des années 1930 ; le désir de reconstruire l'économie française et, avant tout, la notion que la croissance économique est possible par le progrès des techniques de production » (1964, p.559). De vastes projets nationaux visant la délocalisation de l'industrie ont été élaborés pour réduire la concentration industrielle dans la région parisienne (Gravier, 1947) et redynamiser les régions en crise.

En 1947, l'État français a créé le Commissariat général du Plan (devenu aujourd'hui le Centre d'analyse stratégique) qui est à l'origine de la création d'un ensemble de Plans dans le cadre d'une politique de planification indicative. « Dans un plan indicatif de développement, au contraire de la planification impérative, on laisse la plupart des centres économiques libres de leur choix et des actions à entreprendre pour atteindre leurs buts propres, les autorités responsables du plan se contentant de donner aux agents économiques des indications sur les buts nationalement souhaitables et essayant de les amener à conformer leurs propres projets au plan par des moyens indirects » (Bonin, 1959, p.168). La planification française est considérée comme « souple » dans la mesure où elle laisse une autonomie d'actions pour les entrepreneurs et pour certains secteurs : « à l'intérieur d'une perspective générale de croissance qu'un nombre limité d'objectifs fixés plus souvent par secteur que par firme, laissant aux entrepreneurs une grande liberté d'action. Ces objectifs sont impératifs pour les secteurs de base le plus souvent nationalisés et seulement indicatifs pour la plus grande partie des industries de transformation » (Bauchet, 1962)³⁹. En ce sens, Massé (1962) a préféré l'expression de « planification active » au lieu de planification indicative en soulignant le caractère non obligatoire des objectifs du Plan (Bernard, 1964).

³⁹ Cité par Bernard (1964, p.562)

Le processus de planification indicative française se caractérise par trois fonctions (Bernard, 1964) :

- une fonction de coordination permettant de veiller à ce que les actions, les objectifs et les décisions des différents agents économiques soient orientés en fonction des buts communs.

- Une fonction d'impulsion favorisant, dans le cadre d'une économie de marché l'élaboration de prévisions collectives, permettant de modifier, généralement dans le sens de la hausse, les « anticipations » des agents économiques (en particulier des entrepreneurs) : « l'élaboration de ces prévisions en même temps contribue à assurer l'équilibre, dont le maintien est le résultat principal des politiques monétaires et financières anticycliques » (Bernard, 1964, p. 562).

- Une fonction d'animation permettant de mettre en place, à l'intérieur des secteurs économiques, des régions, de différents domaines de l'activité, une série d'interventions ou actions particulières liées aux objectifs des Plans qui découlent de la planification indicative.

De manière générale, dans le cadre de la politique de « Plan », qui est « une méthode pour assurer des arrangements permanents en vue d'une réflexion collective et systématique sur les perspectives de l'économie en vue de l'action » (Hackett, Hackett, 1963, p. 363), un certain nombre de programmes ont été mis en place. Ces programmes avaient pour objectif de restructurer l'industrie française et de favoriser l'installation des industries motrices et le développement des pôles de croissance dans les régions en difficulté : « le souci prioritaire des industries motrices commençait à faire place à la préoccupation d'une croissance harmonisée » (Massé, 1964, p. 114).

1.1.2. Les « plans de reconstruction et de croissance » et leur rôle dans l'industrialisation du territoire Dunkerquois

Le financement et l'organisation de la restructuration de l'industrie française exigeait une participation importante de l'Etat. Dans ce cadre, l'Etat a créé la Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale (DATAR) dont le rôle est d'assurer un rééquilibrage du territoire français. La mission de la DATAR est d'insister les ministères à la redistribution des activités et au développement des infrastructures. Dans le cadre de la restructuration économique la DATAR avait pour missions : d'assurer une expansion industrielle équilibrée sur l'échelle nationale ; rajeunir les structures industrielles par les reconversions et sélectionner les régions adaptées à l'évolution du contexte international en fonction de l'évolution technologique, démographique et des transports (Ziel, 1998). Grâce aux financements qui lui ont été alloués, la DATAR a également participé à la mise en œuvre des Plans élaborés dans le cadre de la politique industrielle française, depuis la moitié des années 1940 (encadré 6).

Encadré 6 : Les plans issus de la planification indicative

- 1er plan ou plan Monnet (1946-1952) : la modernisation des équipements pour faire face à une situation de retard économique et de pénurie.
- 2^{ème} plan ou plan Hirsch (1954-1957) : investissements publics, efficacité des ressources matérielles et humaines : équipements scolaires et hospitaliers, R&D, reconversion des entreprises...
- 3^{ème} plan (1958-1961) : redressement du pays et de l'État, par l'utilisation du langage de la comptabilité nationale pour formuler un objectif de croissance de la production intérieure brute et introduction d'une dimension prospective.
- 4^{ème} plan (1962-1965) : régime de croissance soutenue visant à garantir les meilleures conditions au développement économique et social (équipements collectifs, réduction des inégalités sociales et régionales...).
- 5^{ème} plan (1966-1970) : un essor industriel rapide et le progrès social dans un contexte de concurrence internationale (compétitivité de l'appareil de production).
- 6^{ème} plan (1971-1975) : croissance forte, impératif industriel : amélioration des conditions de vie.
- 7^{ème} plan (1976-1980) : Mise en cause de planification dans un contexte de crises internationales majeures.
- 8e plan (1981-1985) : le 8^{ème} plan n'est pas présenté au parlement, suspension de son application
- 9^{ème} plan (1984-1988) : Établissement de contrats entre l'État et les régions : pour un partenariat État et collectivités locales sur les questions de planification et d'aménagement du territoire.

- 10^{ème} plan (1989-1992) : Accroissement du financement contrats de plan (État-régions), reconversion industrielle, élaboration du plan université 2000.
- 11^{ème} plan (1993-1997) : ce plan n'est pas adopté par le gouvernement, son application est suspendue.

La période de 1946 à 1961 été caractérisée par les « Plans de reconstruction », les investissements publics, appuyés par le plan Marshall et les nationalisations de sociétés bancaires, couvrent non seulement les secteurs industriels de base : électricité, charbon, sidérurgie, ciment, machines agricoles et transports intérieurs, etc. mais aussi l'ensemble de l'industrie : entreprises de BTP, industries de transformation..., l'État met également en place de grands programmes d'équipements collectifs et d'infrastructures (réseaux de communication, routes, ports,...) dans le but de développer l'industrie française.

Entre 1962 et 1975, l'État élabore les « Plans de la croissance », son aide se recentre sur l'essor industriel et le progrès social. Lors de cette période au cours de laquelle l'ouverture internationale s'est accrue, la maîtrise des technologies modernes est devenue un impératif pour assurer l'indépendance économique et rester compétitif. L'accent est donc mis par l'État sur la promotion de programmes technologiques industriels de long terme. Il s'agit de développer des secteurs liés à la défense nationale (nucléaire, aéronautique et espace, électronique et informatique...) mais aussi d'assurer la sécurité d'approvisionnement (pétrole, acier, uranium, etc.).

Ces « Plans de reconstruction et de croissance » ont favorisé la délocalisation des activités industrielles de base vers certains territoires portuaires en les transformant en pôles de croissance. Cette dynamique a été impulsée par la constitution de plusieurs zones industrialo-portuaire en Europe occidentale et au Japon. Les premiers ports industriels ont été créés à Rotterdam et Anvers dès les 1955 ainsi qu'au Japon. Le Japon a, en effet, construit des îles artificielles suite à l'insuffisance de terres permettant d'accueillir de grandes unités industrielles. Parallèlement, en France, trois grands ports ont connu cette industrialisation « forcée ». Il s'agit des territoires portuaires de Dunkerque, Marseille Fos, et Le Havre Basse Seine (Ziel, 1998). Les objectifs de cette industrialisation de nature lourde étaient de réduire les coûts liés au charbon et au fer, extraits du Nord-Pas-de-Calais (aujourd'hui Hauts de France) ou de la Lorraine, à travers l'importation des matières premières. De grandes unités sidérurgiques ont donc été installées au bord de la mer. Ces dernières devaient jouer le rôle

d'unités motrices ayant pour objectif la création des effets d'entraînement sur l'ensemble de l'économie locale.

Dans le cadre de la restructuration industrielle, l'État français décide de faire de Dunkerque un pôle industriel de croissance. L'industrialisation de Dunkerque débute alors par la constitution de la première usine sidérurgique (Usinor) au bord de l'eau en 1962. L'objectif était de renforcer le lien entre les fonctions portuaires et industrielles pour redynamiser la zone portuaire : « les "trente glorieuses" sont passées par là. Les industries dites industrialisantes ont façonné le quotidien des dunkerquois » (Boutillier, Uzunidis, 1998, p. 23). On peut ainsi rapprocher les objectifs énoncés par le 5^{ème} et 6^{ème} plans avec les projets mis en place dans le cadre de la reconversion du territoire dunkerquois.

1.2. La constitution du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque : des politiques de « champions nationaux » aux politiques d'attractivité

1.2.1. Les champions nationaux et la construction des principales filières industrielles

Le complexe industrialo-portuaire dunkerquois se construit autour d'Usinor et fait émerger plusieurs entreprises dont les activités sont complémentaires et accompagnent l'installation de cette grande unité sidérurgique (Ziel, 1998 ; Laperche *et al.*, 2011) (annexe 1). L'arrivée d'Usinor a contribué à la naissance d'un pôle sidérurgique et métallurgique, en liaison avec les chantiers navals déjà implantés à Dunkerque depuis 1898 : Usinor (devenu Arcelor, puis ArcelorMittal), Vallourec (devenu Europipe), Creusot Loire (Valdunes et Ascométal), viennent s'adjoindre aux chantiers navals de France. Les sociétés de raffinage British Petroleum-Elf et Total-compagnie française de raffinage partagent un certain nombre d'équipements productifs et utilisent le même réseau d'oléoducs. Elles fournissent l'énergie nécessaire (via EDF) et les hydrocarbures dont ont besoin les entreprises du premier groupe. Elles font pression pour susciter la constitution d'une filière pétrochimique à Dunkerque pour diversifier et accroître leur clientèle locale. La construction d'un vapocraqueur⁴⁰ mis en service en 1978 a pour but de répondre à cette demande et a pour conséquence de nouvelles implantations d'entreprises en aval de la filière. Enfin, de grandes entreprises « périphériques » peu intégrées à la filière

⁴⁰ D'après la définition de la Larousse : le vapocraquage est un procédé de production d'oléfines qui consiste à soumettre certaines fractions du pétrole brut ou certains constituants des gaz naturels à une décomposition non catalytique sous l'effet conjugué d'une haute température et d'une faible pression en présence de vapeur d'eau. Un vapocraqueur est une installation pétrochimique de vapocraquage.

métallurgique sont également présentes. Leur installation sur le lieu a été plutôt motivée par la situation géographique de Dunkerque : dans l'agroalimentaire, c'est le cas de Lesieur présente depuis le début du 20^e siècle, et dans le secteur de la cimenterie, de Lafarge. Les petites entreprises spécialisées dans les activités portuaires et les PME sont réparties en deux catégories : celles qui entrent dans le réseau de sous-traitance des grandes entreprises industrielles ou du bâtiment d'une part, et celles qui poursuivent leur propre objectif de production, d'autre part.

L'État français a largement soutenu le développement de la filière sidérurgique à Dunkerque. Un appui financier a été apporté à ce pôle industriel notamment par des subventions et réductions d'impôts permettant le financement d'infrastructures notamment portuaires. Ces infrastructures sont principalement mises en place pour « servir » l'unité Usinor (Ziel, 1998, p.12). L'État a construit des infrastructures maritimes permettant de fournir Usinor en matières premières, notamment par la construction des bassins minéraliers, d'une écluse maritime et d'un quai minéralier. Il a également impulsé l'installation de la centrale nucléaire d'EDF qui fournit Usinor en énergie ainsi que d'autres moyens logistiques (construction d'une gare de triage, élargissement des voies navigables). C'est dans l'objectif de faire face à une concurrence internationale, que l'État a impulsé cette politique de « champions nationaux » notamment en répondant aux besoins de l'usine-phare de Dunkerque. L'industrialisation du territoire dunkerquois a ainsi été entièrement prise en charge par des capitaux français contrairement aux pays voisins, en Belgique et aux Pays-Bas, où les capitaux étrangers ont dominé la majorité des secteurs clés de l'industrie. La construction du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque a constitué une première politique de reconversion de la sidérurgie en France (Laperche *et al.*, 2011).

La politique des champions nationaux a eu des effets très positifs sur l'industrie métallurgique et en particulier sur l'accroissement du chiffre d'affaires d'Usinor. L'entreprise a augmenté son chiffre d'affaires de 85% entre 1968 et 1971 (Ziel, 1998). Néanmoins, le bilan est très mitigé pour l'économie locale de Dunkerque, les effets d'entraînement sur le territoire étaient faibles et les effets négatifs sont dominants. Le tissu économique local est fortement perturbé par l'industrie lourde. Usinor et d'autres grandes unités ont provoqué une pression forte sur le marché de l'emploi. Le taux de chômage augmente suite à la faible intégration et au déclin des activités traditionnelles (notamment le textile), puis par une importante « ouvriérisation » de la population active à cause des recrutements massifs d'une main-d'œuvre peu formée de la fin des années 1960 jusqu'aux années 1970 : « loin de stimuler une diversification du tissu

industriel local, la reconversion a fait de Dunkerque un territoire quasi-dominé par quelques grands établissements, écrasant toutes les entreprises de taille plus modeste qui n'ont pas pu supporter le voisinage et la concurrence pour les clients et main d'œuvre des filiales du groupe Usinor » (Ziel, 1998, p. 16).

La reconversion sidérurgique a mené à la concentration de la mono-industrie à Dunkerque. Elle a engagé le territoire dans une spécialisation dans l'industrie lourde ce qui renforcé sa fragilité. La crise de 1970 a, en effet, eu des impacts négatifs directs sur l'activité du pôle industriel de Dunkerque. Avec l'épuisement de la norme de production fordiste, l'industrie de base a été touchée par une baisse au niveau de la demande liée à la baisse de la production et de la consommation de masse qui ont caractérisé la période des Trente Glorieuse. La baisse de la production sidérurgique est très forte (on note une diminution de la production de 5 millions de tonnes au cours des années 1970). Elle entraîne un effondrement général du trafic portuaire avec une baisse globale du trafic de 13,5% (Coppin *et al.*, 2000). De plus, la fermeture des chantiers navals en 1987 a aggravé la situation contribuant à la perte de 12 000 emplois (Boutillier, Uzunidis, 1998). Dans ce contexte de crise, l'unité motrice a engendré des « effets de stoppage », pour reprendre les expressions de François Perroux. Ceux-ci se sont traduits notamment par des licenciements massifs et la fermeture d'unités industrielles. Le taux de chômage a atteint 16,3% en juin 1987 (Laperche *et al.*, 2011). Lors de cette période et pour faire face à la concurrence internationale, l'État soutient les secteurs d'avenir et n'engage plus de capitaux français dans les secteurs en crise et notamment les secteurs de base. La politique publique se tourne ainsi vers l'attractivité de capitaux étrangers pour atténuer les impacts de la crise et relancer les activités économiques.

1.2.2. Les politiques d'attractivité des investissements étrangers et ses impacts sur le territoire dunkerquois

L'État français a mis en place des mesures permettant le développement de l'attractivité conjoncturelle (aides aux entreprises susceptibles d'investir dans le territoire sur des activités industrielles et de service) et structurelle (la position géographique, la présence d'infrastructures performantes, la nature de l'activité industrielle lourde (savoir-faire) etc.) (encadré 7).

Encadré 7 : Les politiques d'attractivité

« On distingue deux types de politiques de croissance et de promotion des investissements : la politique conjoncturelle et la politique structurelle. La politique conjoncturelle renvoie aux mesures budgétaires et fiscales dont l'objectif est de parer au plus pressé : créer des entreprises pour créer des emplois ; attirer des unités de production pour créer des emplois. Les résultats attendus en matière d'investissement doivent se réaliser très rapidement ; les pouvoirs publics ciblent a) les « entreprises à unités de production nomades » (fordistes ou lourdes, pour lesquelles les coûts totaux de fabrication sont les facteurs qui déterminent les choix d'investissement) ; b) les créateurs potentiels d'entreprise à faible valeur ajoutée ayant déjà un métier de base valorisable immédiatement.

Les principales mesures d'une politique conjoncturelle d'investissement sont les suivantes :

- incitations financières : attribution directe de fonds à l'investisseur (entreprise et entrepreneur) par l'État ou les collectivités territoriales (primes à l'investissement, subventions, subventionnement des embauches, prêts bonifiés) ;
- incitations fiscales : réduction de la charge fiscale globale de l'investisseur (exonérations temporaires d'impôts et des charges patronales, exemptions de droits d'importation de matières premières, biens intermédiaires, biens d'équipement) ;
- incitations indirectes : mise à la disposition de l'investisseur des terrains, des bâtiments, des moyens de télécommunications (cf. zones d'entreprise), accès privilégié aux marchés publics, embauches souples, à temps partiel et pour une durée déterminée, etc.

La politique structurelle renvoie aux mesures de politique industrielle et de l'innovation dont l'objectif est de constituer ou d'entretenir une spécialisation économique et technologique forte : enrichir le potentiel scientifique et technique pour a) provoquer la création d'entreprises innovantes, et, b) attirer les centres de recherche et de production dans les hautes technologies particulières des grandes entreprises. Les résultats sont cumulatifs et à long terme ; les pouvoirs publics se dotent des instruments de veille technologique et commerciale permanents qui guident les décisions dans la constitution, la restructuration et l'enrichissement de réseaux d'innovation (d'investissement et de commercialisation).

Les principales mesures d'une politique structurelle d'investissement sont les suivantes :

- investissements publics importants dans la création des conditions d'une croissance endogène à long terme : infrastructures de transport et de communication ; structures d'éducation, de recherche et d'ingénierie performantes ; système financier local orienté vers l'innovation ; système de santé complet ; qualité de vie par les activités culturelles, d'aménagement de l'espace et ludiques, etc.
- mise en œuvre et financement d'une politique de recherche et d'innovation (à la place d'une politique purement industrielle et des services) dont les objectifs sont : a) la fédération autour d'un programme spécifique des compétences des entreprises, des institutions publiques et privées de recherche, des associations et des institutions de décision; b) la mise en réseau des acteurs de la recherche, de l'industrie, du commerce et de la prospective pour la réalisation des investissements à valeur ajoutée croissante dans le domaine fédératif (et dans ses niches) défini par les autorités de régulation. – création d'un pôle public d'offre de services et de capitaux aux entreprises attirées par le projet et aux entrepreneurs du domaine et des activités connexes (ingénierie de l'information, d'aménagement et d'études socio-économiques). Par exemple, la mise en place d'un observatoire de l'économie locale avec un réel pouvoir consultatif et organisationnel ».

Source : Uzunidis (2010, p. 19)

On est passé d'une politique de soutien des « champions nationaux » à une politique d'attractivité des investissements étrangers qui a rencontré un certain succès (un certain nombre de firmes ont réalisé des investissements sur place). Dunkerque est devenue ainsi une zone d'implantation de filiales étrangères. Mais cette politique d'attractivité n'a résolu que partiellement les effets négatifs issus de l'industrialisation du port Dunkerquois. L'attraction d'investissements industriels ne crée pas suffisamment d'emplois pour compenser les licenciements et pour rentabiliser les investissements nationaux engagés dans la construction des infrastructures. De plus la mono-industrie reste dominante, au vu de la nature industrielle des activités des firmes multinationales, ce qui présente un risque pour la stabilité et la pérennité de l'activité économique locale. Aujourd'hui cette situation fragile de l'économie dunkerquoise persiste. L'industrie lourde domine l'activité économique et le territoire attire de plus en plus de capitaux étrangers opérant dans les secteurs industriels de base à l'heure où le contexte de mondialisation exige des investissements dans les industries à plus forte valeur ajoutée spécialisées dans les hautes technologies (Elouaer-Mrizak, Picard, 2017).

2. L'évolution de la trajectoire industrielle de Dunkerque : bifurcation ou dépendance de de sentier

Après avoir présenté l'histoire de l'industrialisation forcée du territoire dunkerquois et sa contribution au renforcement de la spécialisation industrielle lourde, nous avons comme objectif, dans ce point, de comprendre l'évolution de la trajectoire de ce territoire et d'étudier sa situation économique actuelle. La trajectoire d'un territoire peut s'expliquer, en cohérence avec la théorie évolutionniste, par les ressources et compétences accumulées au cours de son histoire industrielle. Celles-ci forment des actifs utilisables par les acteurs économiques, qui favorisent mais aussi encadrent voire contraignent leur développement. Ces actifs sont spécifiques au sens où ils sont difficilement redéployables dans d'autres contextes. Ils sont liés aux externalités de spécialisation (2.1). Cependant, au cours de l'évolution de la trajectoire, d'autres actifs peuvent se développer, notamment des d'actifs secondaires qui se déploient le long de la trajectoire, se différencient de ceux déjà accumulés (il peut s'agir d'infrastructures nouvelles et plus perfectionnées, de plus hautes qualifications par exemple). Ils sont liés aux externalités de diversification (2.2). Étudier les actifs spécifiques et secondaires nous semble intéressant pour caractériser le complexe industrialo-portuaire de Dunkerque et comprendre les atouts qu'il possède pour évoluer, entamer une diversification économique, qui se traduirait par

une bifurcation de sa trajectoire. Cette analyse permet également de comprendre les freins qui peuvent contraindre cette évolution et orienter le territoire vers une « dépendance de sentier ».

2.1. État des lieux des filières industrielles de la région Flandres-Dunkerque

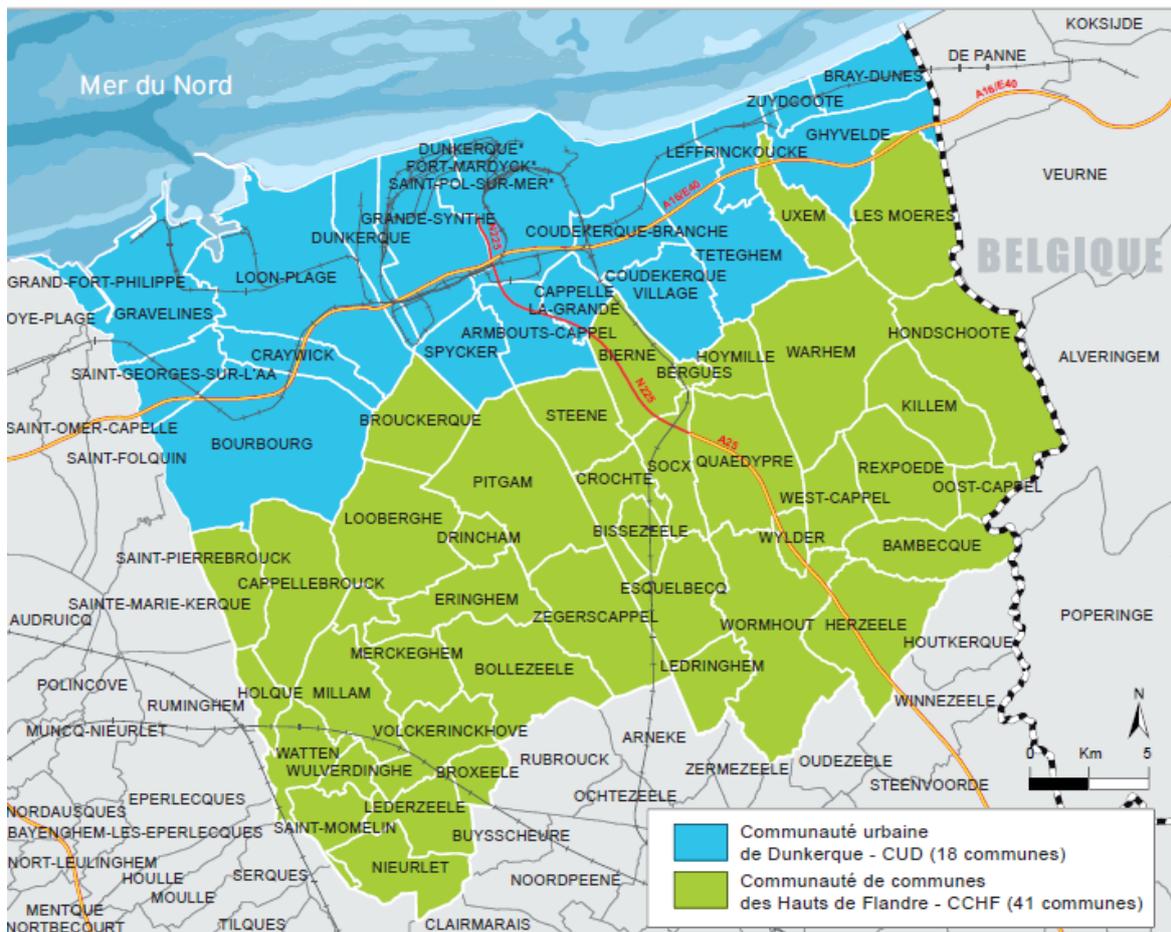
2.1.1. État des lieux des filières industrielles région Flandres-Dunkerque

Le territoire industrialo-portuaire de Dunkerque, à la frontière belge, et à environ 100 km de la Grande-Bretagne, est situé dans la région Flandre-Dunkerque qui s'organise en deux intercommunalités comprenant une communauté urbaine (CUD) et une communauté de communes (CCHF) (carte). Elle s'étend sur une superficie de 784,44 km² et comprend 253 377 habitants, soit 4.2% de la population régionale (CCID, 2016). La ville de Dunkerque est la principale commune du territoire, elle couvre près de 20 % de la superficie communautaire (AGUR, 2015)⁴¹. Elle compte à elle seule 90 995 habitants⁴², ce qui la place au quatrième rang des villes de la région Hauts de France, après Lille, Roubaix et Tourcoing. Notre périmètre d'étude couvre l'ensemble de la zone d'emploi Dunkerque-Flandre qui comprend 57 communes, 1 communauté urbaine (CUD) et 1 la communauté des communes (CCHF) (CCID, 2016).

⁴¹ Les données que nous utilisons dans la suite de cette partie proviennent de l'Econographe 2016 - 2017 publié par l'AGUR en 2015.

⁴² Selon les derniers chiffres de l'INSSE, Dossier complet de Dunkerque (2015)
<https://www.insee.fr/fr/statistiques/2011101?geo=COM-59183>

Carte 2 : La zone d'emploi de Flandre-Dunkerque



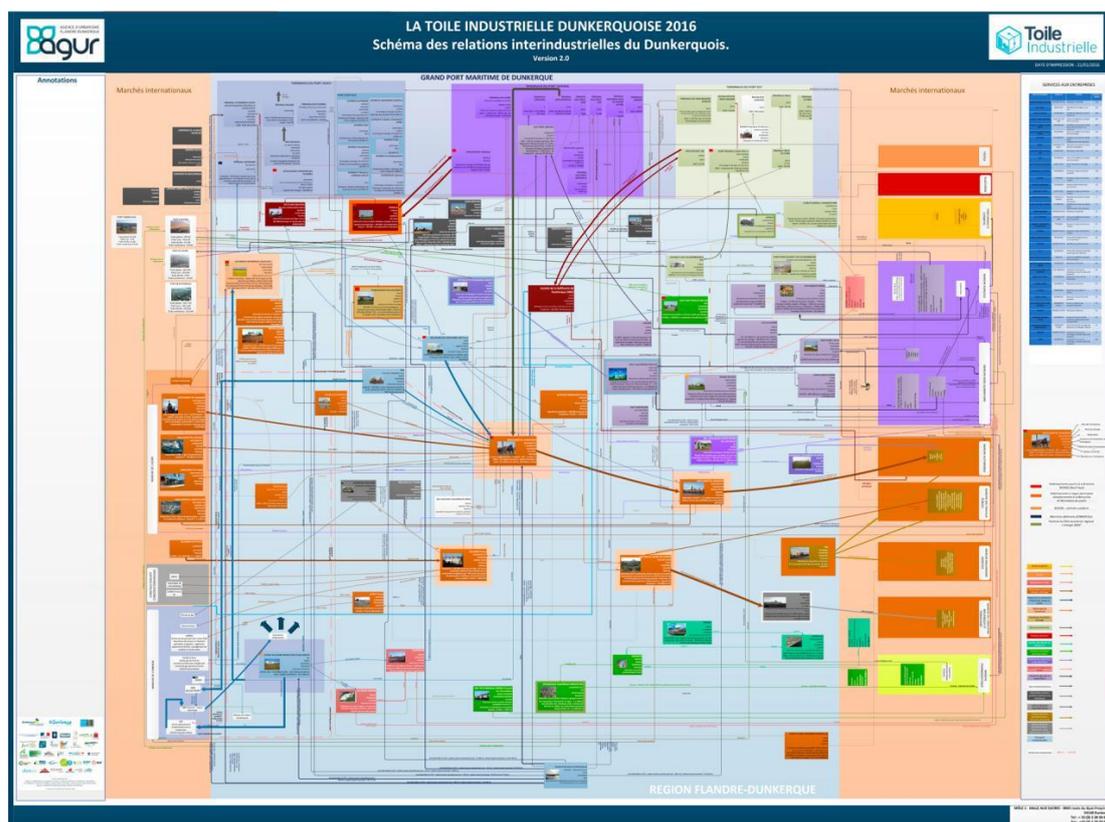
Source : AGUR (2015)

Le territoire dunkerquois se caractérise par une forte concentration d'activités industrielles, il est doté d'un complexe industrialo-portuaire abritant de grandes filières spécialisées dans l'industrie lourde : la filière sidérurgique et métallurgique, la filière chimique et pharmaceutique, la filière agro-alimentaire, la filière logistique et la filière énergétique. Pour présenter le tissu industriel et énergétique de Dunkerque, nous nous appuyons sur des outils représentatifs du tissu économique dunkerquois, tel que la toile industrielle et la toile énergétique, fournies par l'Agence d'urbanisme et de développement du territoire (encadré 8).

Encadré 8 : La toile industrielle de Dunkerque

L'AGUR (Agence de d'Urbanisme et de développement de la Région) met à la disposition des acteurs du territoire Dunkerquois un outil de présentation du tissu productif local. Il s'agit d'une « toile industrielle », élaborée en 2009 et actualisée en 2016, qui permet de visualiser l'ensemble du système industriel dunkerquois. La toile présente les principaux échanges et

relations établis entre les industriels. Elle est destinée aux différents acteurs publics et privés notamment les entreprises, institutions, centres de recherche mais aussi les investisseurs susceptibles de s’implanter sur le territoire. Cette présentation schématique du territoire fournit des informations précises sur les entreprises industrielles et marchés auxquelles elles sont liées. Elle décrit les types d’échanges et de flux (entrées et sorties) des entreprises. Elle présente également des données sur la nationalité, la localisation, la capacité de production, ou encore les secteurs d’appartenance des différentes entreprises du territoire.



La toile industrielle permet de mettre en avant l’importance des échanges inter-industriels en particulier au sein de chacune des filières. Sa représentation facilite la compréhension de la nature et le poids des activités industrielles dominantes à Dunkerque. Chaque couleur reflète la nature de l’activité et donc le secteur auquel appartient chaque entreprise. Par exemple, la couleur orange concerne les entreprises qui opèrent dans le secteur sidérurgique ce qui nous permet d’avoir une idée sur l’importance du nombre d’entreprises métallurgiques. Un autre exemple : toutes les entreprises de couleur violette font partie du secteur de l’industrie agricole et alimentaire. Les entreprises qui sont indiquées par un fond plus clair (par rapport à la couleur de leurs rectangles) sont les plus grands employeurs du tissu industriel notamment, ArcelorMittal (fond beige), Aluminium Dunkerque (idem), Tim (orange foncé) etc. Les relations entre les entreprises, les entreprises et le port (terminaux) ainsi que les entreprises et les marchés nationaux et internationaux sont représentées par des flèches, elles aussi désignées par différentes couleurs qui reflètent leur nature (par exemple les flèches de couleur verte sont liées à l’industrie chimique et pharmaceutique). La taille des flèches facilitent également la lecture de la toile. En effet, les flèches larges représentent les principales relations et échanges de la toile. Ces relations peuvent se traduire par des échanges de matières premières, de produits finis etc., ainsi que certains flux de déchets et d’énergie. Par exemple, les échanges de Gaz entre ArcelorMittal et Air liquide sont reflétés par une flèche assez large bleu foncé, une couleur qui

fait référence au gaz. L'ensemble des flèches montre que les entreprises d'une même filière ne sont pas seulement connectées entre elles mais ont aussi des échanges avec des entreprises d'autres filières. Ce sont le plus souvent des échanges de flux de déchets (exemple : ArcelorMittal est connectée avec SGA (spécialisée dans la valorisation de laitiers) par échanges de laitiers d'acier). La toile fait également apparaître le rôle central d'ArcelorMittal comme entreprise pivot au sein du complexe industrialo portuaire de Dunkerque. L'industriel est situé au centre de la toile et regroupe le plus grand nombre de flèches et donc de relations avec les autres entreprises, le port et les différents marchés.

L'AGUR a récemment (juin 2018) établi une nouvelle toile énergétique qui regroupe les flux énergétiques échangés entre les différentes entités industrielles du territoire. Elle synthétise les informations sur les grands réseaux énergétiques, les producteurs, logisticiens et consommateurs. Elle regroupe également un certain nombre de données qualitatives et quantitatives qui concernent les échanges énergétiques. La toile couvre toute la zone d'emploi de Dunkerque.

La filière métallurgique regroupe de grands groupes industriels : ArcelorMittal (anciennement Usinor) est la plus grande entreprise sidérurgique du territoire, elle offre plus de 3300 d'emplois⁴³. De nationalité luxembourgeoise, elle dispose de deux sites sur le territoire spécialisés dans la production de l'acier. Sa capacité de production s'élève à 6.7 millions de Dalle et environ 7 millions de bobines (laminées et brutes). Dillinger, de nationalité allemande offre 500 emplois sur le territoire. Elle produit des tôles et des plaques d'acier. Elle fabrique 700 000 t/an de tôles dont 50% de la production est destinée à des tuberies pour la construction de pipeline de gaz. Ascométal fabrique des aciers spéciaux avec une capacité de production de 350 000 t/an. Elle emploie 550 personnes. Bozel Europe, une entreprise japonaise qui emploie 130 salariés avec une capacité de production de 8000 t/an de fils fourrés destinés aux sidérurgistes. La métallurgie d'aluminium est représentée par Aluminium Dunkerque. Elle a une capacité de 280 000 t/an et offre 558 emplois. En définitive, avec sa filière métallurgie, Dunkerque assure plus de 30 % de la production française d'acier et 65 % de la production française d'aluminium.

La filière agroalimentaire : parmi les principaux industriels de la filière agro-alimentaire, on trouve la multinationale Coca Cola qui dispose de 6 lignes de production et qui représente le premier site en France et le deuxième en Europe avec une capacité de production de 4,5 millions de litre par jour. Le site de CEMOI chocolaterie qui est spécialisé dans la fabrication de cacao, chocolat et produits de confiserie emploie 150 salariés avec une capacité de production de

⁴³ Toutes les données sur le nombre d'emplois sont tirées de la toile industrielle qui date de 2016

39 000 tonnes/an avec un chiffre d'affaires de 108 millions d'euros. Sur cette zone industrielle on trouve également des petites et moyennes entreprises spécialisées dans l'importation et l'exportation de produits de la mer et du développement de l'aquaculture, notamment la Ferme Aquanord, Ryssen qui produit de l'alcool, le traitement de beurre de cacao avec Delfi Nord Cacao et Hyet Sweet implantée depuis 2016 et spécialisée dans l'aspartame.

Dans le secteur de l'industrie pétrochimique et pharmaceutique, on peut citer l'exemple de l'entreprise Astrazenca, fabricant de produits chimiques organiques de base et premier exportateur de la région, avec un investissement de 135 millions d'euros sur le site de Dunkerque. On peut aussi mentionner les entreprises suivantes : le vapocraqueur de Polimeri Europa spécialisé dans la production de l'éthylène et ses dérivés, l'entreprise Polychim spécialisée dans la production du propylène, ainsi que d'autres entreprises pharmaceutiques et de chimie comme Basf Agriculture Production et Amcor Pet Packaging France.

Un certain nombre d'entreprises spécialisées dans les carrières et la fabrication de ciment sont présentes, notamment les carrières de la Vallée heureuse qui produisent 2,5 millions de granulats sous plusieurs formes.

Le complexe industriel dunkerque dispose également d'une zone logistique importante qui se situe à côté des terminaux à conteneurs et rouliers. Elle accueille de nombreux opérateurs de notoriété internationale tels que Dunfresh, Banalliance, DailyFresh Logistique, Maersk Logistics, etc.

La présence de grands groupes industriels est complétée par un réseau important de PME, d'entreprises spécialisées notamment dans les services aux entreprises et dans le secteur BTP.

De manière générale, le territoire dunkerquois est le premier territoire d'accueil du Littoral Hauts-de-France en termes d'emplois (66 872 emplois sur la zone d'emploi de Dunkerque) soit 34 % des emplois du Littoral Hauts-de-France⁴⁴. L'industrie et les services à Dunkerque représentent en effet 2000 établissements et 30 250 salariés.

Par sa situation géographique et son histoire industrielle, Dunkerque est devenue un pôle énergétique d'envergure internationale. Le réseau énergétique est composé d'entreprises importantes : la centrale nucléaire la plus puissante d'Europe (38 milliards de KWh par an) qui génère 1 902 emplois. La première centrale à cycle combiné gaz en France, exploitée par la

⁴⁴ CCI Littoral Hauts-De-France/MEDEF Côte D'opale, 2017, « Notre vision du développement industriel de Dunkerque »

société Engie (anciennement GDF Suez) (790 MW et valorisation de 4 millions de MW thermique par an). Le terminal méthanier le plus important en France qui a accueilli son premier bateau en juillet 2016. L'atterrage d'un des plus grands gazoducs sous-marins du monde, une centrale éolienne exploitée par TOTAL ; le plus grand réseau français de chauffage urbain installé sur un système de récupération de chaleur industrielle fatale, exploité par Dalkia ; la production de biocarburants ; le dépôt Pétrolier Côte d'Opale du Groupe Total, qui est l'une des plus grosses réserves stratégiques françaises de gazoil ainsi que le 1^{er} port charbonnier français.

L'installation de grandes unités énergétiques sur le territoire se justifie par la présence des grandes unités industrielles qu'elles alimentent en énergie. En effet, elles tirent profit de la proximité géographique avec celles-ci. Les relations entre le pôle industriel et le pôle énergétique se basent sur des échanges de flux divers notamment d'électricité, d'eau, vapeur, gaz, oxygènes etc. La consommation en électricité de la zone Dunkerque-Flandre dans l'industrie s'élève à 6 483 746 MWh contre 152 397 en CCHF⁴⁵. La production d'électricité à Dunkerque-Flandre représente 36,6 Twh soit 7,6% de la consommation nationale (en 2016). Concernant le gaz, la consommation brute à Dunkerque (CUD) s'élève 1,387 TWh contre 0.254 TWh en CCHF.

2.1.2. Le tissu industriel de Dunkerque : une prédominance de l'industrie lourde

Le tissu économique se caractérise par le poids important du secteur industriel. L'importance de l'industrie, réduit la représentation des autres secteurs (30% à Dunkerque contre 17% en France⁴⁶), notamment le commerce, qui affiche 3 points de moins que le niveau national (avec 13% à Dunkerque et 16% à l'échelle nationale). L'industrie reste le premier employeur à Dunkerque (en 2016 : 25 734 emplois dans l'industrie, contre 24 426 services, 8550 commerce etc.). De plus, 5651 salariés exercent une profession en lien direct et quasi exclusif avec l'activité industrielle et portuaire (LIP). La majorité de ces salariés (5 249 salariés) travaillent dans le secteur des services dans lequel les "activités supports de l'industrie et du port"⁴⁷ représentent 19 % de l'ensemble des emplois (AGUR, 2017).

⁴⁵ Communauté de communes des Hauts de Flandre

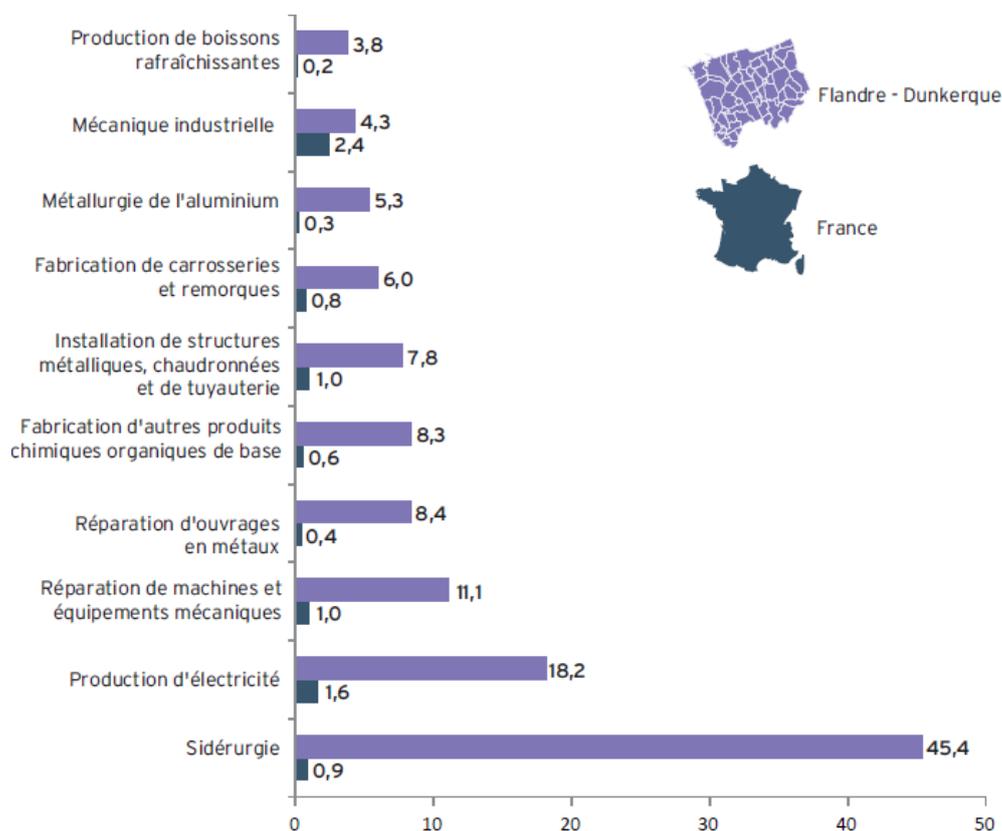
⁴⁶ Part des salariés du secteur de l'industrie.

⁴⁷ On y retrouve principalement les intérimaires dans l'industrie, l'ingénierie, les services aux entreprises, le fret, le nettoyage industriel (AGUR, 2015).

En 2015, le territoire a connu une perte inédite d'emplois dans les services : enseignement, transports terrestres, études de marché, organisations associatives, hébergement. Cette perte peut notamment être liée à la diminution de la population qui a connu une baisse de - 2 % entre 2007 et 2012 au niveau de la communauté de Dunkerque et -1% dans la région Flandre-Dunkerque contre une augmentation de 2,6% à l'échelle nationale.

De manière générale, l'industrie dunkerquoise reste spécialisée dans la sidérurgie et le travail des métaux, ainsi que dans la production d'énergie. En effet, la filière sidérurgie – métallurgie et transformation des métaux représente près de la moitié de ces emplois, soit plus de 10 800 emplois dans le Dunkerquois (45,4 % à Dunkerque contre 0,4% en France) (graphique 1).

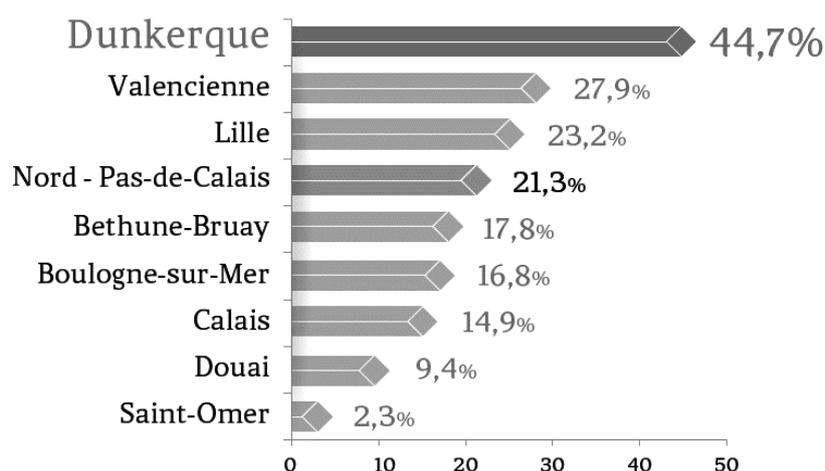
Graphique 1 : les 10 premières branches de l'industrie dunkerquoise (en nombre d'emplois pour 1 000 actifs)



Source : AGUR (2015)

La diversification du territoire dunkerquois s'est basée sur l'implantation de filiales de groupes étrangers. Elle s'inscrit dans la stratégie d'internationalisation des grands groupes et illustre l'attractivité du territoire pour l'accueil d'établissements industriels. Ces établissements ont une plus forte propension à importer et à exporter et représentent un nombre non négligeable d'emplois salariés. Selon l'INSEE, d'après les derniers chiffres disponibles en 2013, les filiales sous contrôle étranger représentent en France près de la moitié des importations, 41 % de ses exportations et 14,9 % des emplois salariés. Dans le dunkerquois, cette part est largement supérieure, elle représente 37,9% soit plus du tiers des salariés. 44,7 % des effectifs salariés de l'industrie dunkerquoise travaillent dans un établissement contrôlé par un groupe étranger, soit plus du double du taux régional (21,3 %). Ce taux place Dunkerque au premier rang des zones d'emploi de la région pour les groupes étrangers (graphique 2).

Graphique 2 : Part des effectifs industriels contrôlés par un groupe étranger



Source : AGUR (2015)

La spécialisation du territoire dunkerquois dans des filières d'industrie lourde se traduit par la création et l'accumulation d'actifs spécifiques liées à la nature de cette spécialisation. Ces actifs peuvent être immatériels qui se traduisent par les compétences et la main d'œuvre spécialisées ou matériels notamment des actifs infrastructurels.

2.2. Caractérisation des actifs spécifiques et secondaires accumulés à Dunkerque

2.2.1. Actifs spécifiques immatériels et matériels à l'origine de la trajectoire industrielle

Les actifs spécifiques liés aux compétences (immatériels) : les compétences humaines qui représentent des actifs spécifiques immatériels sont considérées comme des actifs spécifiques importants pour le développement du territoire puisque ces compétences accumulées vont forger l'identité du territoire. La base de main d'œuvre construite (sa spécialisation et ses compétences) sont autant d'externalités positives dans lesquelles les entreprises existantes ou nouvelles vont pouvoir puiser (Laperche *et al.*, 2011 ; Coppin *et al.*, 2000). À Dunkerque, l'une des conséquences de l'industrialisation lourde a été « l'ouvriérisation » de la force de travail. Les grandes unités industrielles ont formé la main d'œuvre en fonction de leurs besoins contribuant ainsi à l'affaiblissement des compétences locales (disparition de compétences anciennement spécialisées dans les activités artisanales, commerce, textile etc.) (Coppin, 1999 ; Mudard, 2004). Les derniers chiffres de l'INSEE (2015) montrent que la part de la population qui n'a aucun diplôme ou au plus un diplôme de brevet est de 35,4% à Dunkerque contre 30,1% en France. La part des qualifications d'ouvrier est de 26,6% (contre 24,6% en France) et reste plus élevée que la part de la population ayant un diplôme d'enseignement supérieur (21,1% contre 28,5% à l'échelle nationale). L'ouvriérisation se traduit aussi par la part élevée des ouvriers 21,1% (contre 20,2% en France) qui dépasse largement la part de la catégorie cadres et professions intellectuelles supérieures représentant un taux bas de 6,7% (contre 17,8% en France). L'augmentation des emplois précaires (emplois intérimaires) n'améliore pas cette situation. En 2016, les établissements d'intérim se sont développés (20% dans la zone d'emploi de Dunkerque contre 11% en France et 1% en Hauts de France). Le recours aux emplois intérimaires est surtout porté par l'industrie. Le poids de ce secteur dans les missions d'intérim est en augmentation, passant de 47 % des missions en 2012 à 52 % en 2013. 3 055 salariés travaillent en intérim dans la zone d'emploi de Dunkerque. Cela se traduit par une recherche de flexibilité de l'emploi en période d'incertitude économique. Par exemple, en 2013 ArcelorMittal, l'un des plus grands industriels de la zone industrielle, employait 574 salariés en situation précaires (contrats CDD et intérimaires), cela représente 20% de l'effectif du site. Alors qu'en 2013, les emplois précaires représentaient 9,6% des effectifs du site⁴⁸. En 2015 et 2016, l'emploi intérimaire connaît une augmentation (106% en 2016) dans la zone d'emploi de Dunkerque qui reste toutefois inférieure au niveau national (117%). D'autant plus que depuis

⁴⁸ La Voix du Nord | 11/07/2013

la crise économique de 2008, le nombre de demandeurs d'emploi a connu une forte croissance. En 2015, 23 789 personnes sont à la recherche d'un emploi, soit environ 12 % des actifs du territoire. Le taux de chômage reste inférieur d'un point à la moyenne régionale. Mais il est supérieur de deux points au taux national (AGUR, 2015) (annexe 2).

Les actifs spécifiques infrastructurels (matériels) : l'infrastructure portuaire est principalement dédiée aux activités industrielles. Elle permet de répondre aux besoins des entreprises situées sur le complexe industriel. Le port est en effet doté de trois grandes zones de terminaux. Le port Ouest regroupe plusieurs terminaux destinés à l'accueil des grands minéraliers et charbonniers, des terminaux de manutention et une zone logistique avec une capacité importante d'entreposage. Le port central regroupe des terminaux spécialisés dans le trafic des solides (notamment de minerai, charbon et acier). Enfin, le port Est accueille des terminaux de réception des liquides (grands et petits vrac de liquides) et des équipements de préparation maritime (100 navires en 2014).

Le territoire dunkerquois est aujourd'hui le troisième port industriel français. Il s'étend sur un espace de 7000 hectares, plus de 3000 hectares⁴⁹ disponibles pour de nouvelles implantations. L'abondance des terrains vacants à Dunkerque est un atout potentiel pour l'attractivité de nouvelles entreprises sur le territoire. Elle s'explique aussi par la concurrence d'autres grands ports mondiaux et au retard du port en matière de trafic portuaire (Reghezza-Zitt, 2011). En effet, en 2015 le trafic portuaire global du port de Dunkerque représente un peu plus de 47 millions de tonnes (MT) (annexe 3), une capacité largement inférieure au trafic maritime des ports concurrents notamment Rotterdam et Anvers qui ont respectivement un trafic global de 444,7 millions de tonnes et de 199 millions de tonnes. Malgré ce faible taux de trafic portuaire par rapport aux ports voisins, l'activité portuaire à Dunkerque a connu une hausse de 8% en fin 2014 par rapport à 2013. Le port de Dunkerque a accueilli 6 329 navires, soit une hausse de 7 %. Les trafics des marchandises diverses et des vracs solides affichent une progression de 3,9 MT par rapport à 2013. Le trafic roulier est en augmentation de 13 %, pour un tonnage de 13,9 MT. Les produits pétroliers sont quant à eux en retrait de 4 %, soit 4,9 MT. Les autres vracs liquides sont en baisse de 23 % à 0,7 MT. Une baisse qui se justifie par la fermeture de Diester Industries⁵⁰, entreprise spécialisée dans la transformation des huiles de colza et de

⁴⁹ Information issue du site du port Maritime de Dunkerque <http://www.dunkerque-port.fr/fr/activites-commerciales/activites-industrielles-port-dunkerque.html>

⁵⁰ Une entreprise appartenant au groupe Sofiprotéol, un groupe agro-industriel international d'origine française spécialisé dans l'alimentation humaine, l'alimentation animale, les énergies renouvelables et la chimie renouvelable.

tournesol, qui a engendré la suppression de 22 emplois⁵¹. Les conséquences importantes de la fermeture de cette usine sur le trafic portuaire liquide et sur les emplois montrent en effet la grande dépendance du port aux activités industrielles. La part des emplois indirects liés au port représente 18 540 emplois dont près des deux tiers sont industriels (11 615 emplois). L'activité directement liée au port de Dunkerque génère, quant à elle, 5 647 emplois salariés dont 1 600 sont liés aux activités d'entreposage et de transport avec 47 Millions d'euros de valeur ajoutée, soit 30 % de l'activité directe (AGUR, 2015).

Le développement des infrastructures portuaires s'est adapté aux besoins des entreprises industrielles présentes sur le territoire (actifs spécifiques infrastructurels). Le port a acquis une spécialisation industrielle et les aménagements successifs ont encore renforcé l'attractivité pour les activités industrielles.

2.2.2. Les actifs secondaires à l'origine de la modification de la trajectoire industrielle

Les actifs secondaires accumulés par un territoire se traduisent principalement par la création de nouvelles connaissances scientifiques et techniques ou de nouvelles infrastructures qui le long de la trajectoire peuvent favoriser le développement d'activités nouvelles et enclencher une diversification (Laperche *et al.*, 2011 ; Lorek, 2013).

Les actifs secondaires immatériels : la production des connaissances résulte des activités de recherche et développement développées par les différents acteurs du territoire et notamment les universités et les centres de recherche. À Dunkerque, la recherche et le développement de nouvelles connaissances (à l'origine de l'innovation) s'appuient sur l'Université du Littoral Côte d'Opale.

L'université du Littoral Côte d'Opale (ULCO) a été créée en 1991 pour répondre à la pression croissante des effectifs dans les universités lilloises. Elle est implantée sur 4 sites différents dans la région des Hauts de France : Dunkerque, Calais, Boulogne, Saint-Omer. Les principaux domaines de formations de l'université sont : les domaines des Arts, des Lettres et Langues, du Droit, de l'Économie et la Gestion, des Sciences Humaines et Sociales, des Sciences et Technologies, de la Santé. Les domaines de formation qui attirent le plus d'étudiants sont les sciences, Technologies et Santé avec 3 043 étudiants (soit 39,9%) et les formations en Droit, économie et gestion avec 2832 étudiant (soit 37,1) (annexe 4).

⁵¹ D'après un article publié par l'Usine Nouvelle publié 10/07/2013.

Le site de Dunkerque a connu un développement rapide dès sa création. Il regroupe le plus grand nombre d'étudiants par rapport aux autres sites. En effet, selon les derniers chiffres de l'ULCO (2015) les 4 sites regroupent au total près de 7 623 étudiants dont 2 751 poursuivent leurs études dans le site de Dunkerque (soit 36,1%, contre 28,5% Boulogne sur Mer, 28,1% à Calais et 7% à Saint Omer). Selon les résultats d'une enquête publiée le par ministère de l'Enseignement supérieur, l'ULCO de Dunkerque est classée en sixième position sur les vingt meilleures universités françaises dans la catégorie « sciences, technologies et santé ». Les critères de choix reposent sur le taux d'insertion professionnelle trois ans après l'obtention du diplôme, le statut, la stabilité de l'emploi et le salaire brut annuel médian (AGUR, 2015).

Le domaine des Sciences, Technologie et Santé fait partie des principaux axes de recherche de l'université de Dunkerque avec le domaine Environnement, Milieux Littoraux et Marins et les Sciences Humaines et Sociales. L'importance de ces domaines se justifie par la volonté de l'université à traiter des sujets et problématiques directement liées aux activités industrielles présentes sur le territoire. L'objectif de la création de l'ULCO était d'abord de répondre aux besoins des entreprises en compétences spécialisées mais aussi tisser des liens entre le monde industriel et les laboratoires de recherche universitaires pour favoriser le développement d'activités à haute valeur ajoutée (Laperche *et al.*, 2011).

Pour renforcer les liens avec les industriels, l'Université du Littoral Côte a mis en place plusieurs actions autour de l'environnement industriel et l'énergie. Elle a par exemple créée l'Institut de Recherche en ENvironnement Industriel (IRENI) dont les actions de recherche sont focalisées sur la qualité de l'air en zone industrielle, les impacts sanitaires, socio-économiques et juridiques induits. Les compétences et savoir-faire développés dans cet institut permettent de constituer une plateforme technologique venant en soutien de la recherche et au service des entreprises dans le domaine de la mesure des contaminants dans différents milieux (air, sols, eau). Les relations de l'université avec les entreprises se traduisent également par des moyens mis à disposition à ces dernières notamment avec l'accès à deux plates-formes scientifiques :

- le Centre commun de mesures (CCM) qui met à la disposition des entreprises des savoir-faire, équipements, compétences pour la réalisation d'analyses, de mesures, de pilotes, de prototypes etc.

- la plateforme microscope (MEB) qui est au service des laboratoires et des entreprises pour la réalisation d'analyses et de mesures (sur notamment, les particules environnementales, échantillons biologiques etc.).

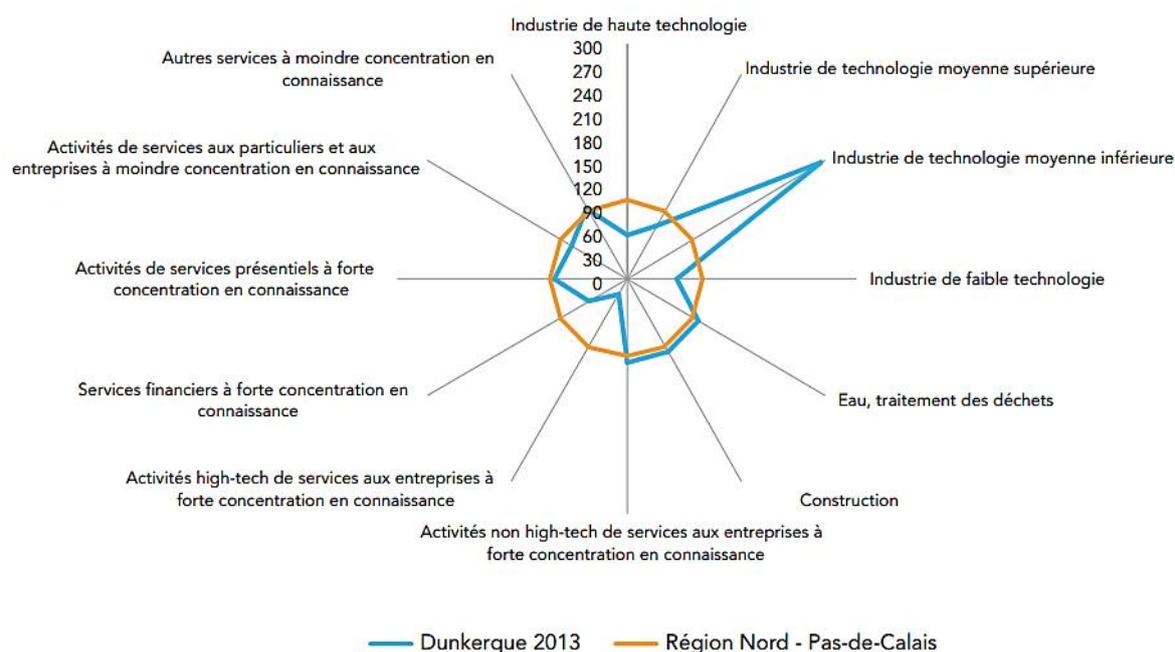
L'ULCO a aussi créé en 2014 le service des activités industrielles et commerciales qui est l'interlocuteur principal avec les acteurs économiques. Il se charge notamment de l'établissement des conventions de collaboration.

Les différentes actions et moyens mis en place par l'université du Littoral Côte d'Opale, offrent un potentiel important pour le développement d'actifs secondaires dont le rôle est de favoriser le changement et la diversification. Ces actions ont permis de créer des liens entre les laboratoires de l'université et les autres acteurs (en particulier les industriels), qui restent néanmoins à renforcer. La faible interaction entre l'université et les industriels peut s'expliquer par deux raisons (Laperche *et al.*, 2011) : d'une part, les laboratoires de recherche qui se sont créés à Dunkerque sont dans la plupart des cas des unités rattachées aux laboratoires de recherche des universités lilloises ou le sont devenus. D'autre part la majorité des grandes entreprises qui disposent des moyens et compétences pour développer des activités de recherche et développement avec l'université sont des entreprises étrangères dont les centres de décisions sont localisés dans d'autres pays.

Une enquête réalisée par Laperche et Fourmentin (2017) a montré que la valorisation de la recherche, qui s'établit par les recherches développées en partenariat avec les entreprises ainsi que d'autres acteurs, est à l'instar d'autres établissements de taille petite ou moyenne, faible à l'ULCO par rapport aux grandes universités françaises. Ce résultat se traduit par un faible taux de brevets déposés ou de création d'entreprises innovantes à partir de la recherche. Pour autant, la valorisation de la recherche est un objectif reconnu par les chercheurs. On peut noter que ce ne sont pas les formes traditionnelles de valorisation (comme les brevets et leur exploitation ou les contrats de recherche avec les industriels) qui dominent mais des formes plus modestes voire informelles : comme les prestations ou encore les suivis communs de stages (Laperche et Fourmentin, 2017). Ces formes de valorisation sont toutefois dans certains cas des portes d'entrée vers des contrats de recherche appliquée, dont les retombées peuvent être positives tant pour les entreprises que pour les laboratoires de recherche. Elles contribuent également à l'ancrage de l'université dans son environnement. Pour autant ces résultats montrent que l'université du Littoral ne joue pas un rôle clé dans la diversification économique du territoire. Les relations avec le monde industriel doivent être approfondies pour qu'elle joue pleinement son rôle potentiel d'actif secondaire pour participer à la diversification du territoire.

En résumé, la nature des actifs spécifiques matériels (infrastructure industrielle) et immatériels (compétences spécialisées), la faible collaboration entre le monde de la recherche et le monde industriel peut expliquer le faible taux d'activité à haute technologie, qui sont à l'origine de forte valeur ajoutée pour le territoire. Le territoire dunkerquois est fortement caractérisé par la présence d'une industrie de technologie moyenne et inférieure (graphique 3). De plus, d'après les derniers chiffres de l'INSEE, l'effort de recherche dans les Hauts-de-France atteint, en 2013, 1,1 % du PIB régional contre 2,2 % en moyenne nationale. Ce taux est en effet le plus faible parmi les régions métropolitaines. L'INSEE justifie également cette différence par « la présence de filières de faible ou moyenne intensité technologique telles que l'agroalimentaire et la métallurgie » (Dunkerque promotion, 2018).

Graphique 3 : Le territoire industrialo-portuaire de Dunkerque se caractérise par une industrie de technologie moyenne inférieure



Source : Acoess, Calculs : Direccte Nord - Pas-de-Calais
 Champ : secteur concourant hors agriculture et énergie
 Note de lecture : lorsque le tracé du territoire est à l'extérieur du tracé régional, l'activité est plus développée sur le territoire.

Source : DIRECCTE (2014)

- *Les actifs secondaires matériels* : les actifs secondaires peuvent se traduire par de nouvelles infrastructures. À Dunkerque, les nouveaux investissements du port s'inscrivent toujours dans la trajectoire industrielle du territoire, c'est le cas par exemple du Terminal Méthanier démarré en 2016. Il a une capacité de regazéification de 13 milliards m³ (près de 20% de la consommation française) avec un investissement de 1,3 milliards d'investissement. Il est implanté sur une plateforme de 56 ha, au Port Ouest de Dunkerque, est équipé : d'un appontement permettant le déchargement/rechargement des plus grands méthaniers (267 000 m³) à un débit maximal de 14 000 m³/h en déchargement et 4 000 m³/h en rechargement⁵² ; de 3 réservoirs de GNL, chacun d'une capacité de stockage de 200 000 m³ de GNL à -163 °C ; de 10 regazéificateurs (Open Rack Vaporizers) qui permettent de réchauffer le GNL et de le transformer en gaz naturel avant de l'envoyer sur le réseau de distribution et d'un tunnel de 5 km entre le canal de rejets de la Centrale Nucléaire de Gravelines. Les effets du terminal méthanier sur l'augmentation du trafic de vracs liquides sont attendus. La capacité de regazéification de l'installation devra atteindre 13 milliards de mètres cubes de gaz par an, soit l'équivalent de 20 % de la consommation annuelle française et belge en gaz naturel. Des retombées attendues concernent les recettes fiscales, la création d'emplois directs et induits, du développement d'activités économiques nouvelles autour de la filière du « froid ». Cependant, l'arrivée du nouveau terminal méthanier à Dunkerque participe à l'augmentation du nombre d'unité classée SEVESO dans la région de Flandre-Dunkerque (la plus forte densité en France) et renforce encore l'image d'une ville tournée vers l'industrie.

Les actifs spécifiques et secondaires spécialisés dans l'industrie lourde accumulés, au cours du temps, au sein du territoire dunkerquois n'ont pas seulement impacté sa trajectoire mais ont également engendré des externalités négatives sur l'environnement. La nature de l'activité industrielle locale est forte consommatrice en matières premières, mais elle engendre aussi des externalités négatives qui se traduisent par des risques industriels, de grandes quantités de déchets industriels et des émissions de poussières et de gaz à effet de serre.

Sur le territoire dunkerquois 200 000 habitants cohabitent avec 17 sites industriels classés SEVESO (seuil haut)⁵³ dont exploitation nécessite une autorisation préfectorale et fait l'objet

⁵² Des travaux sont en cours de réalisation pour permettre d'atteindre une capacité de rechargement de 8 800 m³/h de GNL

⁵³ Suite à la catastrophe liée au rejet accidentel de Dioxine dans la commune Seveso en 1976 (en Italie), les États européens ont réalisé qu'il était nécessaire de renforcer le contrôle des pouvoirs publics sur les activités industrielles présentant des risques technologiques majeurs. La catastrophe a donné naissance en Europe à la

de contrôles réguliers par la DREAL. La région Flandre-Dunkerquois est caractérisée par une forte densité de sites SEVESO et la concentration des zones industrielles et des zones résidentielles (annexe 5) les entreprises classées sont les suivantes : Rubis Terminal (dépôts UNICAN), Rubis Terminal (dépôts Môle 5), Minakem, Arcelor Mittal, Versalis Production, Versalis Stockage, Dépôts pétroliers côtiers à Saint pol sur Mer, Hydropale, SOGETRA, Nord Ester, GASSCO, BASF AGRI, Befsa Valera, Aluminium Dunkerque, AIR Liquide France Industrie, Russen Alcools et Dunkerque LNG (Terminal Méthanier). Ces entreprises sont les plus grands émetteurs de polluants dans l'atmosphère régionale avec en tête du classement le sidérurgique ArcelorMittal (annexe 6). En effet, les cinq premières entreprises émettrices rejettent 80% des poussières, le site d'ArcelorMittal en émet 60 % à lui seul⁵⁴. Cette pollution industrielle est certes en baisse constante depuis une dizaine d'années mais elle reste toujours importante (CUD, 2015). Le premier polluant à Dunkerque (mais aussi à l'échelle régionale) est donc l'industrie et en particulier les filières sidérurgique et agroalimentaire (annexe 7).

D'après les données d'ATMO⁵⁵ (2017), l'activité industrielle à Dunkerque est à l'origine de 94% des émissions de dioxyde de soufre (SO₂) de 80% des particules PM₁₀, de 79% des particules fines PM_{2.5} et de 63% des émissions d'oxydes d'azote (NO_x). 97,1% (33,5 millions de tonnes) des émissions de Gaz à effet de serre du territoire sont également issues de l'industrie, contre 1,6 % pour les transports, 1,2% pour les secteurs résidentiel et tertiaire et 0,1 pour le secteur agricole (ATMO, 2017).

Face à cette situation environnementale inquiétante, les acteurs territoriaux se sont engagés dès les années 1990 dans des actions de réduction de la pollution et de la consommation de l'énergie notamment, par la mise en place des pratiques d'écologie industrielle. Les pratiques d'écologie industrielle ont été mises en place avec la création de l'usine Usinor au début des années 1960 mais son développement se renforce à partir de la fin des années 1990. Depuis, Dunkerque est considérée comme l'une des villes pionnières en matière d'écologie industrielle en France. En 2017, la communauté urbaine de Dunkerque a été récompensée sur les actions mises en place de la cadre de sa stratégie énergétique et climatique (notamment sur le réseau de chaleur urbain) par le label Cit'ergie. Ce label, créé en 2008 et géré, en France, par l'ADEME, est l'équivalent

Directive Seveso en 1982. Puis à la Directive Seveso 2 en 2000 et à la Directive Seveso 3 en 2012 : « Directive n° 82/501/CEE du 24/06/82 concernant les risques d'accidents majeurs de certaines activités industrielles »

⁵⁴ La voix du Nord : 27/06/2018

⁵⁵ La fédération des Association agréée de surveillance de la qualité de l'air en France

du « European Energy Award » qui récompense chaque année des collectivités territoriales qui mettent en œuvre des actions concrètes et durables dans le cadre de leur politique énergie/climat. Dunkerque figure parmi les 50 agglomérations européennes les plus volontaires en matière énergétique⁵⁶. Pour être labélisées, les collectivités doivent obtenir plus de 75 % d'évaluation positive selon les critères du référentiel Cit'ergie. Avec 81,3% Dunkerque a obtenu le label Cit'ergie Gold, ce qui en fait la première intercommunalité à décrocher une note élevée en France⁵⁷.

En définitive, l'objectif de ce point était de présenter l'histoire de l'industrialisation lourde du territoire de Dunkerque et de comprendre les conséquences de cette industrialisation sur l'évolution de sa trajectoire économique. En effet, cette industrialisation a été à l'origine sur le plan économique d'une dépendance de sentier issue de la spécialisation (des infrastructures, compétences et connaissances orientées vers des secteurs à faible valeur ajoutée) mais aussi d'externalités négatives en termes de risques et pollutions environnementales qui nuisent tant au bien-être de la population qu'à l'attractivité.

Face à ces enjeux, l'écologie industrielle pourrait être considérée comme une voie intéressante pour la modification de la trajectoire économique de Dunkerque. Dans la suite de cette deuxième partie de la thèse nous allons étudier le rôle de l'écologie industrielle dans le développement du territoire Dunkerquois. Nous cherchons à comprendre les atouts de l'écologie industrielle pour la construction d'un milieu « éco-innovateur », au sein duquel les effets d'agglomération favorisent la génération et l'attractivité d'activités nouvelles.

⁵⁶ « Comment Dunkerque se distingue par sa gestion de l'énergie », La Turbine, 14/09/2018

⁵⁷ « La CUD, seule intercommunalité française à avoir obtenu le label Cit'ergie Gold », La Voix du Nord, 06/02/2018.

Section 6 : La symbiose industrielle comme milieu éco-innovateur au sein du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque

La sixième section est consacrée à la vérification de notre première hypothèse selon laquelle la symbiose industrielle peut prendre la forme d'un milieu éco-innovateur. Ce premier volet de notre enquête de terrain consiste à retracer l'historique et le contexte du développement des initiatives d'écologie industrielle à Dunkerque et d'identifier les formes que prend l'écologie industrielle dans les entreprises du dunkerquois, d'en comprendre les motivations des entreprises à mettre en place ce type de démarches, en se basant sur une analyse qualitative. Il s'agit, dans le premier point, d'analyser le schéma des synergies éco-industrielles établies entre les différents acteurs territoriaux. Dans le deuxième point de cette section, nous analysons les caractéristiques de la symbiose industrielle de Dunkerque en se basant sur les caractéristiques du milieu éco-innovateur (telles que nous les avons définies dans le chapitre 2). Nous étudions également les différents types d'éco-innovations créées dans la symbiose industrielle de Dunkerque.

1. L'analyse de la symbiose industrielle au sein du complexe industrialo portuaire de Dunkerque

Le territoire de Dunkerque représente un terrain intéressant pour étudier notre problématique qui s'articule autour de la contribution de l'écologie industrielle au développement économique des territoires. L'intérêt de ce choix se justifie par deux principales raisons : d'une part, il s'agit d'un territoire industrialo-portuaire qui représente un environnement propice au développement des démarches d'écologie industrielle (territoire caractérisé par la présence d'activités industrielle, de ressources et acteurs en interaction), les actifs spécifiques et secondaires de ce territoire sont liées à sa forte spécialisation dans l'industrie lourde. D'autre part, les expériences d'écologie industrielle sont les plus anciennes et les plus pérennes à l'échelle du pays. Après avoir présenté la trajectoire économique et les caractéristiques de notre terrain d'analyse (section 5), nous exposons dans le premier point de cette section 6, la démarche méthodologique adoptée pour l'analyse empirique de ce territoire ainsi que les résultats, portant sur la caractérisation de la symbiose industrielle et les incitations ayant motivé les entreprises à mettre en place des synergies d'écologie industrielle, telles qu'identifiées lors des entretiens.

1.1. Historique de l'écologie industrielle à Dunkerque et méthodologie suivie pour l'identification des synergies éco-industrielles

1.1.1. L'émergence des initiatives d'écologie industrielle à Dunkerque

Les premières initiatives d'écologie industrielle en France ont émergé dans la zone industrielle de Grande-Synthe (à 6 kilomètres à l'ouest de Dunkerque) bien avant que la notion soit popularisée dans le monde. La première synergie a été développée dès l'installation en 1962 du site Usinor. Pour répondre à ses besoins en électricité, une centrale thermique s'est implantée en 1963. Celle-ci produit de l'électricité en utilisant les gaz sidérurgiques d'Usinor. Quelques années plus tard, les pratiques d'écologie industrielle ont dépassé le cadre privé pour intégrer les acteurs publics. En effet, en 1985 un réseau de chauffage urbain a été construit dans le but de d'alimenter en chauffage les foyers et les bâtiments de la ville. Ce réseau est porté par la communauté urbaine de Dunkerque en collaboration avec l'industriel sidérurgique Usinor (aujourd'hui ArcelorMittal). Il s'alimente principalement de la récupération de la chaleur fatale issue des hauts fournaux d'Usinor. Le réseau s'étend sur 70 km et permet de fournir de la chaleur en diminuant la consommation énergétique et les émissions des gaz polluants.

Les pratiques d'écologie industrielle continuent à se développer à Dunkerque avec la mise en place, par la collectivité, d'actions visant la sensibilisation à la prise en compte des problématiques environnementales. En 1990, le Secrétariat Permanent pour la Prévention des Pollutions Industrielles (SPPPI) a été créé. Il réunit l'ensemble des acteurs (industriels, administrations, associations) locaux ayant un intérêt commun pour les questions d'environnement industriel. Le SPPPI participe au pilotage de projets visant la réduction de l'impact de l'industrie dunkerquoise sur l'environnement.

Au début des années 1990, l'État, la région Hauts-de-France (anciennement Nord-Pas-De-Calais) et la Communauté Urbaine de Dunkerque ont élaboré le schéma d'environnement industriel dans le cadre de la signature d'un contrat d'Agglomération. Ce schéma s'inscrit dans une politique prioritaire qui vise l'intégration des préoccupations environnementales dans le développement industriel. Le projet a été piloté par le SPPPI et l'AGUR, ayant initié d'une part des analyses de la prise en compte des problèmes d'environnement industriel sur d'autres sites, dans le but de retenir les conséquences et limites liées à ce type de projets. D'autre part, ils ont établi des bilans quantitatifs et qualitatifs qui identifient les problèmes environnementaux spécifiques au territoire dunkerquois. Les critères retenus ont servi à l'élaboration de cahiers des charges destinés à être un outil facilitant l'application des réglementations relatives aux

établissements industriels classés pour la protection de l'environnement (Nave, 1993). En définitive, ce schéma de l'environnement industriel a été un outil par lequel les acteurs publics et privés s'engagent à rendre compatible le développement économique et la prévention de l'environnement. Le développement économique du territoire dunkerquois s'est longtemps appuyé sur la croissance de l'activité portuaire et sur l'installation des activités sidérurgiques et pétrochimiques. Mais, l'industrialisation du territoire a engendré des impacts négatifs sur l'environnement, avec une importante pollution industrielle, comme souligné plus haut. L'établissement de relations basées sur les échanges de flux de matières et d'énergie s'intègrent dans une logique de réduction de ces impacts.

Par ailleurs, en 1994 la Communauté Urbaine de Dunkerque était l'une des premières communautés françaises ayant signé la Charte d'Aalborg⁵⁸ (CUD, 2015). La ville s'engage ainsi dans une charte dont les axes s'inscrivent dans une perspective de développement durable. Les engagements sont pris vis-à-vis d'un certain nombre d'aspects qui s'intègrent dans les approches de l'écologie industrielle notamment : la lutte contre les pollutions et nuisances, la gestion et l'élimination des déchets, la protection et la mise en valeur des milieux naturels et des paysages et l'amélioration du cadre de vie industriel, rural et urbain.

Depuis, de nombreuses synergies industrielles se sont construites sur Dunkerque en faisant émerger une dynamique structurée d'écologie industrielle. En effet, dans la fin des années 1990, un projet collaboratif engagé par des acteurs publics et privés sur les grandes zones industrielles a conduit à la création de l'association Ecopal, première association d'écologie industrielle en France. Le but de sa création est de développer, promouvoir et pérenniser la démarche d'écologie industrielle sur le territoire.

Avant de s'implanter sur le territoire dunkerquois en 2001, cette association a mené une pré-étude sur la zone industrielle de Grande-Synthe en 1999, pour cerner l'intérêt de mettre en œuvre une démarche d'écologie industrielle. Elle a principalement participé au développement des synergies de mutualisation autour de la collecte de déchets des différents industriels. En 2009, un projet de partenariat entre l'Université de Dunkerque (ULCO) et ECOPAL a été établi pour intégrer des modules d'écologie industrielle dans la formation initiale afin de développer la recherche sur l'environnement industriel. Quelques années après, Ecopal a lancé le projet IFIM : Étude D'Inventaire des Flux Industriels de Matières, dans le but a été d'identifier les

⁵⁸ La Charte d'Aalborg a été adoptée par les participants à la conférence européenne sur les villes durables qui s'est tenue dans la ville danoise d'Aalborg le 27 mai 1994. Elle se présente comme une anti-charte d'Athènes, prônant une densité et une mixité des fonctions urbaines au service du développement durable.

flux de substitution et de mutualisation existant dans la zone industrielle, de mieux connaître ces flux, les recenser et les quantifier et d'identifier les bonnes pratiques environnementales existante à Dunkerque. L'inventaire de flux entrants et sortants a mobilisé environ 200 entreprises, 5000 flux ont été recensés et des scénarios de mise en œuvre de synergie ont été identifiés.

D'autres actions ont été également mises en œuvre par les collectivités, les entreprises, et les associations de la région dunkerquoise afin de mettre en commun les efforts de toutes les parties prenantes de ce territoire et en faire une source de valeur ajoutée économique et environnementale. Aujourd'hui les démarches d'écologie industrielle à Dunkerque figurent parmi les 15 pérennes en France (Orée, 2016) (voir carte chapitre 1).

1.1.2. L'identification des synergies éco-industrielles à Dunkerque : méthodologie

Le premier volet de notre étude empirique consiste en la réalisation d'une analyse qualitative dont le but est d'identifier les formes que prend l'écologie industrielle dans les entreprises du dunkerquois, d'en comprendre les motivations et d'en identifier les difficultés. Il s'agit d'analyser le schéma des synergies éco-industrielles établies entre les différents acteurs territoriaux et comprendre comment l'écologie industrielle peut contribuer à la construction d'un milieu éco-innovateur sur le territoire.

Notre population cible se compose des membres du conseil d'administration de l'association Ecopal. Ce sont en effet des entreprises et institutions actives dans le domaine de l'écologie industrielle. D'autres entreprises ont ensuite été identifiées par effet boule de neige (nos interlocuteurs nous ont conseillé de les rencontrer). Pour la collecte d'informations, nous avons retenu la technique de l'entretien. Nous avons sollicité 24 entreprises et 9 institutions pour des entretiens semi-directifs (Blanchet, Gotman, 1992 ; De Ketele, Roegiers, 1996). 16 entreprises et 9 institutions ont répondu favorablement à notre demande (annexe 11 et 12). Pour la réalisation de ces entretiens nous avons élaboré un guide d'entretien qui se compose de sept parties (annexe 8).

1) La première partie est réservée à l'identité des entreprises et institutions. Il s'agit de confirmer les informations déjà recueillies sur les sites web des entreprises/institutions avant l'entretien, notamment, le nom, le nombre de salariés, le groupe d'appartenance, le secteur d'activité et la date d'installation.

2) La deuxième partie : concerne l'analyse de l'état des lieux et de la situation de chaque entreprise (l'historique et le type des flux) et ses engagements dans l'écologie industrielle. Notre objectif est d'avoir une vision générale sur le pourcentage des entreprises et institutions qui pratiquent l'écologie industrielle ou une stratégie environnementale, et si cette pratique correspond à une réflexion stratégique globale du groupe, mais aussi les principales formes prises par l'écologie industrielle (en particulier s'agit-il de flux de mutualisation, de flux de substitution ?) et l'historique de leur mise en place.

3) La troisième partie : concerne l'identification des motivations qui incitent les entreprises et les institutions interrogées à adopter une démarche d'écologie industrielle dans leurs stratégies environnementales. Nous avons recensé, à partir de la littérature, les motivations suivantes : réduction de coûts, se débarrasser des déchets encombrants, marketing-image, pression sociale, rôle réglementations environnementales (rôle défensif ou pro-actif), réponse à une demande de partie prenante, adaptation à la stratégie du groupe, dimension humaine. Lors des entretiens nous avons demandé à nos interlocuteurs de placer ces motivations selon leur niveau d'importance, sur une échelle de 1 à 3 (1 : pas important, 2 : important, 3 : très important).

4) la quatrième partie : concerne le recensement des difficultés et limites auxquelles sont confrontées les entreprises et les institutions (publiques et privées) dunkerquoises lors de l'établissement des synergies éco-industrielles. Les difficultés que nous avons identifiées sont les suivantes et correspondent aux limites recensées dans littérature : difficultés techniques (stabilité des déchets, continuité des flux, nécessité de retraitement), économiques (activité peu rentable, transport trop coûteux, manque de financement), insuffisance des flux (quantités réduites des déchets), infrastructurelles (les infrastructures ne sont pas disponibles), réglementaires (pas d'incitation), organisationnelles (manque de compétences en interne, manque de prestataires externes), relationnelles (manque de confiance des autres entreprises), informationnelles (l'information nécessaire n'est pas disponible). Comme pour la partie des motivations nous avons demandé à nos interlocuteurs lors des entretiens de placer ces difficultés selon leur niveau d'importance, sur une échelle de 1 à 3 (1 : pas important, 2 : important, 3 : très important).

5) la cinquième partie : concerne l'identification des impacts de la mise en place de l'écologie industrielle sur l'organisation interne des entreprises et des institutions interrogées. L'objectif est de comprendre si la mise en œuvre d'une démarche d'écologie industrielle conduit au développement de compétences spécifiques et d'innovations (produit/service, procédé, organisation ou commercialisation).

6) la sixième partie : s'intéresse aux prestataires externes dans la gestion de flux (de mutualisation ou de substitution). L'objectif est d'identifier et à préciser leurs rôles dans la mise en place et l'organisation des synergies éco-industrielles.

7) la septième partie : se compose des questions d'ouverture qui ont pour but de comprendre la nature des relations des entreprises avec la structure locale chargée de l'écologie industrielle (les atouts et limites de ce type d'acteur pour le développement de l'écologie industrielle) mais aussi avec les autres acteurs locaux dans le cadre des projets d'écologie industrielle.

L'ensemble des entretiens ont été effectués en face à face et ont duré entre 1h et 3 heures, dans quelques cas, ils ont été suivis d'une visite de sites. Ce premier volet d'enquête a été réalisé sur deux périodes (2014 et 2017). Certains entretiens ont été réalisés en 2014 et actualisés en 2017. Les résultats obtenus à l'issue de ces entretiens visent à valider ou invalider la première sous hypothèse selon laquelle : la symbiose industrielle qui organise les démarches d'écologie industrielle peut être considérée comme un milieu « éco-innovateur ».

Pour le traitement et l'analyse des réponses de nos interlocuteurs, nous avons réalisé la retranscription des entretiens oraux (enregistrés lorsque l'interlocuteur donnait son accord) afin d'établir des comptes rendus écrits permettant de faciliter l'analyse des résultats. Deux ou trois personnes ont réalisé les entretiens (nous avons été accompagnée par d'autres membres de l'équipe de recherche ou encore d'étudiants de master 2 management de l'innovation - ULCO).

Les comptes rendus ont ensuite été systématiquement croisés pour accroître la rigueur et l'objectivité. Le contenu du guide d'entretien était adapté pour chaque entretien au profil de l'entreprise/institutions et aux informations dont nous disposons en amont sur son activité en matière d'écologie industrielle. La triangulation de l'information a donc été obtenue par ces différents moyens (Denzin, 1978 ; Silverman, 2006, 2009)⁵⁹. Au travers la réalisation de multiples entretiens, nous avons collectés un ensemble important de données sur les formes que prend l'écologie industrielle dans le territoire Dunkerquois. Nous exposons ces résultats dans le point suivant. Les résultats sont en effet basés sur les comptes rendus d'entretiens, vérifiés et éventuellement complétés par les articles de la presse locale et régionale, les documents des entreprises et des institutions en libre accès. Ils sont également complétés par notre participation

⁵⁹ « La triangulation consiste à mettre en œuvre plusieurs démarches en vue de la collecte de données » (Yana, 1993, p. 1).

Denzin (1978) a mis en évidence trois types de triangulation : l'utilisation de sources de données différentes pour le temps, l'espace et les personnes ; l'utilisation de chercheurs différents ; l'utilisation de méthodes différentes en même temps. Il est donc possible de distinguer entre triangulation méthodologique, triangulation des sources d'information et triangulation des participants.

à un ensemble d'évènements (réunion, conférences, visites d'entreprises) organisés par les acteurs locaux sur la thématique de l'écologie industrielle (annexe 9).

1.2. Présentation approfondie de la symbiose industrielle de Dunkerque

1.2.1. Présentation des acteurs et des principales formes des synergies éco-industrielles à Dunkerque

Nous présentons dans ce point les résultats des entretiens menés auprès des acteurs privés, publics et semi-publics impliqués dans l'écologie industrielle complétées par les informations publiques (presse locale, sites internet des entreprises et institutions). Nous nous sommes basés sur la deuxième partie de notre guide d'entretien pour établir un schéma représentatif de la symbiose industrielle de Dunkerque. Les questions posées aux interlocuteurs portent essentiellement sur l'historique de la mise en place des synergies industrielles, les formes des flux échangés et les types de partenaires engagés dans les échanges de flux. Nous apportons dans cette partie les premiers éléments de réponse à notre première hypothèse dans laquelle nous estimons que l'écologie industrielle permet l'instauration des caractéristiques d'un milieu éco-innovateur à Dunkerque.

La symbiose industrielle de Dunkerque, telle que nous l'avons identifiée, se compose de plusieurs acteurs dont la taille et les activités diffèrent. Elle intègre 5 entreprises de grande taille⁶⁰ (ArcelorMittal Dunkerque, la centrale nucléaire d'EDF, Aluminium Dunkerque, Dillinger et le Grand Port Maritime de Dunkerque), 10 entreprises de taille petite ou moyenne, dont 8 appartiennent à des groupes de grande taille notamment Ball Packaging qui appartient au groupe Ball corporation spécialisé dans les boîtes boisson ; Baudalet qui fait partie du groupe Baudalet Environnement spécialisé dans le traitement et la valorisation des déchets, Dalkia qui est une filiale de EDF ; DK6 qui est un fruit d'un partenariat entre ArcelorMittal et GDF Suez; Chaudronnerie ADS qui appartient au groupe Cèdres Industries spécialisé dans la chaudronnerie et la maintenance industrielle, Daudruy qui appartient au groupe Dauruy Van Cauwenberghe, Ryssen Alcool qui fait partie du groupe CropEnergies et Südzucker un producteur mondial de bioéthanol, Suez Eau France qui appartient au groupe Suez France spécialisé dans la gestion de l'eau et Befesa Valera qui fait partie du groupe Befesa, spécialisée dans le recyclage des poussières d'acier, des scories de sel et des résidus d'aluminium. Les 2

⁶⁰ Selon CCI de Paris la taille des entreprises est fonction du nombre des salariés : Très petite entreprise 1 à 9 salariés ; Petite entreprise 10 à 49 salariés ; Moyenne entreprise 50 à 499 salariés ; Grande entreprise de 500 à 999 salariés ; Très grande entreprise plus de 1000.

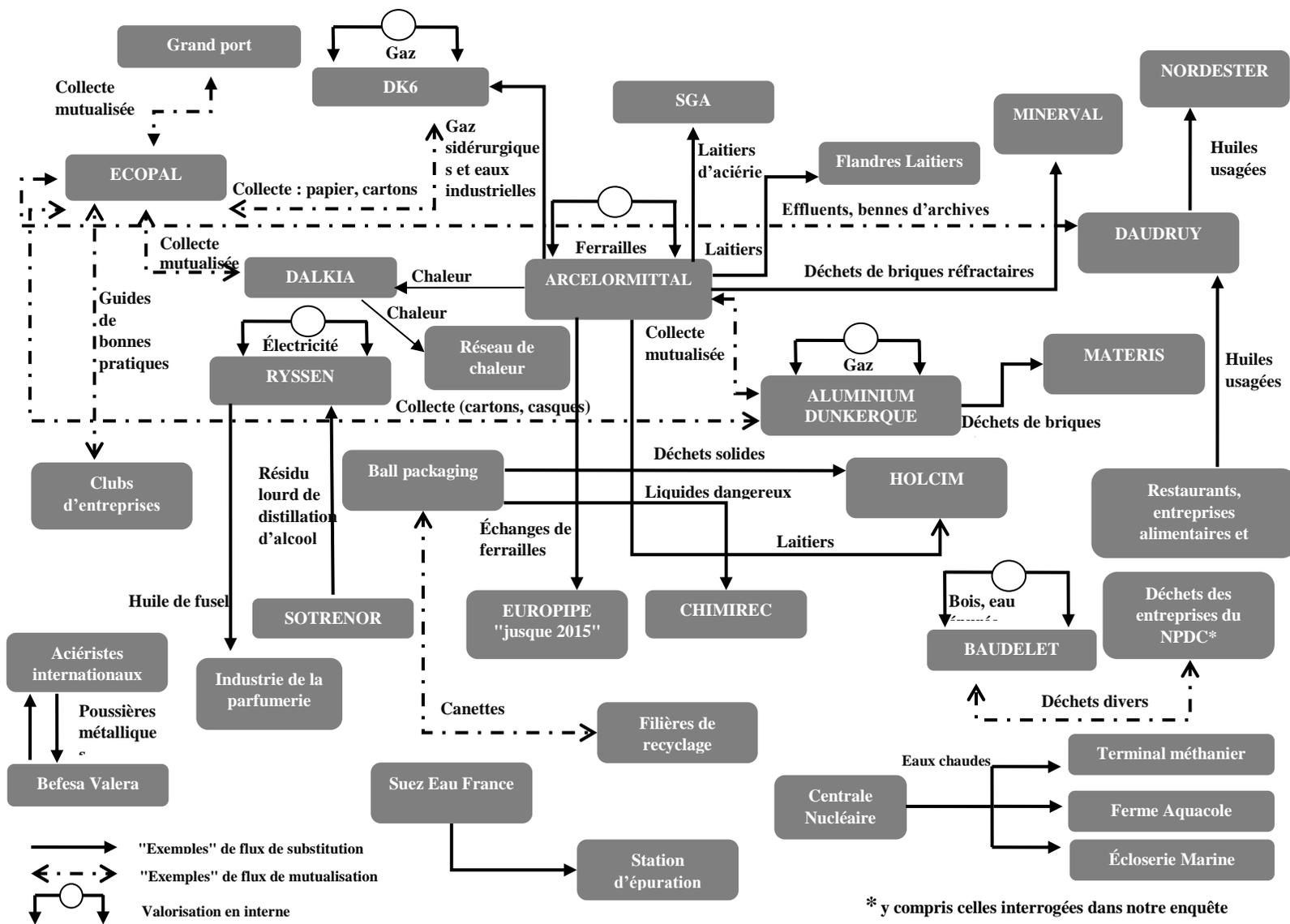
entreprises restantes sont également des entreprises de taille moyenne mais n'appartiennent à aucun groupe : notamment Marquis Transport et Logistique, Littoral Pneus Services.

Les démarches d'écologie industrielle à Dunkerque ne sont pas portées uniquement par les acteurs privés. La symbiose industrielle intègre également des acteurs publics et semi-publics qui sont en interaction avec les industriels. Ces derniers participent à la mise en place et la pérennité des synergies éco-industrielles. Nous identifions les collectivités (la Communauté urbaine de Dunkerque et la Mairie de Grande Synthe), la DREAL, l'Université du Littoral Côte d'Opale, l'association Ecopal, les clubs de zones d'entreprise, l'agence de développement économique Dunkerque promotion et l'agence d'urbanisme Flandre Dunkerque. Nous avons interrogé les structures publiques et semi-publics dans pour deux raisons. D'une part, pour comprendre leur rôle et le type d'accompagnement qu'ils proposent aux entreprises dans le cadre de la mise en place de cette démarche mais de savoir si eux-mêmes mettent en place des pratiques d'écologie industrielle. D'autre part, l'objectif est d'avoir leurs visions vis-à-vis des atouts et les difficultés liées à la mise en place de l'écologie industrielle dans les entreprises. D'autres acteurs, que nous n'avons pas directement interrogés, sont membres de la symbiose industrielle de Dunkerque car ils sont en interaction avec nos interlocuteurs.

Les entretiens menés nous ont permis d'avoir une vision générale sur les entreprises et institutions qui pratiquent l'écologie industrielle à Dunkerque. Nous avons pu identifier les principales formes des synergies éco-industrielles dans les entreprises et l'historique de leur mise en place. Il découle des résultats que toutes les entreprises interrogées pratiquent l'écologie industrielle ou adoptent une stratégie environnementale. La majorité des interlocuteurs soulignent que ces flux ont été mis en œuvre depuis la création de leurs entreprises.

La symbiose industrielle se caractérise par la présence de deux types de flux d'écologie industrielle : des flux de valorisation ou de substitutions et des flux de mutualisation. Il existe également dans certains cas des flux de valorisation en boucles fermées (en interne) (schéma 16). C'est-à-dire que les déchets et rejets d'une entreprise sont réintégrés dans son processus de production. Pour avoir une vision plus détaillée des types de flux de chaque entreprise nous avons établi le schéma ci-dessous que nous expliquons par la suite en mobilisant les entretiens réalisés avec les différents acteurs.

Schéma 16 : Les synergies éco-industrielles dans la symbiose industrielle de Dunkerque



Source : Auteur

Les synergies de valorisation/substitution

L'acteur clé de la mise en œuvre des flux de substitution et de valorisation est l'industriel sidérurgique ArcelorMittal. De nombreux flux de nature variée sont générés au cours de son processus de production d'acier compte tenu des quantités importantes de matières et d'énergie qu'il consomme. Pour réduire son impact sur l'environnement et dans un souci d'optimisation de ressources, l'industriel opte pour la valorisation de ses différents rejets. Il est engagé dans 5 synergies différentes avec plusieurs acteurs : la chaleur fatale, les gaz sidérurgiques, les rejets d'eaux les laitiers et les déchets métalliques.

Les flux de chaleur fatale constituent l'une des plus grandes actions d'écologie industrielle à Dunkerque. Cette synergie engage plusieurs acteurs, ArcelorMittal, les mairies de Dunkerque et de Saint Pol sur Mer et Dalkia. Elle a donné lieu à l'émergence du réseau de chaleur urbain qui est apparu en 1985, (2^{ème} tranche en 2002). Dalkia récupère la chaleur fatale issue de la chaîne d'agglomération n°3 d'ArcelorMittal pour chauffer les foyers dunkerquois. Le réseau est alimenté de 55% à 70% par la chaleur fatale d'ArcelorMittal, à travers un système qui permet le réchauffement d'eau. Le rôle de Dalkia dans cette synergie est d'exploiter la chaleur et la distribuer dans le réseau de chaleur qui couvre une grande partie de la ville (annexe 13).

Les gaz sidérurgiques sont valorisés par la centrale de cogénération DK6. Cette centrale est née d'une convergence d'intérêts entre ArcelorMittal et GDF Suez. D'une part, ArcelorMittal souhaitait valoriser ses gaz sidérurgiques issus de son processus de production, et d'autre part, GDF Suez souhaitait développer son offre de service suite à l'ouverture des marchés de l'énergie (gaz et électricité). Il s'agit de la première centrale à cycle combiné au monde et de la première centrale électrique de GDF Suez (aujourd'hui ENGIE). Cette centrale est constituée de deux tranches identiques d'une puissance totale de 800 MW (chaque tranche ayant une puissance de 400 MW). L'installation est donc divisée en deux parties identiques chacune équipée d'une chaudière, d'une turbine à vapeur, d'une turbine à gaz et d'un alternateur. Pour le fonctionnement d'une tranche de cycle combiné à gaz, la centrale DK6 utilise deux types de matière première : le gaz naturel et les gaz sidérurgiques. En ce qui concerne le gaz naturel, la centrale est alimentée par le GRT gaz de GDF Suez, c'est-à-dire, le service de transport de gaz du groupe. Les gaz sidérurgiques sont des co-produits de la production d'ArcelorMittal. L'entreprise fournit du gaz sidérurgique à hauteur de 5 TWh par an, ce qui équivaut à 5 Gm3 dont 35% et 40 % sont valorisés par DK6. Le reste est essentiellement utilisé en interne par ArcelorMittal pour faire fonctionner certaines installations comme les chaudières. Rien ne doit

partir à l'atmosphère, des torchères servent à brûler les gaz non traités en cas d'incident technique ou d'impossibilité de traiter tous les gaz envoyés (annexe 14).

ArcelorMittal met également en œuvre le traitement et la valorisation des laitiers cimentaires. En 2000, l'industriel a lancé un appel d'offre portant sur le traitement et la valorisation des co-produits sidérurgiques de l'aciérie de son site de Dunkerque. Pour répondre à cette demande les sociétés Phoenix Services et Eiffage Travaux Publics ont créé la société SGA qui va prendre en charge la valorisation des laitiers d'Arcelor à partir de 2006⁶¹. Ces laitiers sont destinés à être traités et réutilisés dans les travaux publics. En 2008, l'industriel cimentier Holcim a construit un broyeur à proximité d'ArcelorMittal avec un silo de stockage d'une capacité de 15 000 t/an, une station de réception et un mélangeur. Il réutilise ces laitiers de hauts fourneaux d'Arcelor pour la production de grains utilisés en cimenterie.

Concernant la valorisation des déchets métalliques et des rejets d'eaux, ArcelorMittal recycle les déchets générés du processus de production de Dillinger, une entreprise concurrente située sur le site d'ArcelorMittal. Une partie importante des déchets de Dillinger est valorisée par ArcelorMittal. Il s'agit de déchets métalliques sous toutes ses formes : chutes de métal, calamine, morceaux d'oxyde de coupage et chutes de ferrailles, poussières de métal, battitures et limailles. Ces déchets sont traités et intégrés par ArcelorMittal dans son processus de production d'acier. Dillinger génère également des rejets d'eaux usées qu'ArcelorMittal récupère, transforme en vapeur et réutilise. L'industriel valorise d'autres matières notamment le soufre et du goudron utilisé dans la fabrication d'électrodes. Le groupe cherche à valoriser de plus en plus de co-produits. En 2017, il a lancé le programme EPOS (programme européen Efficiency Performance Operations Symbiosis)⁶² avec d'autres industriels et plusieurs universités, afin de trouver de nouvelles synergies et d'augmenter le recyclage de ses déchets.

D'autres entreprises de la symbiose sont engagées dans des flux de valorisation. Daudruy récupère des huiles usagées auprès des particuliers, restaurateurs, collectivités et industriels de l'alimentaire afin de produire du biocarburant. Elle est la seule entreprise en France à pouvoir produire du biocarburant à 100% à partir d'huiles usagées. L'entreprise a créé des points de collecte placés par exemple dans les grandes surfaces et aussi à l'entrée de son site. Une fois collectées, ces huiles sont acheminées vers un centre de collecte et traitées dans une autre unité

⁶¹ Association Française des Opérateurs sur Co-produits Industriels : <http://www.afoco.org>

⁶² CEN CWA kick-off – industrial symbiosis, Brussels, 21st February 2018. The EPOS project, short intro <https://www.international-synergies.com/wp-content/uploads/2018/03/CWA-GvEetvelde-2018.pdf>

que Daudruy a créée (Nord Ester située également à Dunkerque) qui se charge de la production du biodiesel.

Daudruy traite également les eaux usées. Elle a développé une station d'épuration pour le traitement des effluents. Cela représente un investissement financier important qui a permis la création de 4 postes. Les boues traitées de la station d'épuration sont destinées à être intégrées dans des processus de méthanisation en Belgique. L'entreprise participe actuellement à l'élaboration d'un projet de méthanisation au niveau local (le projet est en phase d'étude et reste confidentiel pour l'instant). Par ce projet, Daudruy vise à augmenter sa capacité de valorisation des boues à 1700 tonnes par an. Le traitement des eaux dans sa propose station d'épuration, lui permet de traiter la totalité de ses effluents et de recycler la majeure partie de ces eaux de refroidissement. Cela a permis de diviser par 10 le volume d'eau prélevé et rejeté dans le canal. Actuellement, l'entreprise a pour projet d'intégrer le réseau de chaleur dunkerquois ainsi qu'au Centre de Valorisation Energétique de la communauté urbaine de Dunkerque. En effet, sa filiale Nord Ester s'est associée à la communauté urbaine de Dunkerque, exploitant du Centre de Valorisation Energétique (CVE) et au groupe Dalkia qui exploite le réseau de chaleur pour créer « un nœud énergétique unique » sur le territoire. L'objectif est de valoriser de manière plus optimale la chaleur produite par le CVE en y associant le groupe Daudruy Van Cauwenberghe. Lorsque la demande du réseau de chaleur est faible durant l'été, Daudruy s'en servira pour fabriquer la vapeur dont elle a besoin pour son process. Durant l'hiver, il fournira un complément de vapeur qui pourra être utilisé dans le réseau de chaleur. Cette augmentation de la production de chaleur servira à chauffer la piscine communale de Petite Synthe/Saint Pol Sur Mer ainsi que des bâtiments communaux.⁶³

Le Grand Port Maritime de Dunkerque (d'une vocation énergétique affirmée : centrale électrique, terminaux pétroliers et terminal méthanier gazoduc, proximité de la plus grande centrale nucléaire d'Europe, usines très consommatrices d'énergie, etc.) développe des expérimentations de valorisation des sédiments⁶⁴ pollués qui sont considérés comme déchets. Le Port de Dunkerque s'est doté, dès 2007, d'une station de transit et de traitement de ses vases non immergeables en vue de pouvoir les valoriser à terre. Le port est ainsi le pionnier dans cette démarche à l'échelle nationale et valorise chaque année entre 50 000 et 60 000 m³ de vase

⁶³ Dunkerque News 2018, Dunkerque Promotion -Invest in Northern France, juin 2018 p.9

⁶⁴ Un sédiment est un ensemble de particules laissé par les eaux, le vent et les autres agents d'érosion. Il s'est formé par des matières qui ont été emportées par les agents d'érosion sous l'effet de la gravité. Il est issu d'un processus de sédimentation qui dépend de facteurs climatique.

depuis 2008⁶⁵. De plus, l'équipe a réalisé plusieurs tests de valorisation notamment pour la construction d'une route dont une partie de la composition des chaussés sont des sédiments pollués, l'utilisation de ces sédiments pour la réalisation des blocs de béton pour la protection des ouvrages extérieurs contre la houle et l'utilisation des sédiments pour fabriquer des granulats. Toutes ces expérimentations ont été réalisées dans le cadre "Sédimatériaux", une démarche lancée par l'Etat en collaboration avec la Région, qui vise à construire des filières de valorisation des sédiments pollués.

Befesa Valera valorise les poussières d'aciers qu'elle récupère auprès de grandes entreprises aciéristes internationales. Befesa ne valorise pas les poussières des entreprises locales notamment, ArcelorMittal pour des raisons techniques. Son activité est en effet centrée sur la récupération de l'inox dans les poussières. Les processus de production des clients de Befesa génèrent des poussières de filtres. Elles sont récupérées pour des raisons environnementales dans des filtres, conditionnées et transmises à Befesa Valera pour valorisation. Ces poussières de filtres sont considérées comme résidus et déchets selon la législation. Elles sont classées comme résidus dangereux (toxiques) qui nécessitent un traitement spécial. Ces poussières ont une valeur "*intrinsèque*" dans la mesure où elles contiennent des métaux nobles (le chrome et le nickel). Lorsque ces déchets sont valorisés, ils sont renvoyés aux clients de Befesa. Ce processus de valorisation génère un autre sous-produit qui est le laitier. Ce dernier peut être utilisé comme matière par les constructeurs de routes ou de bâtiment. Actuellement, Befesa travaille sur un programme de R&D pour développer un processus de valorisation de manganèse. Cette synergie future sera établie avec deux fabricants de manganèses locaux.

Les eaux usées de la centrale nucléaire d'EDF sont valorisées par trois entreprises locales. La centrale nucléaire d'EDF utilise l'eau de mer dans son processus de production pour refroidir les réacteurs nucléaires. Cette eau n'est pas en contact avec la radioactivité de la centrale, elle passe en effet dans des circuits indépendants. Après avoir circulé pour refroidir ces réacteurs, la température de cette eau augmente ce qui fait d'elle un flux intéressant pour d'autres entreprises. Ces eaux usées alimentent gratuitement trois entreprises du territoire dunkerquois. Le premier flux d'eau chaude est transféré à la ferme Aquacole. Elle est installée à Gravelines et spécialisée dans la pisciculture. Elle réalise l'élevage de poissons. La centrale lui livre 10 m³ d'eau chaude par seconde. Par ailleurs, cette ferme envoie de l'eau chaude à l'écloserie marine qui dépend d'elle (Ces deux sociétés appartiennent au groupe Gloria Maris). Celle-ci se

⁶⁵ Dunkerque News 2018, Dunkerque Promotion -Invest in Northern France, Juin 2018, p7.

spécialise dans l'élevage des alevins. Elle utilise également l'eau chaude d'EDF dans son processus de production. La centrale nucléaire envoie également de l'eau chaude au terminal méthanier dont l'activité est de recevoir les plus grands méthaniers du monde transportant de GNL. Le GNL est stocké dans les cuves du terminal méthanier sous un état liquéfié (liquide) qui permet d'optimiser l'espace pour son transport. Pour être envoyé dans les réseaux de distribution de gaz, il doit être déliquéfié/regazifié. Pour cela, le terminal méthanier utilise l'eau chaude de la centrale EDF.

Suez Eau France, anciennement Lyonnaise des Eaux, a participé à l'installation d'un réseau d'eau et au traitement des rejets (réseau d'assainissement). Avec la collectivité, Suez Eau France a contribué à la construction des stations d'épurations et leur mise en conformité vis-à-vis des nouvelles normes liées aux rejets dans les milieux naturels. Le réseau d'assainissement concerne en particulier les petites entreprises. Les grandes entreprises d'industrie lourde présentes sur le territoire ont généralement leurs propres stations d'épuration et d'assainissement. L'entreprise dispose de 3 principales stations d'épuration à Dunkerque. Les boues et déchets fins de ces stations peuvent être réutilisés. De fait, elle a construit une station de séchage de boues qui est alimentée par les boues de ses stations d'épuration. Les boues séchées sont transférées chez un papetier local qui les valorise pour produire du gaz et de la vapeur. Ce gaz sert à alimenter l'usine mais il permet également d'alimenter Suez Eau France. Il s'agit d'une synergie en boucle fermée entre Suez France et le papetier. L'entreprise travaille également avec la CUD. Les boues des stations sont orientées vers le centre de valorisation énergétique de Dunkerque après déshydratation. Elles sont ensuite valorisées énergétiquement par le CVE et transformées en gaz qui sert à alimenter l'incinérateur de ce même site.

Ryssen Alcool réalise le traitement des déchets de différentes natures notamment : le gaz naturel, et la vapeur générée par les procédés. Les huiles de fusel sont soit vendues à l'industrie de la parfumerie locale soit cédées pour incinération pour servir de carburants en remplacement de gaz et pétrole. Les eaux usées de l'entreprise sont séparées des eaux pluviales dans la station d'épuration de l'entreprise. De plus la vapeur générée par les procédés des chaudières alimente une turbine produisant de l'électricité qui alimente le site. L'entreprise utilise l'électricité du réseau EDF seulement en cas de panne.

La plupart des entreprises de la symbiose ont des liens avec l'éco-parc Baudalet. Le cœur de métier de Baudalet Environnement est en effet le recyclage et la valorisation des déchets. Elle collecte et récupère les déchets mutualisés par certaines entreprises avec l'association Ecopal.

Le site dispose de trois pôles « matériaux », « ferrailles et métaux », « déchets ». L'activité de Baudelet s'intègre dans des filières de recyclage/valorisation variées. Sur le pôle matériaux Baudelet dépollue les terres de certains sites industriels "Bioventings» (principalement les terres hydrocarburées). La 2^{ème} activité du pôle matériaux est le traitement des déchets inertes, notamment les pierres et les cailloux. Ces derniers sont concassés, nettoyés et triés par taille. Ils sont utilisés en interne et destinés également à des entreprises de BTP (autoroute, parking...).

Concernant le pôle ferraille et métaux, Baudelet occupe une position moyenne sur le marché des ferrailles et métaux. Elle dispose d'un outil principal permettant le traitement de la ferraille. Il s'agit d'un broyeur de 3000 chevaux qui broie 100 tonnes de ferrailles par heure. Baudelet récupère tous les types de ferraille et métaux chez les clients (notamment ArcelorMittal), elle rachète ces déchets les broie et les revend. Pour le pôle déchets, l'entreprise dispose d'une station de dépollution de véhicules hors d'usage. Pour répondre à la réglementation, les pneus, les fluides (les huiles, le gasoil) sont retirés des véhicules avant d'être intégrés dans le broyeur. Après être broyés les déchets sont triés. Elle récupère également les chutes de fils chez Alcatel qui sont stockés sur le site, triés et revendus). Les déchets métalliques sont également identifiés puis triés. Une fois cette étape franchie, chaque type de matière va emprunter une filière de valorisation ou de négoce adéquate. Baudelet exploite également une unité d'affinage d'aluminium, d'une superficie totale d'environ 3000 m², qui emploie 14 personnes. Cette affinerie, dite de « seconde fusion » utilise différents types de déchets d'aluminium issus du recyclage. Enfin, Baudelet dispose d'un centre de valorisation organique, construit au sein de l'Eco-Parc de Blaringhem et opérationnel depuis 2013, il permet de traiter 25 000 tonnes/an de déchets fermentescibles (autrement appelés "bio-déchets") suivant le procédé de la méthanisation par voie sèche. Cette installation est particulièrement adaptée pour la valorisation des : déchets verts, résidus de production agro-alimentaire, résidus de la restauration hors foyer, surplus provenant de la grande distribution d'origine végétale ou animale pouvant comprendre des emballages. L'objectif est de vendre ces déchets aux agriculteurs. L'activité de Baudelet s'intègre dans des filières de recyclage/valorisation variées et qui a donné lieu à des éco-produits commercialisés par le groupe (lave-glace, briques de bois)

Dans certains cas les pratiques de valorisation sont effectuées à l'échelle interne des entreprises. Par exemple le sidérurgiste récupère les ferrailles, les produits métalliques en interne ou venant d'autres sources (rachat de ferraille notamment auprès de Baudelet) qu'elle transforme dans sa chaîne d'agglomération. Cette ferraille est par la suite intégrée dans son processus de production. Dans l'entreprise productrice d'aluminium, l'écologie industrielle se traduit

principalement par des processus de valorisation en boucles fermées. Ces pratiques ont été mises en œuvre depuis la création du site dans le but de maîtriser les rejets atmosphériques. Le processus de valorisation au sein de l'entreprise productrice d'aluminium repose principalement sur une boucle fermée. Pour la valorisation du fluor l'entreprise dispose de 132 cuves reliées entre elles avec un réseau électrique (une série d'électrolyse), l'énergie passe par toutes les cuves qui sont équipées par des anodes. Le traitement des rejets de ces cuves se fait à l'aide des centres de traitement de gaz. Les déchets issus des cuves ont des réfractaires pour garder la chaleur, ils sont retransformés en énergie. L'entreprise travaille en effet en boucles fermées, ses déchets servent à alimenter l'énergie de l'usine. Tous les déchets récupérés dans les collecteurs (les gaz des cuves d'électrolyse) vont être transformés en fluor et réinjectés dans les cuves. L'entreprise recycle également les mégots d'anodes. Ces derniers sont reconcassés et retransformés à nouveau en anodes et réintégrés par la suite dans le processus de production d'aluminium.

Les synergies de mutualisation

L'acteur qui a pour mission l'organisation des flux de mutualisation au niveau du territoire est l'association Ecopal. Elle met en place de services de collectes mutualisées et gère les plannings de passage des camions de collecte auprès des entreprises. Par exemple Daudruy participe à la collecte mutualisée organisée par Ecopal. Il s'agit de déchets de petites quantités notamment le carton, les déchets électriques, les cartouches d'imprimantes etc. Ces déchets sont collectés par Ecopal et envoyés à Baudalet pour être valorisés. Les déchets industriels de petites quantités (notamment les déchets de laboratoire) sont transférés dans le centre de valorisation énergétique Chimirec (près de Douai) pour un traitement spécifique. La chaudronnerie ADS est également un adhérent d'Ecopal. Elle réalise la collecte mutualisée des déchets suivants : papier, cartouches d'encre, huiles usagées (véhicules), pneus usagés, piles, chiffons gras, aérosols.

Toutes les pratiques de mutualisation dans la symbiose industrielle de Dunkerque ne sont pas gérées par Ecopal. Certains acteurs disposent de leurs propres déchetteries comme ArcelorMittal. ArcelorMittal participe, en effet, à des flux de mutualisation, elle dispose d'une déchetterie qu'elle met à la disposition d'autres entreprises comme Sollac Mardyck et Dillinger. L'entreprise incite aussi ses sous-traitants à l'utiliser. ArcelorMittal ne participe pas vraiment aux actions de mutualisation d'Ecopal en raison de sa taille (trop grande par rapport aux flux gérés par Ecopal). Mais elle est l'un des membres fondateurs d'Ecopal.

D'autres acteurs font directement appel à des filières de valorisation notamment l'entreprise Baudelet⁶⁶, Chimirec, Aliapur (filière de valorisation de pneus usagés) etc. En effet, Baudelet assure la collecte et le transport des déchets des entreprises de la région Hauts de France à travers la mise à disposition de contenants adaptés.

Par exemple les pneus de l'entreprise Littoral pneus services sont récupérés par Aliapur, une association pilotée par le syndicat de pneus, (les carcasses sont revendues, exportées, et non recyclées pour les matériaux). D'autres déchets passent par l'entreprise Baudelet avant d'être transférés à Aliapur. Le fer est récupéré et repart à Leffrincoque, et les fluides sont récupérés par Chimirec.

Le port maritime de Dunkerque génère des déchets classiques liés à l'exploitation des ouvrages (des huiles, des produits d'entretien...) pour lesquels ils ont un marché de récupération et de traitement dans des circuits classiques (marchés classiques, par bon de commande, ou des marchés cadres).

La centrale thermique DK6 produit très peu de déchets. En fonctionnement normal, les déchets sont de petites quantités (déchets des bureaux, papiers et cartons). Les quantités de déchets augmentent lorsqu'elle réalise des travaux de mécanique en période d'arrêts maintenance. DK6 les transfère alors vers un parc à déchets.

Ball packaging fait partie de l'Association BCME⁶⁷ (Beverage Can Makers Europe) qui est une association européenne à but non-lucratif basée à Bruxelles. L'association est formée par les trois principaux producteurs d'emballages boisson en Europe : Ball Packaging Europe, Crown Bevcan Europe et Rexam, c'est un consortium de recyclage dont le but est de promouvoir la récupération des emballages hors domicile. Dans le cadre des actions de l'association BCME, Ball Packaging récupère les canettes, qui sont envoyées par la suite à des filières de recyclages françaises. Les canettes recyclées de Ball packaging servent de matières premières pour d'autres entreprises. Selon notre interlocuteur, ce n'est pas possible d'utiliser les déchets recyclés de Ball packaging dans son processus de production. L'entreprise consomme 66000 tonnes de ferraille par an, elle envoie 13000 tonnes de déchets d'acier en Hollande par péniche (entretien n°8).

⁶⁶ Le groupe Baudelet Environnement dispose de : 65 camions dont 27 équipés de remorques, 8 camions-grue, 27 remorques, l'entreprise intervient également en Belgique. Elle dispose d'un laboratoire qui s'occupe de la qualification et le contrôle de la conformité des déchets.

⁶⁷ <http://www.bcmelaboiteboisson.com/presentation/bcme/28>

Enfin, Marquis transport et logistique génère différents types de déchets : bennes à carton, bois, ferraille et plastique, conteneurs pour chiffons ou gants souillés, récipients pour huiles usagées, bacs pour papier, matériel électronique, cartouches d'encre, aérosols ou piles. Ces déchets sont orientés vers des filières de recyclage, donnés à des associations ou déposés en déchetterie.

Tableau 7 : Les formes de l'écologie industrielle dans la symbiose industrielle de Dunkerque

Entreprises	Flux de mutualisation	Flux de substitution et de valorisation
ArcelorMittal	Flux de mutualisation avec la déchetterie industrielle qui accueille les déchets de GTS et de Sollac Mardyck	Valorisation des gaz Récupération de chaleur Valorisation des laitiers cimentaires Ferraille
Ball Packaging	Canettes boissons Déchets solides Chutes de bobines Ferrailles de maintenance Papier carton Piles	--
Baudelet Environnement	Collecte de déchets industriels	Valorisation des déchets industriels et ménagers Trie et valorisation d'aluminium Récupération et traitement des Lixiviats Récupération et valorisation du Biogaz Bio-déchets Récupération, trie et recyclage du carton Récupération et valorisation de bois Ferraille et métaux
Dalkia	--	Valorisation de l'énergie : Réseau de chaleur de Dunkerque
Littoral pneus services	Récupération des carcasses	Recyclage des pneus
Marquis transport et Logistique	Bennes à carton, bois, ferraille et plastique, conteneurs pour chiffons ou gants souillés, récipients pour huiles usagées, bacs pour papier, matériel électronique, cartouches d'encre, aérosols ou piles.	--
Grand Port maritime	Récupération des huiles, produits d'entretien	Valorisation des sédiments pollués

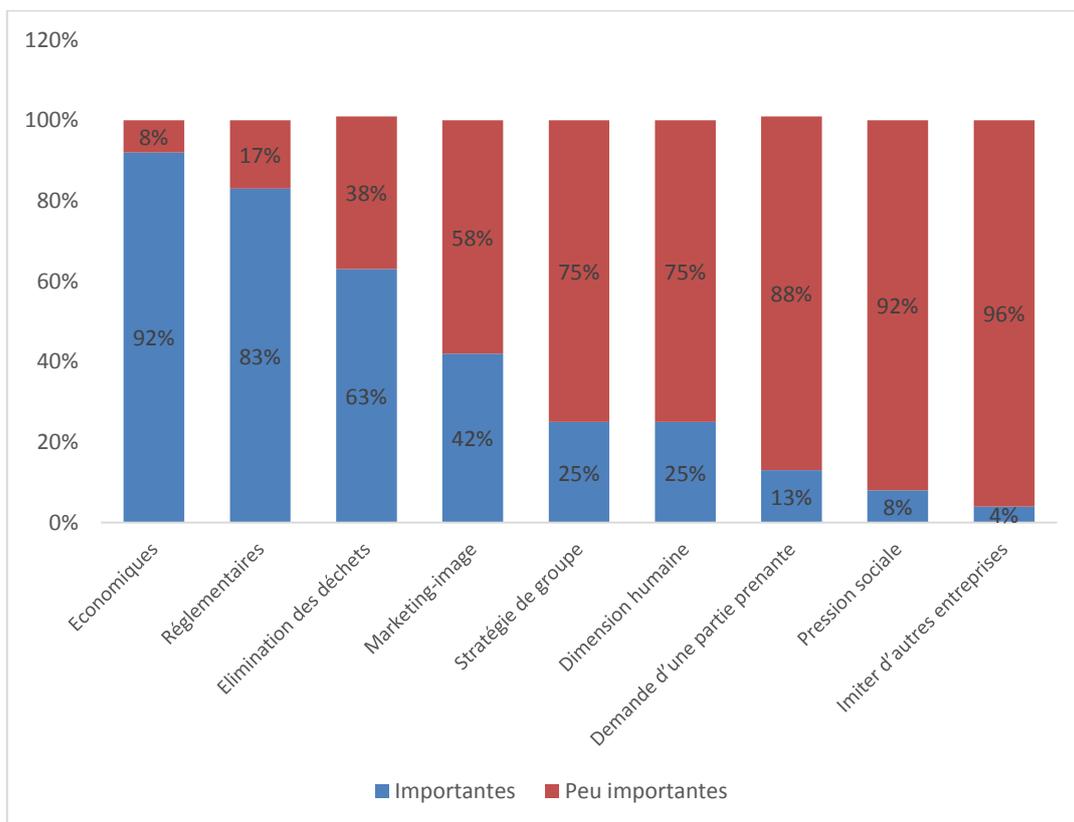
Aluminium Dunkerque	Collecte mutualisée des casques Collecte mutualisée du carton, papier, et cocottes en papier Déchets dangereux	Valorisation du fluor Rhizocompostage Recyclage du coke Valorisation des mines et métaux
Chaudronnerie ADS	Papier Cartouches d'encre Huiles usagés (véhicules) Pneus usagés Collection de piles Chiffons gras Aérosol	Palettes (Bozel, ArcelorMittal) Tapis de manutention (caoutchouc)
DK6 GDF Suez	Déchets classiques, chiffons, réfractaires, papier bureau	Gaz sidérurgiques, Eaux industrielles, eau de la mer
Daudruy	Bennes d'archives, la gestion éventuelle de certains effluents	Huiles usagées, eaux rejetées
Ryssen Alcool	Déchets informatiques, papiers	Huile de Fusel, Alcool « mauvais goûts », Vapeur
Dillinger	Huiles, boues, déchets de peinture, plastiques cartons souillés, solides imprégnés, cartouches	Chutes de métal, calamine, morceau d'oxyde de coupage et chutes de ferrailles, poussières de métal, battitures et limailles Rejets d'eaux usées
Befesa Valera	--	Valorisation de poussières d'aciérie Laitiers réutilisés dans les travaux publics
Centrale nucléaire d'EDF	--	Rejets d'eaux usées
Suez Eau France	--	Valorisation des boues des stations d'épuration

Source : auteur

1.2.2. Les incitations liées à la mise en place de l'écologie industrielle dans la symbiose industrielle de Dunkerque

La réalisation des entretiens auprès des entreprises de la symbiose industrielle nous a permis d'identifier les flux de substitution et de mutualisation échangés entre les entreprises mais aussi de comprendre les facteurs qui ont déterminé le choix de mettre en place ces flux (graphique 4).

Graphique 4 : Incitations liées à la mise en place des pratiques d'écologie industrielle



La réduction des coûts conduisant à une meilleure rentabilité de l'entreprise (approvisionnement en matières premières, suivi et réduction de la consommation d'énergie, valorisation de déchets moins chère que la mise en décharge) est la motivation principale à la mise en œuvre de l'écologie industrielle. 92 % des réponses montrent que c'est une motivation très importante. Pour certaines entreprises, il s'agit d'une stratégie « gagnant-gagnant ».

L'intégration des flux de matières (eaux, déchets, vapeur...) et d'énergie dans le processus de production permet l'optimisation des ressources naturelles. Mais elle peut être également à l'origine de l'émergence de nouvelles ressources financières, que ce soit par la réduction des

coûts : d'achat de matières premières, de transport, de la recherche de fournisseurs, etc. ou par la réalisation de gains grâce à la vente de déchets. La majorité des entreprises de la symbiose industrielle affirment que la réduction des coûts est un facteur important pour la mise en place de l'écologie industrielle. La réduction concerne en effet les coûts liés à l'approvisionnement en matières premières à travers l'utilisation des déchets d'autres entreprises (entretien n°1)⁶⁸. Elle permet également le suivi et la réduction de la consommation d'énergies (électricité, gaz...) (entretiens n° 8 et n°16). Les échanges de flux tels que les matières résiduelles, l'énergie ou l'eau ont pour but de réduire les impacts environnementaux sans dégrader leur compétitivité économique des entreprises.

Un autre exemple très important qui illustre la contribution de l'écologie industrielle à la réduction des coûts est celui de la centrale de cogénération. Le processus de cogénération permet de diminuer la facture énergétique. L'électricité fournie par cette centrale couvre, en effet, 90 % des besoins énergétiques du site. Les 10 % restants sont achetés par le sidérurgiste sur le réseau électricité (entretien n°1). Cette réduction des coûts énergétiques permet d'en faire un site rentable dans lequel le sidérurgiste continue d'investir. La gestion des coûts dans le sens d'une augmentation du rendement est une des motivations à la mise en place de ce flux d'écologie industrielle. Le fonctionnement de la centrale en cycle combiné permet d'augmenter le rendement de 30 à 55 %. L'échange entre le sidérurgiste et la centrale fonctionne sur un ratio « gaz traités/ gaz traitables », c'est-à-dire que la quantité d'électricité produite par la centrale doit correspondre à la quantité de gaz cédée par le sidérurgiste. Il n'y a donc pas d'achats de gaz ou d'électricité entre les deux entreprises.

Viennent ensuite les incitations liées à la réglementation. La majorité des entreprises interrogées (83%) affirme que leurs entreprises adoptent un comportement « proactif », c'est-à-dire qu'elles anticipent la réglementation environnementale. Ce résultat est en relation avec « l'hypothèse de Porter » selon laquelle la réglementation est un facteur essentiel à la mise en place dans les entreprises d'une stratégie environnementale et que cette stratégie aura un impact important sur sa compétitivité « la manière dont une industrie réagit aux problèmes environnementaux peut être un indicateur avancé de sa compétitivité globale » (Porter, Van Der Linde, 1995, p.215, traduit par nous). Selon l'un de nos interlocuteurs, la mise en place des

⁶⁸ Dans les points constitués à partir des dires nos interlocuteurs les noms des entreprises sont anonymes pour des raisons de confidentialité.

politiques publiques d'incitations (notamment fiscales) qui permettent de compenser les coûts supplémentaires liés à l'écologie industrielle incite les entreprises à l'adopter (entretien n°5).

L'élimination des déchets est également une incitation à la mise en place de l'écologie industrielle, même si elle apparaît comme moins importante que celle que nous avons citée précédemment (63 % des réponses) « *Parmi les motivations à l'écologie industrielle, la propreté des locaux de l'entreprise arrive en première position* » affirme un interlocuteur (entretien n°16). « *Se débarrasser des déchets dangereux est également une question clé, car paradoxalement, sur le site de Dunkerque, l'entreprise manque de place pour stocker. Finalement ce manque de place devient une incitation pour chercher des moyens de valorisation* » explique un autre interlocuteur (entretien n°1).

Le marketing et l'image de l'entreprise jouent un rôle assez important dans le choix de valorisation ou de mutualisation de déchets (42% des répondants). Ils permettent aux entreprises de se différencier des concurrents « *les entreprises qui intègrent l'écologie industrielle dans leur process développent une bonne image et réalisent des bénéfices financiers* » (entretien n° 19). De nombreux travaux ont mis l'accent sur le fait que adopter une stratégie favorable à l'environnement accroît la réputation des entreprises, qui de fait va renforcer leur performance financière (voir par exemple Miles, Covin, 2000).

L'adaptation à la stratégie du groupe et les raisons liées à la dimension humaine (implication du top management, des salariés) sont également des aspects relativement importants pour les entreprises. En effet, ces entreprises multiplient leurs efforts en mettant en œuvre de bonnes pratiques ou des actions liées à l'écologie industrielle pour se distinguer des autres entreprises qui appartiennent au même groupe et pour être dupliquées dans d'autres sites.

Cependant, les aspects liés à la demande d'une partie prenante, à la pression sociale ou à la volonté d'imiter d'autres entreprises du secteur sont globalement peu importants selon nos interlocuteurs. Ce résultat est plus étonnant, si l'on prend en compte les facteurs traditionnels qui incitent les entreprises à se lancer dans une stratégie environnementale. La pression sociale n'apparaît pas ici comme un facteur incitatif. Pourtant Dunkerque possède cette image d'une ville industrielle lourde et polluée dont elle cherche à se défaire. Les études menées au cours des dernières années tendent à montrer une certaine résignation des habitants face à la pollution industrielle. Certes les usines existent et polluent mais elles portent les emplois (Boutillier, Uzunidis, 1998 ; Gibout, Zwarterook, 2013 ; Frère, Flanquart, 2017). Cette résignation est sans doute un élément clé d'explication du résultat obtenu par notre enquête.

De même, la stratégie des autres acteurs (concurrents, partenaires) impulse également par effet de mimétisme, tel ou tel comportement. Il en découle une forme « d'isomorphisme institutionnel » (DiMaggio, Powell, 1983 ; Rubinstein, 2006), c'est-à-dire une tendance à l'homogénéisation des comportements des entreprises vis-à-vis de la responsabilité sociale et environnementale (Laperche, Uzunidis, 2011a). Le fait que ce comportement ne ressorte pas de nos entretiens peut témoigner d'un déficit de gouvernance systémique du projet de construction d'une symbiose industrielle, qui signifie que les acteurs agissent individuellement ou interagissent surtout avec les parties prenantes du flux (de substitution ou de mutualisation) qu'ils mettent en œuvre. Nous y reviendrons plus loin.

2. La symbiose industrielle de Dunkerque : observation des caractéristiques propres au milieu éco-innovateur

Nous avons montré dans le point précédent qu'un certain nombre d'acteurs ont développé des échanges de flux de substitution et de mutualisation dans le complexe-industrialo-portuaire de Dunkerque. En faisant de l'écologie industrielle une action collective, ce groupe d'acteurs a établi des relations de coopération et de collaboration, tout en prenant en considération l'aspect compétitif comme en témoignent les incitations de la mise en place de l'écologie industrielle recensées plus haut. Nous examinons dans cette sous-section les caractéristiques du milieu éco-innovateur observées dans la symbiose industrielle de Dunkerque à savoir : un espace géographique déterminé par les synergies éco-industrielles et coordonné par un cadre institutionnel qui organise ces synergies, une logique organisationnelle fondée sur les réseaux d'innovations qui permet la mise en œuvre d'une dynamique d'apprentissage (2.1). Nous présentons par la suite les différentes formes d'éco-innovations que les différents acteurs interrogés ont développé à l'échelle des entreprises mais aussi à l'échelle du territoire (2.2).

2.1. Les caractéristiques d'un milieu éco-innovateur à Dunkerque

2.1.1. Un espace géographique déterminé par un collectif d'acteurs et coordonné par un cadre institutionnel

Telle que définie dans la littérature, une symbiose industrielle regroupe des industries habituellement séparées (Chertow, 2000). Les acteurs de la symbiose de Dunkerque opèrent dans des secteurs différents (sidérurgie, fabrication de produits alimentaires, production d'électricité, etc.). Toutefois, malgré la diversité de leurs spécialisations, ils ont développé des relations symbiotiques en s'engageant dans une démarche basée sur la coopération. Leurs relations se traduisent par l'échange de flux de mutualisation ou de substitution/valorisation. Comme nous l'avons mentionné dans les incitations, la nature marchande de ces flux justifie la cohérence et la cohésion économique de ce collectif d'acteur qui maintiennent le caractère compétitif des relations. La combinaison et la gestion collective de flux et donc leurs interactions répétitives ont conduit à la constitution d'une symbiose industrielle sur une zone géographique définie (zone d'emploi Flandre-Dunkerque) (voir schéma 16). La distance géographique est un facteur important dans la constitution des synergies à Dunkerque. Elle est même parfois une condition indispensable pour les échanges de flux. D'après les résultats, les entreprises de la symbiose préfèrent établir des synergies avec les entreprises voisines car cela permet de réduire les coûts liés au transport de flux mais aussi à la recherche d'information « *la proximité avec le sidérurgiste rend les échanges de flux plus faciles et moins coûteux* » (entretien n° 11). En témoigne également, le réseau de chaleur urbain, dont la réalisation est due à la proximité de l'industriel sidérurgique de la ville de Dunkerque. L'éloignement géographique peut rendre plus compliquées les interactions des acteurs : « *dans le cas où la distance est grande, la durée de rentabilité des projets devient plus longue* » (entretien n° 10). En plus de la problématique de la rentabilité et des coûts de transport, certains types de flux ne peuvent être transportés sur de longues distances « *pour le transport de l'énergie on doit la transformer en énergie hydrogène par exemple, et cela nécessite un nouveau vecteur de transport. Par contre, pour le transport de la fumée transformée en eau chaude ou en vapeur, on ne peut pas la transporter d'une manière cohérente sur de grandes distances car le coût devient prohibitif, dans ce cas il faut des densités très importantes d'énergie pour éviter les coûts* » (entretien n° 10).

Le collectif d'acteurs est coordonné dans le milieu éco-innovateur par un ensemble de règles. A Dunkerque, les résultats des entretiens ont montré que la réglementation joue le rôle

d'incitation pour les entreprises. D'un côté, la majorité des entreprises affirment que leurs entreprises prennent les devants et mettent en œuvre des actions avant même que de nouvelles lois apparaissent : « *la réglementation joue différemment selon les activités et les déchets. Nous avons, souvent, adopté un comportement proactif* » (entretien n°1). De l'autre côté, la mise en place de lois, politiques publiques et d'incitations (fiscales notamment) qui permettent de compenser les coûts supplémentaires liés à l'écologie industrielle, incitent les entreprises à se préoccuper de l'impact de leurs activités sur l'environnement (Exemple action volontariste du port : mise en place d'un trafic fluvial de conteneurs entre Dunkerque, Lille et Dourges pour initier la démarche, ainsi que la mise en place des aides et la participation au capital de la société NPS - North Port Shuttle).

Les synergies qui constituent la symbiose industrielle de Dunkerque n'ont pas été développées par les acteurs privés uniquement. Les institutions participent au développement de l'écologie industrielle à travers l'accompagnement des entreprises dans la mise en place de ces démarches, comme nous l'avons mentionné plus haut. La structure intercommunale, par exemple, intervient sur différents niveaux. Elle accompagne les entreprises dans le but de promouvoir des solutions permettant aux entreprises d'avoir un avantage compétitif d'un côté et de réduire l'impact sur l'environnement d'un autre côté. Elle participe à la pérennité et au maintien des synergies existantes. Nous citons par exemple les actions qu'elle mène actuellement pour étendre le réseau de chaleur en collaboration avec plusieurs acteurs (sidérurgiste, exploitant de chaleur, etc.)

La structure intercommunale est en permanence à la recherche des sources de chaleur « *dans le cas d'un arrêt de l'acteur pivot, il faut prévoir des sources de chaleur diversifiées pour sécuriser l'ensemble des processus du réseau de chaleur* » (entretien n°20). Elle est aussi à l'origine de la création du Centre de Valorisation Énergétique (CVE) et du Centre de Valorisation organique (CVO). Le traitement des déchets non valorisables par le CVE permet de produire chaque année 48 000 MWh d'énergie électrique. Le CVO est à l'origine de la valorisation de 22 000 tonnes de déchets organiques en 6700 tonnes de compost utilisé pour fertiliser les terres agricoles.⁶⁹

Dans ses projets, l'équipe de l'agence de développement locale met en place des actions pour établir des synergies, notamment, à travers l'organisation des rencontres entre les entreprises, de mettre à leur disposition les moyens nécessaires, et « *d'inciter et éveiller les consciences des*

⁶⁹ Dunkerque news 2018 Dunkerque Promotion -Invest in Northern France june 2018

dirigeants envers les bonnes pratiques » (entretien n°17). Elle est principalement en contact avec les nouvelles entreprises qui s'implantent sur le territoire.

L'agence d'urbanisme, quant à elle, participe à la promotion de l'écologie industrielle par différents moyens. Elle met à la disposition de tous les acteurs des outils permettant de connaître les différents échanges qui existent dans le tissu industriel de Dunkerque. Elle a par exemple élaboré la toile industrielle et la toile énergétique qui contiennent les flux de déchets et les flux énergétique existants. Cela peut potentiellement favoriser l'identification de nouvelles synergies. L'agence met également les acteurs en relation par l'organisation de rencontre centrée sur la thématique de l'écologie industrielle.

Les clubs de zones d'entreprises reliés à la Chambre de Commerce et d'Industrie contribuent également au développement des démarches d'écologie industrielle. Par exemple, l'un des Clubs locaux a établi un guide de bonnes pratiques qui vise à protéger l'environnement et à promouvoir l'écologie industrielle. Il a été établi par une commission chargée de l'identification et du recensement des bonnes pratiques. Ce guide a été transmis à la structure chargée de la promotion de l'écologie industrielle pour garantir une large diffusion au niveau du territoire.

2.1.2. Constitution de réseaux et dynamique d'apprentissage

La présence de la symbiose industrielle - un espace de travail collectif et d'échange - montre le rôle de l'écologie industrielle dans la constitution de réseaux. À Dunkerque, ce réseau se caractérise par la présence d'une firme pivot. L'industriel sidérurgiste est, en effet, considéré comme l'acteur pivot qui a contribué au développement de l'écologie industrielle grâce aux effets d'entraînement qu'il génère. En effet, cet industriel a joué un triple rôle. Premièrement, il a été initiateur des premières démarches d'écologie industrielle, deuxièmement, il est à l'origine de la présence de flux de matières et de déchets diversifiés et d'infrastructures communes et troisièmement, il participe à la création de nouvelles activités sur le territoire dunkerquois. Nous détaillons ci-dessous ces trois aspects qui traduisent les effets d'entraînement de l'acteur pivot.

1) Initiation des démarches d'écologie industrielle : en 1985, le rapprochement de la ville de Dunkerque avec l'industriel sidérurgique a conduit à la création de l'une des plus importantes synergies éco-industrielles, le réseau de chaleur. Une hotte de captation de 23 MW a été installée sur le site de l'industriel pour un investissement net de subventions de 32 millions d'euros. Grâce à la valorisation de la chaleur fatale du sidérurgiste, ce réseau permet de chauffer 16 000 équivalents logements (essentiellement des logements collectifs et des bureaux), soit 50

000 équivalents habitants. Il permet d'éviter l'émission de 30 000 tonnes/an de CO₂⁷⁰. L'industriel a également participé, en 1999, avec la ville à la création de l'association dédiée à la promotion de l'écologie industrielle auprès des industriels.

2) Présence de flux de matières divers et d'infrastructures communes : l'acteur pivot fournit des flux de matières diversifiés (flux substitution/valorisation et flux de mutualisation) à savoir : la chaleur fatale issue de la chaîne d'agglomération n° 3 du sidérurgiste pivot, les gaz sidérurgiques valorisés par la centrale électrique à cycle combiné, fondée en collaboration avec le producteur de Gaz. L'industriel partage ses infrastructures avec d'autres unités. En effet, sa déchetterie interne accueille les déchets d'autres entreprises sidérurgiques (interne et externe au groupe). Historiquement, deux des entreprises sidérurgiques étudiées étaient une seule et même entreprise. Il y a quelques années, une scission a eu lieu. Mais des échanges ont été maintenus. Cette relation historique explique le fonctionnement de la seconde entreprise sidérurgique *« le site industriel a été construit de façon intégrée, donc nous avons les mêmes alimentations d'eau, les mêmes réseaux, nous avons les mêmes circuits d'évacuations d'eaux. Nos rejets d'eaux usées sont traités par le sidérurgiste. Tout le système est construit de la même façon. Nos alimentations électriques sont communes. Nous utilisons les services de la déchetterie du sidérurgiste pour les déchets pour lesquels nous avons de faibles quantités par exemple les cartons et les plastiques. Le métal va forcément chez le sidérurgiste puisque le recyclage est immédiat. Tous nos déchets de process y vont en tant que récupérateur de métal et repreneur de déchets »* (entretien n°4). De nombreux services sont encore partagés (services intérieurs, transport du personnel, service médical, sécurité, déchetterie, locations d'engins, entretiens des routes etc...).

3) Création de nouvelles activités sur le territoire : rappelons qu'en 2000, l'industriel sidérurgiste a contribué à la création de la centrale électrique thermique. En 2006, il a lancé un appel d'offres pour la valorisation des résidus des laitiers issus de son processus de production. Cette demande a abouti à la création d'une nouvelle entreprise de valorisation de laitiers d'acier. En 2018, une nouvelle entreprise s'installe sur le territoire. La présence du sidérurgiste pivot à Dunkerque représente en effet le facteur primordial de cette nouvelle unité de production de ciment écologique. Grâce à l'établissement d'une joint-venture entre les deux entreprises, un

⁷⁰ Centre de ressources pour la chaleur renouvelable et l'aménagement énergétique des territoires : <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/le-reseau-de-chaleur-de-recuperation-industrielle-de-dunkerque-59>

producteur de ciment aura comme activité principale la valorisation du laitier sidérurgique pour fabriquer du ciment écologique (voir section 7).

Dans ce réseau dunkerquois de synergies éco-industrielles, les acteurs ont développé des capacités d'apprentissage. D'après nos interlocuteurs, la mise en place de l'écologie industrielle a eu un impact positif sur l'organisation interne des entreprises. En effet, la mise en place de ce type de démarche nécessite des transformations organisationnelles et technologiques importantes pour faire face à la complexité des processus de réutilisation des flux. L'écologie industrielle contribue de cette manière au développement de processus d'apprentissage et à la création de nouvelles connaissances : montée en compétences, modification/création de postes, adaptation du processus de production et développement de nouvelles technologies, mise en place de nouvelles pratiques.

- Développement de nouvelles compétences : certaines entreprises, ont réalisé des formations internes et externes pour développer les compétences des employés en matière de gestion des flux. Par exemple, au sein d'une entreprise produisant des huiles industrielles, des compétences ont été développées dans le cadre du traitement des déchets d'huiles, notamment sur l'analyse des caractéristiques techniques des déchets collectés par l'entreprise, l'analyse des besoins en matière de flux, etc. Des formations internes ont également été réalisées permettant aux employés d'utiliser les équipements et machines de traitement de différents types d'huiles valorisées « *je me suis moi-même développé par les biais de formations internes et externes sur la gestion et l'analyse des déchets* » (entretien n°12). De plus, la collecte et traitement de huiles de fritures a permis la création de 10 nouveaux postes au niveau de l'unité dunkerquoise, mais aussi à l'échelle nationale.

Au sein de l'entreprise sidérurgiste pivot, les démarches d'écologie industrielle ont permis le développement de nouvelles compétences. L'entreprise dispose, en effet, d'un département dédié aux aspects environnementaux. Ce département se compose d'environ une quinzaine de personnes dont un ingénieur spécialisé en environnement. Un autre ingénieur spécialisé en gestion des émissions carbone et plusieurs techniciens.

En plus de ses compétences internes, l'industriel a établi des relations avec d'autres acteurs dans le cadre des problématiques environnementales. Il a notamment noué des relations avec l'université. Il participe à des colloques et conférences qui traitent des problématiques environnementales et travaille en collaboration avec l'université sur des thèses et programmes de recherche. Il a également établi des échanges techniques avec d'autres entreprises sur

l'énergie et la biodiversité que notre interlocuteur qualifie de « synergies d'informations ». Ces échanges peuvent être territoriaux avec les acteurs locaux ou régionaux.

D'autres entreprises, comme une entreprise de valorisation de poussières sidérurgiques, ont développé en plus des connaissances techniques liées au processus de valorisation de matières, un savoir-faire administratif *« notre savoir-faire est aussi administratif pas seulement technique, c'est-à-dire que nous avons la capacité à mettre en place des flux de logistiques (transport des résidus) entre les pays en Europe ou à l'extérieur avec toutes les autorisations nécessaires pour permettre ces flux. On a un département dédié à la logistique des flux »* (entretien n°9).

L'entreprise de fabrication d'emballage métallique est la 2ème usine à l'échelle mondiale en matière de performance énergétique. Cette maîtrise de son processus de valorisation a fait que les pratiques de l'usine de Dunkerque ont été dupliquées dans d'autres usines du groupe dans le cadre une action de récupération de chaleur de l'incinérateur des fours pour essayer de réduire la consommation de gaz (l'incinérateur recycle les COV et les transforme en CO2). De plus, l'entreprise échange de bonnes pratiques avec d'autres entreprises notamment sur la biodiversité *« comme on est fiers de partager nos bonnes pratiques avec les autres, on a créé un espace biodiversité avec un circuit pédagogique, en collaboration avec un bureau d'étude »* (entretien n°9).

- Adaptation des processus de production : les entreprises modifient leurs comportements grâce à l'acquisition et la production de nouvelles connaissances. Une entreprise de fabrication d'huiles alimentaires a modifié son processus de production pour pouvoir fabriquer du biocarburant. En effet, la production de ce produit dans cette entreprise nécessite habituellement l'utilisation de l'huile de colza et l'huile de soja qui sont importées de l'Amérique du Sud. Pour réduire ses coûts l'entreprise a adapté son processus de production pour utiliser d'autres types d'huiles récupérées (huiles et graisses animales, huiles de fritures, huile de palme) auprès des entreprises locales notamment les restaurateurs. Ces huiles sont traitées et valorisées par l'entreprise avant leur utilisation.

L'acteur pivot a mis en place une installation TLS (Top Layer Sintering) au niveau de sa chaîne d'agglomération n°2 pour pouvoir traiter les boues grasses issues de son laminoir. Ces boues contiennent des huiles qui gênent le fonctionnement de la chaîne d'agglomération. Le TLS permet, en effet, de consommer toute la partie huileuse en la brûlant. Ainsi, l'entreprise peut

valoriser toutes les boues qui contiennent du fer (elles contiennent généralement entre 70% et 80% de fer) au lieu de s'en débarrasser sous forme de déchets. Avec cette nouvelle installation l'industriel aura la possibilité de recycler ses boues mais aussi celles d'autres industriels sidérurgiques et proposer ainsi de nouveaux services de valorisation « *on envisage de valoriser des boues grasses d'autres industries qui ont des boues qui contiennent des huiles et des hydrocarbures (qu'ils ne peuvent pas valoriser par eux même)* » (entretien n°1).

L'entreprise de gestion et de distribution d'eau a mis en place une technologie qui a permis d'éliminer les nuisances olfactives de l'une de ces stations d'épuration située en milieu urbain (habitations).

- Mise en place de nouvelles pratiques : De nouvelles pratiques environnementales ont été mises en place dans certaines entreprises interrogées, notamment des pratiques de RSE ou encore des normes ISO qui poussent les entreprises à maîtriser leur consommation énergétique et la gestion de leurs déchets. On peut citer l'exemple d'un industriel sidérurgique qui a formé certains employés pour la mise en place de la norme ISO 14001 et notamment sur des aspects de gestion et de la logistique de leurs flux de déchets. L'entreprise de gestion des eaux, quant à elle, a mis en place des pratiques de RSE dans un but de sensibilisation et d'accompagnement des employés mais aussi des consommateurs à la réduction de la consommation d'eau.

Le producteur d'aluminium a développé des pratiques de *Benchmark* au niveau du groupe mais aussi auprès d'autres industriels. Il fait notamment partie de l'association française de l'aluminium qui regroupe plusieurs industriels d'aluminium ce qui lui permet de partager des bonnes pratiques, d'échanger sur des thématiques environnementales, et même de visiter d'autres sites dans ce cadre.

De manière générale, l'enquête de terrain a permis de constater que dans la symbiose industrielle de Dunkerque, certaines entreprises ont développé leurs capacités d'apprentissage à l'issue de l'établissement de synergies avec les acteurs. Néanmoins, cet apprentissage s'est développé à l'échelle interne de chaque entreprise. Quelques exemples de dynamique collective d'apprentissage existent comme l'exemple de l'entreprise sidérurgique qui développe des relations d'apprentissage avec notamment l'université. Toutefois, cette dynamique reste faible et ne démontre pas la présence d'un apprentissage collectif. La participation des acteurs publics et semi-publics dans la mise en place de l'écologie industrielle donne un caractère systémique à la symbiose industrielle de Dunkerque. Mais là encore, ces actions tendent à être menées séparément. Ainsi, l'ensemble des résultats des entretiens a permis de mettre en évidence des

limites liées à la coordination des synergies et à l'absence d'un principe fédérateur créé par des règles et une vision commune. Ainsi, la dynamique collective et systémique qui caractérise le milieu éco-innovateur reste assez faible à Dunkerque. Le développement d'une gouvernance plus systémique est nécessaire. Nous reviendrons, de manière détaillée, sur les questions des contraintes liées à la coordination des actions d'écologie industrielle et le rôle de la gouvernance territoriale dans la suite de la thèse (section 8).

2.2. Les éco-innovations et activités créées grâce à l'écologie industrielle

2.2.1. Les différentes formes d'éco-innovations créées dans la symbiose industrielle de Dunkerque

Nous avons exposé précédemment les caractéristiques du milieu éco-innovateur présentes dans la symbiose industrielle de Dunkerque. Nous nous intéressons à présent aux éco-innovations développées par les acteurs. Selon l'OCDE (2009), les éco-innovations peuvent être technologiques (procédé, produit/service) ou non technologique (organisationnelle, institutionnelle, sociale). Pour identifier ces différentes formes d'éco-innovations, des questions liées à l'impact de la mise en place de l'écologie industrielle sur l'organisation de l'entreprise ou de l'institution (développement de nouvelles pratiques, nouveaux modes d'organisation et de communication, nouveaux produits ou services, nouvelles activités) ont été posées à nos interlocuteurs.

D'après nos résultats, la mise en place des flux d'écologie industrielle a contribué, dans certaines entreprises, au développement de leurs capacités à recueillir et développer de nouvelles ressources et connaissances qu'elles ont transformées en éco-innovations. Ces éco-innovations se traduisent notamment par des changements dans les produits (innovation de produit), les procédés ou même par l'adoption de nouvelles pratiques organisationnelles.

Par exemple, le fabricant d'huiles alimentaires qui est, à la base, spécialisé dans la fabrication d'huiles et de graisses végétales a diversifié ses activités pour fabriquer un biocarburant conçu à 100% de huiles végétales usagées. Il créé deux nouvelles unités sur le territoire. La première se charge de la collecte gratuite des huiles auprès de différentes entreprises industrielles alimentaires, restaurateurs et particuliers etc., à l'échelle nationale. Elle dispose de 6 plateformes de collecte. La seconde s'occupe de la fabrication d'un biocarburant innovant à partir du traitement des huiles collectées. En effet, l'innovation réside dans le fait que l'entreprise produit un carburant à partir de déchets (huiles) (annexe 15) « *nous sommes la seule entreprise européenne qui fabrique du biocarburant à partir des déchets qui répond aux normes*

liées aux carburants » (entretien n°12). L'entreprise envisage d'intégrer à partir de l'année prochaine des graisses et huiles de fritures dans ce processus de production de biodiesel. Un autre projet innovant lié à la biométhanisation est en cours de création. Il permettra à l'entreprise de valoriser tous ses déchets et co-produits qui, habituellement, sont compliqués à valoriser.

L'entreprise de traitement de déchets, dont l'écologie industrielle est au cœur de son activité, a créée deux éco-produits. D'une part, les eaux de pluie ayant percolé au travers des déchets (appelées lixiviats) sont recueillies en fond d'alvéoles et dirigées vers des bassins-tampons. Les lixiviats collectés sont par la suite traités dans des installations d'osmose inverse. Il s'agit d'un système de traitement de l'eau permettant un filtrage très fin qui ne laisse passer que les molécules d'eau. Une fois que l'eau est osmosée et épurée, elle est réutilisée pour créer un produit éco-innovant. En effet, cette eau est transformée en liquide lave-glace que l'entreprise utilise en interne, mais qu'elle commercialise également en externe. La société a mis en place un maillage performant de puits de captage de biogaz sur tout le site pour assurer une maîtrise des odeurs. Le biogaz capté par le réseau de drainage est ensuite utilisé pour la production d'électricité et pour l'alimentation de l'évapo-concentrateur de lixiviats. De l'autre part, l'entreprise récupère différents types de bois qu'elle compacte, broie et vend auprès d'autres entreprises sous forme de briquettes. En effet, les briquettes sont fabriquées à partir de sciures et copeaux de bois compressé provenant de divers bois de récupération, des sous-produits de l'industrie du bois et des menuiseries. Ce bois recyclé sert de combustible pour les cheminées, poêles à bois, inserts, et autres chaudières.

En 2014, cette entreprise a établi une collaboration avec une entreprise spécialisée dans le traitement et le recyclage de déchets. Les deux entreprises ont mutualisé leurs expertises et outils pour proposer un nouveau service innovant qui propose le développement et la conception d'éco-produits « sur mesure » à partir de la valorisation des déchets⁷¹.

Un autre exemple d'offres d'éco-service est celui proposé par une entreprise d'exploitation de chaleur. Il s'agit d'éco-services qui accompagnent les industriels pour arriver à réduire leurs consommations d'énergie. L'entreprise propose des solutions/alternatives aux énergies classiques, notamment la cogénération, l'utilisation de biomasse, la valorisation des déchets ou de coproduits, et l'utilisation des énergies fatales qui peuvent être utilisées par les entreprises elles-mêmes ou vendues à d'autres entreprises.

⁷¹ Plaquette d'éco-produits « sur mesure » : <http://www.baudelet-environnement.fr/wp-content/uploads/2015/10/PLAQUETTE-NEO-CONCEPT-ICS.pdf>

Comme nous l'avons évoqué plus haut, le sidérurgiste a investi dans un système, appelé TLS (Top Layer Sintering) qui permet de réutiliser les co-produits contenant des huiles ou des hydrocarbures. Le TLS, est considéré comme une innovation de procédé, il a principalement pour objectif de favoriser la valorisation de coproduits contenant des huiles comme les boues grasses de Laminoir et d'augmenter ainsi la capacité de recyclage de l'entreprise. C'est une solution technologique qui permet la valorisation des matières à forte teneur en huiles sans abîmer la chaîne d'agglomération de l'entreprise. Cet équipement a été proposé par le groupe et le site de Dunkerque s'est porté volontaire pour le tester. L'intérêt de ce système est qu'il permet de revaloriser des quantités importantes de co-produits stockés sur le site. Les équipes d'ingénieurs de l'entreprise sont en phase d'amélioration des performances de ce système. Pour l'instant, l'entreprise revalorise en interne ses propres boues grasses mais elle a pour objectif d'en faire un service qu'elle proposera à d'autres industriels.

Les changements instaurés dans le cadre de l'écologie industrielle par le fabricant d'aluminium sont principalement d'ordre organisationnel. L'entreprise réalise régulièrement des pratiques de *benchmark* au sein du groupe, mais aussi en externe. Elle fait notamment partie de l'Association Française d'Aluminium qui regroupe des industriels spécialisés dans la production d'aluminium. Dans ce cadre, l'entreprise participe à des rencontres centrées sur différentes thématiques, notamment les problématiques environnementales. Ces rencontres donnent lieu à des partages de bonnes pratiques et d'échanges de visites entre les industriels.

L'association Française d'Aluminium est en lien direct avec le ministère de l'environnement. C'est un intermédiaire entre le ministère et les industriels. Elle informe des changements de réglementations prévues et informe les industriels pour connaître leurs positions. Les réunions sont organisées de manière trimestrielle, mais le service environnement de l'entreprise a proposé l'organisation de réunions mensuelles pour être informé des évolutions des réglementations environnementales et réagir de manière proactive vis-à-vis de celles-ci.

L'industriel d'aluminium a également mis en place de nouveaux modes de communication au sein de l'usine. Pour sensibiliser les employés à « l'éco-conduite » et aux pratiques de tri, une nouvelle campagne de communication a été élaborée suite à une collaboration entre le service de communication et l'équipe de gestion des déchets. Les messages de sensibilisation sont diffusés, de manière facile et rapide, par le biais d'écrans télévisés installés dans tout le site. Il s'agit d'informer les salariés et sous-traitants des actions de tri à mettre en place pour faciliter

la valorisation de déchets. Mais aussi sur des thématiques qui concernent les mesures de sécurité.

Mis à part les différentes formes d'éco-innovations créées dans la symbiose, il nous paraît important de souligner le rôle de l'écologie industrielle dans l'instauration d'un climat propice à l'entrepreneuriat et à la création de nouvelles activités fondées sur des technologies spécifiques à l'écologie industrielle. De ce fait, nous rappelons dans l'encadré ci-dessous ces activités ayant été évoquées plus haut.

Encadré 9 : Écologie industrielle et création de nouvelles activités à Dunkerque

De nouvelles activités diversifiées ont été créées sur le territoire dunkerquois dès les années 1980 (première centrale thermique, réseau de chaleur) grâce à la présence d'opportunités de synergies éco-industrielles rentables. De fait, de nouveaux marchés ont été créés. Ces activités se basent sur le développement de circuit fermé permettant de réduire les flux de matériaux d'énergie au minimum en changeant les produits et les méthodes de production.

Les activités créées grâce à la présence de synergies éco-industrielles sont les suivantes :

La création de la première centrale de cogénération de France qui valorise les gaz sidérurgiques, dont le fonctionnement est innovant. En effet, le rendement atteint près de 50% soit une fois et demie celui d'une centrale électrique classique. Sur les 790 MW générés, 255 MW d'électricité sont produits grâce aux gaz sidérurgiques. La création de cette unité a été accompagnée par des réductions importantes des émissions polluantes et par l'élimination des rejets dans la mer.

La création de deux entreprises d'élevage de poissons au début des années 1990 grâce à la présence de la synergie gratuite avec la centrale nucléaire « *les entreprises d'élevage de poissons ne seraient pas installées si l n'y avait pas cette synergie avec la centrale* » (entretien n°2). Les entreprises utilisent les eaux usées de la centrale dans l'élevage de leurs poissons. Ce qui leur permet de réduire les coûts énormes liés au réchauffement des eaux nécessaires à l'élevage des poissons. Les deux activités ont créé 89 emplois sur le territoire. Elles commercialisent leurs produits sur une échelle nationale et internationale.

La création de l'entreprise de valorisation de laitiers pour répondre au besoin de l'acteur pivot. Cette entreprise offre 40 emplois.

La création d'un nouveau site de valorisation de zinc en 2012. En effet, l'activité de retraitement des poussières génère un déchet fortement chargé en oxydes de zinc. Pour éviter sa mise en décharge, une entreprise locale de valorisation de poussière d'acier a créé une nouvelle unité afin de le récupérer dans la chaîne de fabrication du zinc. Cette unité a créé 16 nouveaux emplois.

La création d'une entreprise innovante en 2008 par l'industriel alimentaire, spécialisée dans le traitement des huiles usagées, pour la fabrication de biocarburant

2.2.2. Du changement technologique au changement non technologique

Dans le milieu éco-innovateur, tel que nous l'avons défini (voir chapitre 2), l'éco-innovation ne repose pas et ne vise pas seulement les changements techniques. En effet, elle est le fruit d'un fonctionnement basé sur l'activation des logiques d'apprentissage et d'interactions entre les différents acteurs. C'est ce fonctionnement qui permet l'émergence de l'éco-innovation, sous toutes ses formes. Selon l'OCDE, l'éco-innovation ne vise pas seulement le progrès technique mais elle s'accompagne d'innovations non technologiques permettant d'aboutir à un changement de plus grande ampleur sur le plan environnemental. Autrement dit, il ne s'agit pas seulement de cibler des produits ou des procédés, et s'appuyer sur des changements mineurs (modification ou une re-conception dans la terminologie de l'OCDE). Il est question d'intégrer également les changements institutionnels, organisationnels et sociaux impliqués dans l'éco-innovation qui apportent des impacts importants sur l'environnement. Cela nécessite une combinaison élargie des cibles et des mécanismes de l'éco-innovation (schéma 12). En définitive, l'éco-innovation doit être portée par les acteurs privés et publics.

Dans la mesure où l'éco-innovation résulte de plus en plus d'une combinaison de connaissances et de savoir-faire multiples, sa conception repose essentiellement sur l'existence de coopérations diverses (activation des logiques d'apprentissage et d'interactions). Dans le milieu éco-innovateur, l'innovation repose sur la capacité des différents acteurs (privés et public) à nouer, entretenir et développer des relations d'interdépendances permettant de créer ces dynamiques d'innovation. Dans ce cadre le rôle des institutions ne se limite pas aux fonctions d'incitation et de régulation (normes, loi..) qui encadrent les acteurs privés. Elles doivent exercer une médiation entre l'action individuelle et les structures collectives (changement non technologique). La dynamique d'innovation ne pourra prendre forme que s'il y a une mise en commun des ressources mobilisées.

À Dunkerque, une dynamique de coopération entre les différents acteurs se développe dans le cadre de l'écologie industrielle. Celle-ci est basée sur la mobilisation commune des ressources. Par exemple le réseau de chaleur alimenté par l'acteur pivot sera étendu jusqu'au site de l'entreprise de fabrication d'huiles alimentaires avec l'installation de 14 km supplémentaires de tuyaux. L'énergie qui provient de l'incinérateur de l'entreprise permettra de chauffer son site, mais aussi d'alimenter le réseau et chauffer les bâtiments publics de la ville avec plus 60% d'énergie renouvelable. La réalisation de ce projet a commencé depuis le début de l'année 2018. Le réseau est appelé nœud énergétique. Ce projet est développé en collaboration entre le

fabricant d'huiles, le sidérurgiste, la collectivité et le Centre de Valorisation Énergétique de la ville⁷².

Le sidérurgiste pivot travaille en collaboration avec un pôle d'excellence local sur un projet d'étude du métabolisme industriel dunkerquois. L'objectif étant de trouver des synergies potentielles pour valoriser une partie du gaz sidérurgique. Le projet vise à remplacer la synergie rompue avec une entreprise de raffinage de pétrole à cause de la fermeture de celle-ci suite à une décision du groupe.

Un pôle de compétitivité régional⁷³ collabore avec des entités du territoire dunkerquois⁷⁴. Par exemple, il accompagne l'entreprise de valorisation de poussières sidérurgiques sur un projet innovant. L'entreprise a lancé un programme de R&D bénéficiant de soutiens financiers régionaux. Ce programme vise à développer des filiales de valorisation pour intégrer de nouveaux types de résidus issus des processus de production de deux entreprises locales notamment dont l'une est spécialisée dans la fabrication de manganèse. En effet, ce pôle est un pôle de compétitivité porté par l'État et la région Hauts de France. Ses activités visent à développer des projets d'innovation créateurs d'emplois sur la région. Il met en relation des entreprises de toutes tailles et des laboratoires de recherche privés et publics. Il participe également à l'accompagnement des entreprises pour la recherche de financements. Il est spécialisé dans des domaines de compétences portant sur le recyclage des métaux et des matériaux du bâtiment.

Le pôle de compétitivité travaille également en collaboration avec le Port de Dunkerque sur la valorisation des sédiments de dragage. Il est aussi engagé dans un projet d'innovation avec l'acteur pivot. Ce projet consiste en l'extraction et la valorisation des métaux contenus dans les boues sidérurgiques. Les poussières contenues dans les gaz de hauts fourneaux sont « douchées » et récupérées sous forme de boues. Un procédé hydro-métallurgique permettrait d'extraire puis de séparer le zinc et le plomb contenus dans ces boues. Ces métaux empêchent un recyclage en interne et sont mis en décharge. Le pôle de compétitivité soutien dans ce cadre le sidérurgique par la promotion des équipementiers pour le recyclage. En définitive, les éco-

⁷² Centre ressource du développement durable, 17/05/2017 : <http://www.cerdd.org/Parcours-thematiques/Changement-climatique/Initiatives-changement-climatique/Un-reseau-de-chaleur-fatalement-original-a-Dunkerque>

⁷³ Le pôle de compétitivité TEAM² est situé dans le Pas-de-Calais (Loos-en-Gohelle). Il vise à développer la recherche et les applications industrielles dans le domaine des écotecnologies, des éco-matériaux, du recyclage et la dépollution. Il est accompagné et financé par l'État et des collectivités territoriales.

⁷⁴ D'après une étude réalisée, en 2018, par Dunkerque promotion sur l'état de la recherche et de l'innovation à Dunkerque (Dunkerque Promotion, 2018)

innovations soutenues par le pôle de compétitivité sur le territoire dunkerquois s'intègrent dans des domaines techniques pointus qui permettent de réconcilier le développement économique et l'environnement.

L'appui des organismes locaux se traduit également par la mise à disposition de nouveaux moyens de communication et de sensibilisation. Il s'agit notamment de la toile industrielle et la toile énergétique (présentées dans la section 6) élaborées par l'agence d'urbanisme locale. Cet outil innovant met à la disposition des acteurs, des données sur les échanges et les matières existants dans le tissu industriel dans sa globalité. Elle peut être un moyen intéressant de l'identification de synergies éco-industrielles potentielles. Une première version papier présentant le tissu industriel a été élaborée en 2009 puis actualisée en 2016. En juin 2018, l'agence a publié une deuxième toile « énergétique » qui regroupe les échanges et flux énergétiques du territoire. Cette toile permet d'identifier les ressources et énergies importées, produites, transformées et échangées entre les entités industrielles. La réalisation d'une toile « agricole et agro-alimentaire » est en cours de réalisation par l'équipe de l'agence. Celle-ci vise à schématiser les échanges agricoles pour permettre d'identifier les synergies de méthanisation potentielles sur le territoire. Cet outil a été dupliqué par d'autres territoires français notamment, par l'Agence d'Urbanisme de la région du Havre et de l'Estuaire de la Seine. Actuellement, l'agence d'urbanisme travaille en collaboration avec une start-up dunkerquoise pour créer une « toile Maker 3.0 ». Il s'agit d'une version numérique et interactive de la toile énergétique. Le ToileMaker permettra de visualiser l'évolution des données grâce à une échelle de temps, la hiérarchisation visuelle de l'information, l'établissement de lien entre les différentes toiles et l'importation de différentes sources de données en temps réel. Le projet bénéficie de l'appui de plusieurs acteurs : financement Pictanovo⁷⁵ « Expériences interactive », soutien de l'ADEME, soutien de l'Union européenne (via le FEDER), de la communauté urbaine de Dunkerque, du Grand port maritime, des grands transporteurs et distributeurs d'énergie du territoire ainsi que des différents partenaires de l'agence comme l'université du Littoral Côte d'Opale⁷⁶.

A l'issue de l'installation du terminal méthanier à Dunkerque, la collectivité et l'Université du Littoral Côte d'Opale a créé en collaboration avec celui-ci l'association Innocold (Institut Technologique du Froid) en 2011. C'est une association, à but non-lucratif, qui vise à

⁷⁵ PICTANOVO anciennement le CRRAV (Centre Régional de Ressources Audiovisuelles), est une association dédiée à l'émergence des talents, la création cinématographique et audiovisuelle et à la détection des innovations dans l'ensemble des domaines de notre secteur.

⁷⁶ Selon le guide de présentation de la toile énergétique (2018) fourni par l'agence d'urbanisme

développer des sujets de recherche en lien avec les problématiques du froid, en particulier étudier les possibilités d'utilisation du froid présent dans le processus de production du terminal méthanier. Cette initiative s'inscrit dans un contexte national qui vise à privilégier la création de centres d'excellence réunissant les différents acteurs du territoire. L'association joue en effet le rôle d'intermédiaire entre les entreprises, organismes de recherche et enseignement supérieur dans le cadre d'un partenariat territoire-secteur privé-académique. L'association assure une veille scientifique et technologique en lien avec les thématiques portant sur les matériaux, sécurité industrielle et efficacité énergétique et environnementale.

L'activité de l'institut s'intègre dans les approches de l'écologie industrielle. Elle développe des recherches sur l'utilisation du froid pour créer des carburants de substitution. C'est le cas par exemple du GNL (Gaz Naturel Liquéfié à -160°C). L'intégration du GNL nécessite des équipements résistant au froid. L'institut participe actuellement avec le terminal méthanier au développement d'un mini réseau de froid permettant aux industriels de tester la résistance au froid de leurs processus et équipements de production. La création d'Innocold s'intègre dans une volonté de créer une filière d'excellence Énergie sur le territoire notamment dans les domaines du froid appliqué.

Un autre projet, en cours d'élaboration, témoigne d'une dynamique collective liée à la création d'innovations. Il s'agit du projet « Territoire d'Innovation de Grande Ambition » (TIGA). En effet, le territoire dunkerquois s'est porté candidat d'un appel à manifestation d'intérêt nommé « Territoire d'Innovation de Grande Ambition » (TIGA). Ce projet mené par L'État et confié à la Caisse des Dépôts est doté d'une enveloppe de 450 millions d'euros. Il vise à identifier et sélectionner des projets originaux associant un haut niveau d'innovation et un écosystème territorial. Dunkerque a été retenu comme lauréat parmi 24 autres territoires. La sélection finale aura lieu début 2019 et retiendra 12 territoires. Les territoires retenus seront identifiés comme des laboratoires d'innovation à l'échelle nationale.

Le projet proposé par la collectivité dans ce cadre porte sur la « Transformation d'un écosystème industrialo-portuaire ». Il s'intègre dans une politique qui vise à former, innover et mobiliser tous les acteurs du territoire pour créer une plate-forme industrialo-portuaire nouvelle génération portée par les énergies renouvelables et l'économie circulaire de manière générale et l'écologie industrielle en particulier.

L'implication des acteurs publics dans le développement de l'écologie industrielle à Dunkerque s'inscrit dans une politique de transition visant le développement d'un nouveau modèle

économique. Celui-ci intègre les préoccupations environnementales, tout en prenant en compte les aspects compétitifs des relations entre les acteurs privés. Le milieu éco-innovateur est formé par des acteurs privés, ayant établi des synergies éco-industrielles, épaulés par l'implication des acteurs publics. Cela nous amène à considérer que les éco-innovations présentes dans la symbiose industrielle portent en elles un potentiel de changement pour le territoire. Toutefois, le nombre d'éco-innovations (technologiques notamment) développées par les acteurs reste faible.

Conclusion du troisième chapitre

Dans ce chapitre nous avons présenté l'histoire de l'industrialisation lourde du territoire de Dunkerque et ses conséquences sur l'évolution de sa trajectoire économique. L'analyse par les actifs spécifiques et les actifs secondaires nous a permis de comprendre que les externalités présentes dans ce territoire sont des externalités de spécialisation. L'infrastructure portuaire s'est peu à peu transformée pour répondre aux exigences des entreprises industrielles. Cette infrastructure spécialisée a, à son tour, attiré de nouvelles unités de production industrielles étrangères qui se sont implantées dans la zone industrielle. Les centres de décision de ces entreprises, généralement délocalisés ont contribué à renforcer la conformité (*lock-in*) et la dépendance de sentier dans le territoire. La population active a également été touchée, les savoir-faire et les compétences se sont orientés vers les domaines et formations qui permettent d'intégrer le marché de travail local. Les activités de recherche et développement sont également orientées vers les besoins de l'industrie lourde (technologie moyenne inférieure). De même pour les nouveaux investissements engagés par le territoire, comme notamment le terminal méthanier qui contribue au renforcement de cette spécialisation dans l'industrie lourde. Nous avons également mis en évidence l'impact de la concentration industrielle sur l'environnement. Le territoire de Dunkerque est, en effet, le plus gros générateur de pollution et de rejets de poussières dans la région des Hauts de France.

La question que nous nous sommes posée dans ce chapitre est la suivante : la mise en place des pratiques d'écologie industrielle a-t-elle contribué à la constitution d'un éco-innovateur à Dunkerque, en apportant des bénéfices économiques mais aussi environnementaux ?

Nous avons montré qu'à Dunkerque, autour d'un acteur pivot, initiateur des pratiques d'écologie industrielle, s'est développée une symbiose industrielle. Celle-ci est formée par un ensemble important de synergies éco-industrielles établies entre les différents acteurs. Les synergies sont de différente nature : synergies de substitution dans lesquels les flux de matières et d'énergie sont valorisées et réintégrées dans les processus de production, mais aussi des synergies de mutualisation qui se traduisent par la collecte et le traitement en commun des déchets. Dans certains cas, les flux sont valorisés en boucle fermée au sein des entreprises. Les

entretiens menés auprès des acteurs dunkerquois nous ont ainsi permis d'identifier les acteurs et les principales synergies de la symbiose industrielle.

Nous avons également identifié les incitations qui ont poussé les entreprises à mettre en place ces synergies. Les plus importantes parmi celles-ci sont liées tout d'abord à l'aspect économique des synergies, la réduction de coûts conduisant à une meilleure rentabilité de l'entreprise (approvisionnement en matières premières, suivi et réduction de la consommation d'énergie, valorisation de déchets moins chère que la mise en décharge) est la motivation principale à la mise en œuvre de l'écologie industrielle. Viennent par la suite les incitations réglementaires, et les motivations liées à l'élimination des déchets et donc la réduction de l'impact environnemental.

A partir des résultats de l'enquête menée nous avons pu observer que les caractéristiques propres aux milieux éco-innovateurs existent à Dunkerque. Les échanges de flux de matières et d'énergie entre un nombre d'acteurs a permis la création d'un réseau autour d'un acteur pivot (industriel sidérurgique). Cet acteur a joué un rôle important dans la symbiose par l'initiation des flux, la diversité des matières à valoriser et l'attractivité de nouvelles entreprises.

Si les caractéristiques propres à la définition d'un milieu éco-innovateur existent à Dunkerque, génèrent-elles pour autant des éco-innovations et la création de nouvelles activités ? En s'appuyant sur les entreprises constitutives de la symbiose, telles qu'observées dans le cadre du premier volet de notre travail empirique, nous avons montré que les pratiques d'écologie industrielle ont permis à certains acteurs de développer des capacités d'apprentissage et de générer quelques formes d'éco-innovations. Néanmoins elles sont développées au niveau individuel, au sein de certaines entreprises, ou de certaines institutions et ne sont pas nombreuses. Les formes les plus complexes mais aussi les plus porteuses d'éco-innovations, celles qui associent des formes technologiques et non technologiques d'innovation et donc un ensemble plus diversifié d'acteurs (comme définies dans la première partie) apparaissent seulement comme émergentes à ce stade de notre travail. *L'ensemble de ces résultats nous permet de valider partiellement notre première hypothèse selon laquelle l'écologie industrielle permet la constitution d'un milieu éco-innovateur.*

Pour poursuivre notre analyse, il nous faut comprendre dans quelle mesure la symbiose industrielle et les effets d'agglomération qu'elle génère peuvent être à l'origine de l'attractivité de nouvelles entreprises. C'est l'objet de la section suivante.

Chapitre IV : Le milieu éco-innovateur et diversification économique à Dunkerque : enjeux et limites

Introduction du quatrième chapitre

Dans le chapitre précédent, nous avons montré que la mise en place des pratiques d'écologie industrielle a favorisé le développement de certaines caractéristiques du milieu éco-innovateur à Dunkerque. Les échanges de flux de matières et d'énergie entre les différents acteurs ont permis : 1) la constitution d'un collectif d'acteur autour d'un acteur pivot qui a joué un rôle d'initiateur des synergies. Ce réseau éco-industriel est constitué d'acteurs privés mais aussi publics et semi-publics (associatifs) qui participent à l'organisation de ces synergies (réglementation environnementale et gouvernance territoriale). 2) Les multiples interactions entre les acteurs dans le milieu éco-innovateur ont été à l'origine de développement des capacités apprentissage de ces acteurs. 3) Ces capacités d'apprentissage sont certes majoritairement individuelles (développées à l'échelle interne des entreprises) mais ont contribué à l'émergence, au sein du territoire, de différentes formes d'éco-innovations technologiques (de procédés, de produits), mais aussi non technologiques (organisationnelles et institutionnelles).

Ce quatrième chapitre sera consacré à étudier le rôle du milieu éco-innovateur dans le renforcement de la diversification économique sur le territoire de Dunkerque par l'attractivité de nouvelles entreprises. En mobilisant les travaux sur la variété reliée, nous cherchons à déterminer si cette diversification est fondée sur une variété reliée. Autrement dit, les nouvelles activités qui se développent dans le milieu éco-innovateur sont-elles reliées aux activités locales ? Partagent-elles une base de connaissances et de compétences commune ? Pour étudier la variété reliée dans notre terrain nous avons identifié deux indicateurs : d'une part, par la proximité cognitive des secteurs d'activité (par les codes APE/NAF, en considérant que l'appartenance à un même secteur d'activité suppose une base de connaissances commune), et d'autre part, par la proximité organisationnelle construite par les flux d'écologie industrielle, faisant ainsi apparaître ces derniers comme indicateurs pertinents de la variété reliée.

L'originalité de notre analyse par rapport aux études existantes sur les mesures de la variété reliée repose sur deux éléments : premièrement, la majorité des travaux de l'économie géographique évolutionniste définissent la variété reliée par la proximité cognitive (Boschma, Frenken, 2010). En revanche, nous mettons en avant l'importance de la proximité

organisationnelle dans la variété reliée en étudiant le rôle que jouent les synergies éco-industrielles dans l'établissement des réseaux dans lesquels s'intègrent de nouvelles entreprises. Deuxièmement, malgré la multitude des travaux empiriques sur la variété reliée, ils se basent uniquement sur des analyses quantitatives. Nous utilisons une analyse qualitative auprès des nouvelles entreprises installées à Dunkerque (entre 2014 et 2017), pour comprendre la nature des relations qui les relie avec les entreprises de la symbiose industrielle (section 7).

Dans la huitième section, nous mettons en avant les difficultés qui peuvent freiner la constitution et le développement d'un milieu éco-innovateur à Dunkerque. En se basant sur les résultats obtenus lors de notre enquête de terrain (les premier et deuxième volets de l'analyse qualitative), nous avons identifié d'une part les limites auxquelles font face les entreprises dans la mise en place des synergies éco-industrielles (difficultés économiques, réglementaires, techniques etc.). D'autre part, nous avons mis en avant les difficultés spécifiques au territoire (situation économique fragile). La contribution de l'écologie industrielle à la diversification des territoires industriels dépend donc de la résolution de ces difficultés. Nous étudions le rôle potentiel joué par les activités de service et par une gouvernance territoriale adaptée dans l'accompagnement des projets d'écologie industrielle. Enfin, nous formulons des recommandations visant à favoriser l'usage de l'écologie industrielle comme un outil de développement et de diversification des activités.

Section 7 : Milieu éco-innovateur et modification de la trajectoire du territoire dunkerquois : vers une diversification des activités économiques fondée sur l'écologie industrielle ?

La présente section est consacrée à la vérification de la deuxième hypothèse selon laquelle le milieu éco-innovateur peut renforcer l'attractivité du territoire et favoriser la diversification de ses activités économiques. En se basant sur une méthodologie de recherche mixte, nous analysons le degré de variété reliée dans le milieu éco-innovateur. Nous utilisons deux indicateurs : le premier consiste à étudier la parenté/*relatedness* entre les nouvelles entreprises et les entreprises de la symbiose industrielle par une analyse sectorielle (point 1) et le deuxième consiste en une analyse qualitative des synergies éco-industrielles établies entre ces entreprises (point 2). Notre cible se compose au total de 124 entreprises dont 96 sont des nouvelles entreprises et 28 sont les entreprises déjà présentes au sein la symbiose industrielle⁷⁷.

1. L'analyse de la variété reliée dans le milieu éco-innovateur de Dunkerque : analyse par l'appartenance sectorielle

Dans ce premier point nous présentons les indicateurs de mesure de la variété reliée identifiés dans la littérature. Plusieurs indicateurs de mesure du degré de parenté entre les entreprises existent. Toutefois la plupart des chercheurs utilisent, dans les analyses empiriques, l'indicateur basé sur l'analyse sectorielle. Celui-ci repose, en effet, sur la hiérarchie de classification des secteurs. Il semble ainsi intéressant d'étudier la variété reliée à Dunkerque en se basant sur la nomenclature d'activités française. Nous présentons tout d'abord une revue de littérature sur les différents indicateurs recensés afin de contextualiser l'indicateur que nous avons choisi (1.1). Nous exposons par la suite les résultats obtenus à la suite de l'analyse d'une base de données en utilisant cet indicateur (1.2).

⁷⁷ La liste des entreprises de la symbiose industrielle comprend les entreprises que nous avons interrogées (section 5) et aussi les entreprises non interrogées ayant des synergies avec les premières.

1.1. La mesure de la variété reliée : indicateurs et méthodologie d'analyse

1.1.1. Rappel sur les indicateurs de mesure de la variété reliée

En s'appuyant sur les travaux de Nooteboom (2000) sur la proximité cognitive, les chercheurs de l'économie géographique évolutionniste définissent la variété reliée comme une variété des activités économiques issue de secteurs reliés entre eux en termes de compétences partagées ou complémentaires. Une certaine proximité cognitive est nécessaire entre les nouvelles activités et les activités existantes (locales) pour garantir une communication efficace et un apprentissage interactif (Boschma, Iammarino, 2009). Pour ces auteurs, ce n'est ni la spécialisation des activités ni la diversification qui peuvent être à l'origine du développement des dynamiques d'innovation, mais c'est une diversification qui émerge de la spécialisation locale et donc de la variété reliée.

L'idée selon laquelle la variété reliée peut favoriser l'innovation se rapproche de la définition Schumpétérienne de l'innovation dans laquelle les innovations découlent de la recombinaison de connaissances existantes de manière entièrement nouvelle (Boschma, Iammarino, 2009). À partir de cette idée de nombreuses études empiriques ont été menées pour mesurer les impacts de la variété reliée sur la création de nouvelles dynamiques de développement et d'innovation dans différentes régions du monde (voir section 4 – Chapitre 2). Ces différentes études ont déterminé un ensemble d'indicateurs de la variété reliée. Trois approches caractérisent ces indicateurs (Essletzbichler, 2015) :

1) La première approche s'appuie sur des systèmes qui classent les industries selon un code (hiérarchie des classifications de l'industrie) et définit les industries qui relèvent des mêmes grandes classes de l'industrie que celles liées. Par exemple, les industries SIC (Standard Industrial Classification) à 4 chiffres appartenant à la même industrie SIC à 2 chiffres sont considérées comme liées (Frenken *et al.*, 2007, Boschma, Iammarino, 2009 ; Van Oort *et al.*, 2015).

2) La deuxième approche définit la variété reliée par, la co-occurrence, en examinant la fréquence à laquelle deux industries sont regroupées dans la même entité économique. Cette approche comprend : la cooccurrence des industries dans le portefeuille d'exportation d'un pays ou d'une région (Hidalgo *et al.*, 2007; Boschma *et al.*, 2013) et la probabilité de coproduction

de différents produits dans une même usine révélant des économies d'envergure⁷⁸ à travers les retombées technologiques (Neffke et Henning, 2008, NEFFKE *et al.*, 2011)

- la cooccurrence de citations de brevets (Rigby, 2012).

3) La troisième approche définit la variété reliée par la similitude dans l'utilisation des ressources ou la circulation des ressources entre les entreprises et / ou les secteurs. Elle met l'accent sur le rôle du capital humain et la similarité des profils professionnels (Farjoun, 1994, Dumais *et al.*, 1997), les ressources technologiques utilisant l'analyse des brevets (Breschi *et al.*, 2003, et les ressources matérielles utilisant les flux de produits mesurés par des liens entre les entrées-sorties (Fan, Lang, 2000 ; Essletzbichler, 2015).

La nature du territoire dunkerquois ne permet pas d'utiliser certains indicateurs de variété reliée, notamment les brevets et technologies connexes. En effet, les activités industrielles du territoire ne sont pas intenses en nouvelles technologies/dépôts de brevets. Cette situation se justifie par la présence de filières de faible ou moyenne intensité technologique, telles que l'agroalimentaire et la métallurgie, comme nous l'avons montré en étudiant les actifs spécifiques et secondaires de Dunkerque (voir section 5). Les mesures que nous pouvons utiliser, dans le cadre de notre enquête, sont, d'une part, celles basées sur l'analyse des codes NAF (nomenclature des activités françaises) qui se rapprochent des codes SIC⁷⁹ utilisés dans certains travaux sur la variété reliée. Et d'autre part, nous nous rapprochons de la troisième approche présentée ci-dessus, celle fondée sur les flux entre les entreprises. Nous adaptons cet indicateur à notre sujet en s'appuyant sur les flux de substitution et de mutualisation comme indicateurs de la variété reliée. Nous présenterons, de manière détaillée dans les points suivants, les deux mesures de variété reliée que nous avons retenues (annexe 16).

⁷⁸ Les économies d'envergure ou économies de gamme « apparaissent dès lors que le coût de production jointe de plusieurs biens est inférieur au coût de production de ces mêmes biens produits séparément : c'est l'association des productions (la gamme de produits) qui induit une économie de coût trouvant des origines très diverses » (Vermersch, 2004, p. 5).

⁷⁹ Le Standard Industrial Classification est un système de classification des industries utilisant quatre chiffres établi par le gouvernement des Etats-Unis ans les années 1930

1.1.2. Présentation des bases de données et méthodologie d'analyse de la variété par les codes APE/NAF

Notre analyse quantitative se base sur l'utilisation des codes APE/NAF comme premier indicateur de la variété reliée. Le code APE (activité principale exercée) ou code NAF (nomenclature d'activité française) permet d'identifier la branche d'activité principale de l'entreprise. C'est une nomenclature des activités économiques productives dont la fonction principale est statistique⁸⁰. La classification des produits française (CPF), vise à classer les biens et les services issus des activités économiques. Pour chaque code NAF, un lien avec la CPF permet de visualiser les codes et intitulés des produits associés à chaque activité et d'accéder à l'ensemble de la CPF (INSEE, 2008). Un code NAF est composé de 4 chiffres + 1 lettre, en référence à la nomenclature statistique nationale d'activités française (INSEE, 2016)⁸¹. Ce code est attribué par l'Insee lors de l'immatriculation ou la déclaration d'activité de l'entreprise, en fonction de l'activité principale déclarée et réellement exercée (annexe 17).

Pour mesurer la variété reliée dans le milieu éco-innovateur, nous réalisons une étude comparative des codes NAF des nouvelles entreprises créées à Dunkerque et des codes NAF des entreprises de la symbiose industrielle (voir schéma 16). Nous considérons en effet que les sociétés appartenant au même secteur (c'est-à-dire les entreprises ayant les mêmes deux premiers chiffres du code NAF) sont reliées par une proximité cognitive (base de connaissances et compétences partagée). Cette comparaison a en effet pour objectif de comprendre si les nouvelles entreprises appartiennent à des secteurs proches ou similaires aux secteurs dans lesquels s'intègrent les entreprises de la symbiose.

Notre population cible des nouvelles entreprises se compose des entreprises créées entre 2014 et 2017 dans la zone d'emploi de Dunkerque. Cette période suit celle (2014) au cours de laquelle nous avons identifié les synergies éco-industrielles de la symbiose industrielle (voir section 6). Ainsi notre objectif était d'identifier les nouvelles entreprises créées à l'issue de la première étude. Pour effectuer cette comparaison, nous avons établi une base de données en se basant sur deux sources d'information. La première est une base de données fournie par la Chambre de Commerce et d'Industrie de Dunkerque qui comprend les nouvelles entreprises créées entre

⁸⁰ « Les nomenclatures d'activités et de produits ont été élaborées principalement en vue de faciliter l'organisation de l'information économique et sociale. Leur finalité est donc essentiellement statistique (INSEE, 2015), p. 3) ».

⁸¹ La nomenclature des activités économiques en vigueur en France depuis le 1er janvier 2008 est la nomenclature d'activités française (NAF rév. 2). La NAF a la même structure que de la nomenclature d'activités de la Communauté européenne (NACE rév. 2) mais elle comporte un niveau supplémentaire, spécifique à la France, celui des sous-classes.

2014 et 2017 et la deuxième est une liste fournie par l'agence de développement Dunkerque Promotion qui contient les nouvelles entreprises actives en matière d'écologie industrielle.

La base de données des nouvelles entreprises fournie par la Chambre de Commerce et d'Industrie de Dunkerque regroupait 1987 entreprises⁸². Celles-ci sont spécialisées dans des activités différentes (industrie, services, restauration, commerce, etc.). La base de données contient les informations suivantes : Siret, raison sociale, sigle, forme juridique, statut, enseigne/nom commercial, coordonnées : adresse complète, tél, email et site web (dans certains cas), code APE, code APET, secteur d'activité, activité de l'entreprise, effectif et date de création de l'entreprise. Étant donné que notre cible regroupe les entreprises industrielles, potentiellement actives dans le domaine de l'écologie industrielle, nous avons effectué un premier tri permettant de filtrer ces dernières. Afin de les détecter nous nous sommes basés sur la liste des codes APE/NAF de l'Insee. Nous avons sélectionné les codes APE à deux chiffres représentant les secteurs d'activités qui nous intéressent. C'est-à-dire que nous avons sélectionné les entreprises dont les activités sont industrielles et nous avons éliminé les autres activités comme les services, la restauration, le commerce etc. (annexe 18).

Après avoir sélectionné les entreprises en fonction des codes APE à deux chiffres (tableau ci-dessus) nous avons obtenu une base de données regroupant 96 entreprises (annexe 19).

D'autre part, pour collecter les données sur les codes NAF des entreprises de la symbiose industrielle de Dunkerque nécessaire à l'étude comparative, nous nous sommes basés sur les fiches de présentation d'entreprises réalisées lors de la première étude et des comptes rendus des entretiens qui contiennent des informations sur les secteurs d'appartenance de ces entreprises. Nous avons également mené des recherches sur les sites web des entreprises ainsi que sur des sites⁸³ permettant d'identifier les codes NAF des entreprises françaises pour compléter notre base de données. En intégrant les entreprises interrogées lors du premier volet de notre enquête ainsi que les autres entreprises non interrogées qui font partie de la symbiose industrielle, nous obtenons un fichier de 28 entreprises (annexe 20).

⁸² La base de données des nouvelles entreprises fournie de la Chambre de Commerce et d'Industrie de Dunkerque n'est pas diffusée dans sa totalité pour des raisons de confidentialité.

⁸³ Pour s'assurer de l'exactitude des informations obtenues sur internet, nous avons effectué des comparaisons des données de plusieurs sites notamment : les sites web des entreprises, le site web 'Société' (<https://www.societe.com/glossaire/code-naf-43.html>) et le site web 'Verif' (<https://www.verif.com/recherche>)

1.2. La variété reliée dans le milieu éco-innovateur à Dunkerque : résultats de l'analyse par l'appartenance sectorielle

1.2.1. La variété reliée dans le milieu éco-innovateur à Dunkerque : résultats de l'analyse par l'appartenance sectorielle

Le concept de variété reliée permet d'approfondir l'analyse du développement territorial. Il met en évidence le fait que les pays et les régions ont tendance à se développer dans des secteurs/technologies qui sont étroitement liés aux activités pré-existantes sur le territoire : « la dynamique des territoires et la géographie de l'innovation seraient ainsi fondamentalement structurées par leur degré de « parenté » technologique/sectorielle » (Levy, Ferru, 2016, p.16). La définition de la variété reliée fait systématiquement référence à la proximité cognitive (Boschma, Frenken, 2011) qui correspond au degré de rapprochement ou superposition entre les connaissances de base de deux entreprises (Levy, Ferru, 2016, p.10).

Comme nous l'avons mentionné précédemment, l'approche la plus utilisée dans la littérature pour mesurer la variété reliée sur un territoire est celle fondée sur la hiérarchie des classifications des industries (SIC). Pour étudier la variété reliée (degré de proximité cognitive entre les nouvelles entreprises et les entreprises de la symbiose) dans le milieu éco-innovateur nous avons mobilisé l'indicateur basé sur la hiérarchie des classifications d'activités. Nous avons donc utilisé les codes NAF attribué par l'INSEE pour chaque entreprise. Pour cela, nous nous appuyons sur les trois catégories de variété identifiées dans la littérature. De manière générale, le concept de variété reliée est défini comme renvoyant à la fois à des activités économiques similaires ou complémentaires (Ellwanger, Boschma, 2013). De manière plus précise, dans le concept de la variété, on distingue trois catégories :

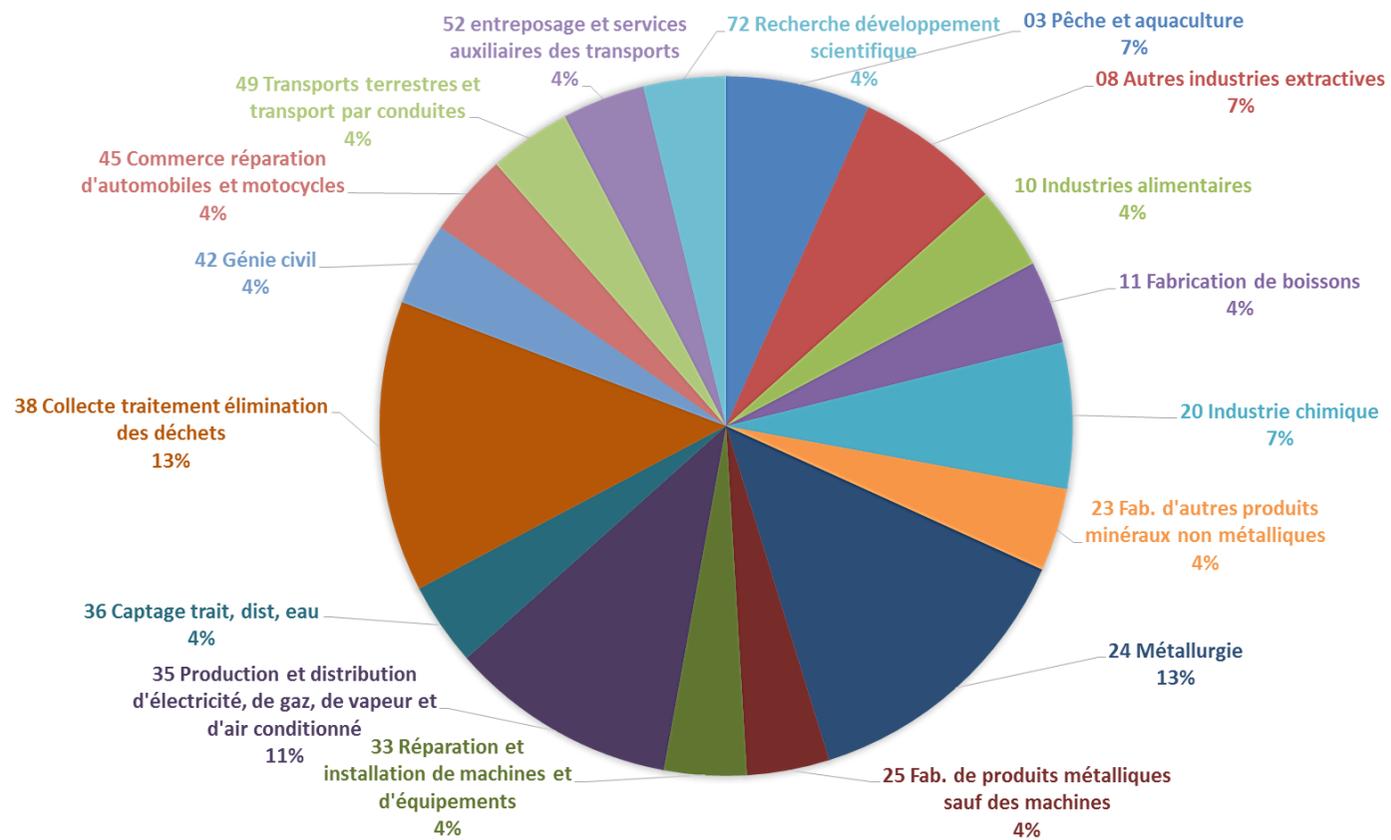
- 1) **la Relatedness (en français parenté)** qui fait référence aux « similitudes entre les activités qui capturent la dimension cognitive des capacités » (Boschma, 2016, p. 3).
- 2) **la Related variety (variété reliée)** qui se distingue de la relatedness par la complémentarité entre les activités et non la similitude.
- 3) **la Unrelated Variety (variété non reliée)** qui fait référence à la dissemblance entre les activités.

En se basant sur ces trois typologies, nous avons identifié trois catégories pour analyser le degré de variété reliée dans le milieu éco-innovateur. Cette typologie nous permet d'étudier les liens

(ou leur absence) entre les 96 nouvelles entreprises installées entre 2014 et 2017 et les 28 entreprises pré-existantes et membres de la symbiose (soit une étude des 124 entreprises de nos deux bases de données).

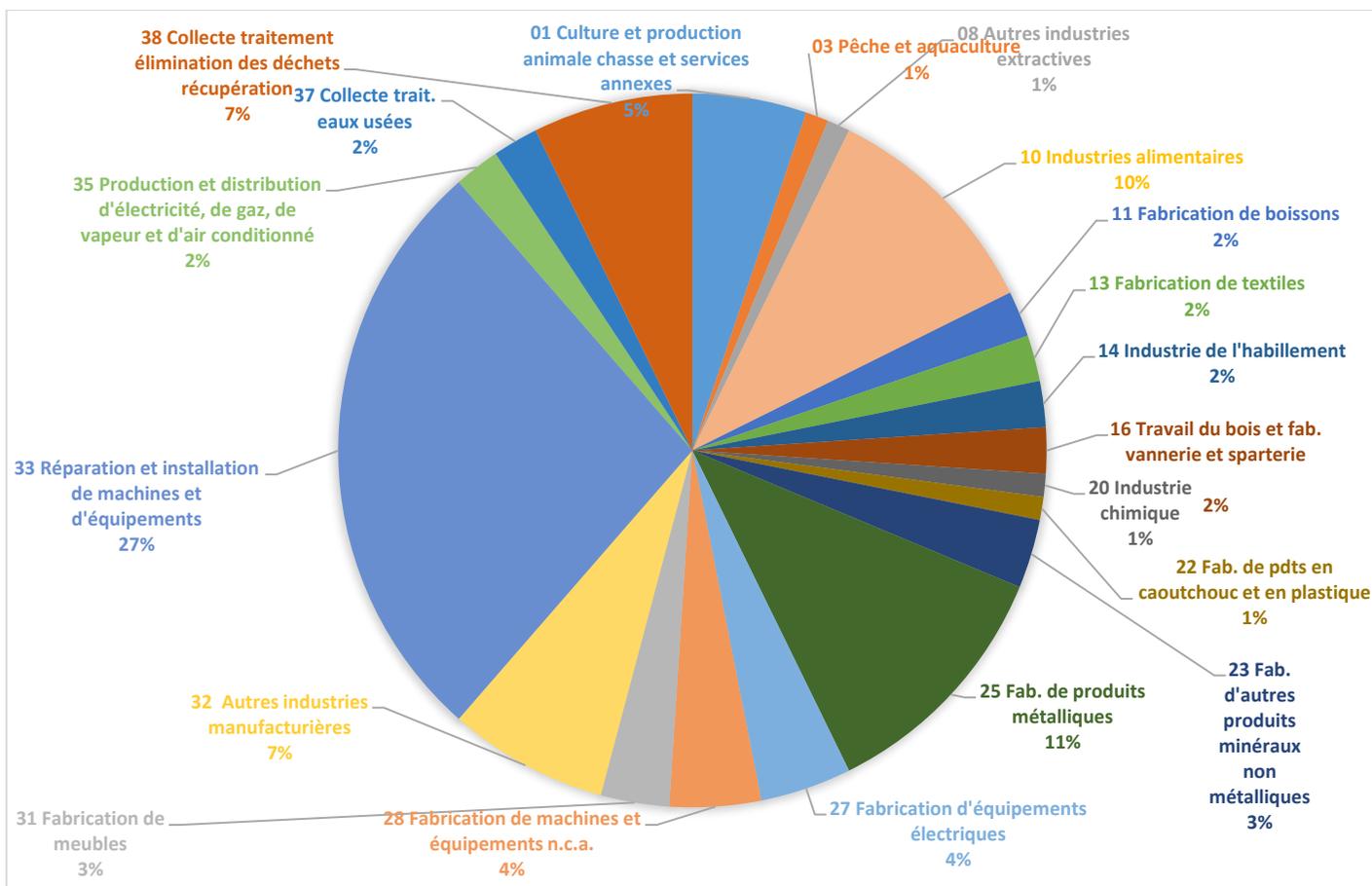
La première étape consiste à présenter les secteurs d'appartenance des entreprises qui composent la symbiose industrielle d'une part et ceux des nouvelles entreprises d'autre part. Les secteurs auxquels appartiennent les entreprises de la symbiose sont diversifiés, et nombre d'entre eux ne recueillent qu'un faible pourcentage d'entreprise. Il découle des résultats que les principaux secteurs auxquels appartiennent les entreprises de la symbiose de Dunkerque, qui se relient avec les nouvelles, sont les suivants : 13% des entreprises ont des activités liées à la métallurgie ; 13% appartiennent aux secteurs de la collecte, traitement et élimination de déchets ; 11% des entreprises sont des entreprises de Production et distribution de gaz, de vapeur et d'air conditionné. 7% font partie de l'industrie extractive, 7% appartiennent au secteur de l'industrie chimique et 7% appartiennent au secteur de la pêche et l'aquaculture (graphique 5).

Graphique 5 : Présentation des secteurs auxquels appartiennent les entreprises de la symbiose industrielle de Dunkerque



Pour les nouvelles entreprises, on constate que les 96 entreprises sont également assez dispersées sur le plan sectoriel. Les secteurs recensés regroupent dans la plupart des cas moins de 7% des nouvelles entreprises. Pour autant, près d'un tiers d'entre elles 27% sont spécialisées dans la réparation et installation de machines et d'équipements (elles sont donc très certainement sous-traitantes des entreprises locales de sidérurgie par exemple) ; 11 % sont spécialisées dans la fabrication de produits métalliques ; 10% opèrent dans l'industrie alimentaire ; 7% sont spécialisées dans d'autres industries manufacturières (notamment dans la fabrication de jeux et jouets, matériel médico-chirurgical et dentaire, etc.). 7 % appartiennent au secteur de collecte et traitement de déchets et 7 % font la collecte et traitement des eaux usées (graphique 6).

Graphique 6 : Présentation des secteurs auxquels appartiennent les nouvelles entreprises



1.2.2. Présentation des principaux secteurs d'appartenance des entreprises de la symbiose industrielle et des entreprises nouvelles

Pour étudier les liens entre les entreprises de ces différents secteurs, nous avons mobilisé les trois catégories identifiées plus haut. Celles-ci nous permettent de connaître l'intensité des liens (non reliée, similaire, complémentaire) mesurée par une proximité cognitive (fondée sur l'appartenance sectorielle) entre les nouvelles entreprises et les entreprises de la symbiose. À la différence de la majorité des cas étudiés dans la littérature qui étudient des échelles territoriales larges (notamment des pays ou des régions), notre analyse porte sur une échelle territoriale qui se limite à la symbiose industrielle de Dunkerque située dans la zone d'emploi Flandre-Dunkerque.

1) La première catégorie « variété non reliée » regroupe les nouvelles entreprises non reliées aux entreprises de la symbiose. C'est-à-dire qu'elles n'appartiennent pas aux mêmes secteurs, entre elles, la proximité cognitive est faible. Pour les identifier, nous nous sommes basés sur les deux premiers chiffres du code APE.

2) la deuxième catégorie « parenté/relatedness » regroupe les entreprises reliées dont les activités sont similaires. C'est lorsque les codes NAF sont identiques (codes à 4 chiffres + lettre). Cela signifie que les nouvelles activités créées ne sont pas différentes des activités des entreprises de la symbiose et donc la variété est faible, toutefois la proximité cognitive est forte.

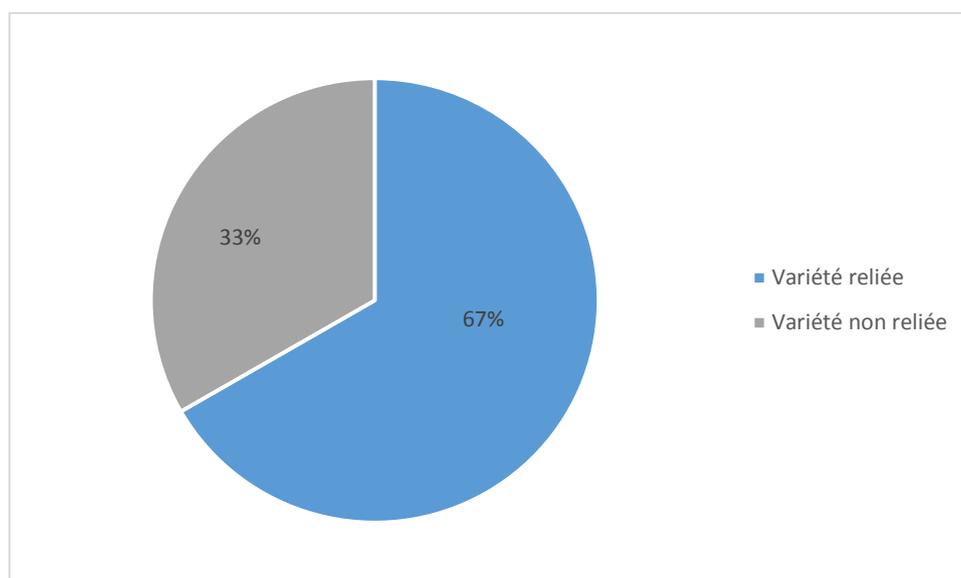
3) La troisième et dernière catégorie « variété reliée » regroupe les nouvelles activités qui se relient avec les entreprises de la symbiose par le secteur. Elles partagent les mêmes deux premiers chiffres et donc appartiennent aux mêmes secteurs mais diffèrent aux niveaux des sous-classes (les trois derniers chiffres + la lettre). Dans ce cas, on considère que les entreprises sont reliées et les activités sont diversifiées. Le degré de proximité cognitive et de variété est important.

Il est à noter que nous avons pris comme base de comparaison les entreprises de la symbiose et étudié le nombre de relations de parenté/relatedness pour montrer le degré de variété reliée. Par exemple, lorsqu'on a une nouvelle entreprise qui se relie avec deux entreprises de la symbiose dans un secteur donné, nous prenons en considération la relation de la nouvelle par rapport à chacune des deux. En effet, dans certains secteurs, on peut trouver qu'une nouvelle entreprise peut avoir une relation de parenté avec l'une (leurs codes APE sont identiques et donc leurs

activités similaires : pas de variété) et une relation de variété reliée avec l'autre (elles partagent le même secteur, mais leurs activités sont différentes).

Il découle des résultats de cette analyse que dans les 20 secteurs⁸⁴ qui composent la symbiose industrielle, 64 nouvelles entreprises ont des activités similaires ou complémentaires par rapport aux entreprises existantes, tandis que 32 entreprises ne sont pas reliées et donc leurs activités sont dissemblables à celles des entreprises de la symbiose (graphique 7).

Graphique 7 : Analyse de l'appartenance sectorielle des nouvelles entreprises à Dunkerque



Les 32 entreprises nouvelles qui composent la catégorie « **variété non reliée** » se situent dans les 10 secteurs suivants :

- La culture et production animale chasse et services annexes (5 nouvelles entreprises non reliées dont 3 spécialisées dans l'élevage d'animaux notamment de porcins et de volailles et 2 spécialisées dans les activités de soutien aux cultures).
- Fabrication de textiles (2 nouvelles entreprises qui fabriquent des articles textiles (sauf habillement)),
- Industrie de l'habillement (2 entreprises de conception et fabrication de vêtements et accessoires)

⁸⁴ L'analyse de la variété reliée ne comprend pas les secteurs auxquels appartiennent des entreprises de la symbiose et dans lesquels aucune nouvelle entreprise n'a été créée.

- Travail du bois (2 entreprises de création de production d'emballage et objets divers en bois),
- Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique (1 nouvelle entreprise : fabrication et commercialisation de biens divers en plastique),
- Fabrication d'équipements électriques (4 nouvelles entreprises : spécialisées dans la fabrication de matériels électriques notamment matériaux électriques de maintenance),
- Fabrication de machines et équipements (4 entreprises : fabrication de d'équipements hydrauliques, pneumatiques, aérauliques etc.),
- Fabrication de meubles (3 entreprises qui font de la conception de meubles (meubles de cuisine, bureau etc.),
- Autres industries manufacturières (7 entreprises spécialisées dans la production de produits manufacturiers divers comme les jouets, objets décoratifs, bijoux etc.), Collecte traitement eaux usées (2 entreprises qui font de la collecte et traitement des eaux usées).

Force est de constater que les entreprises de la catégorie « variété non reliée » ne se relient pas avec les entreprises de la symbiose industrielle mais, de manière générale, leurs activités diffèrent aussi du tissu industriel dunkerquois. La majorité des entreprises de cette catégorie opèrent dans des activités industrielles différentes des activités identifiées dans le milieu éco-innovateur de Dunkerque mais aussi des principales filières industrielles présentes dans le tissu industriel dunkerquois (notamment les filières : métallurgique, pétrochimique, alimentaire etc.). Ce qui peut se traduire par une diversification caractérisée par une proximité cognitive faible. Ce type de diversification est considéré par les travaux sur la variété reliée comme porteur de faibles opportunités d'innovation mais permet de faire face aux chocs spécifiques à l'industrie en stabilisant les activités économiques à travers la réduction du taux de chômage par la création d'emploi (évite les effets négatifs en cascade des faillites d'entreprises par exemple).

Les 64 entreprises restantes (de notre base de données comprenant 96 entreprises) sont reliées aux entreprises de la symbiose. Parmi celles-ci, certaines sont similaires, et d'autres complémentaires. Rappelons qu'une même entreprise nouvelle peut être similaire à une ou plusieurs entreprises de la symbiose et complémentaire à une ou plusieurs entreprises de la symbiose. Ce sont donc les nombres de relations que nous étudions ici (graphique 8).

Les relations identifiées dans les catégories « activités similaires » et « activités complémentaires » sont respectivement de 17 et 74. Dans ces relations, la proximité cognitive est forte, et peut être source d'innovations. Selon la littérature : « plus la proximité cognitive

est importante et plus la capacité d'absorption des connaissances extérieures est forte et l'innovation possible » (Noteboom, 2000).

La catégorie « **relatedness/parenté** » (**activités similaires**) regroupe les 5 secteurs suivants :

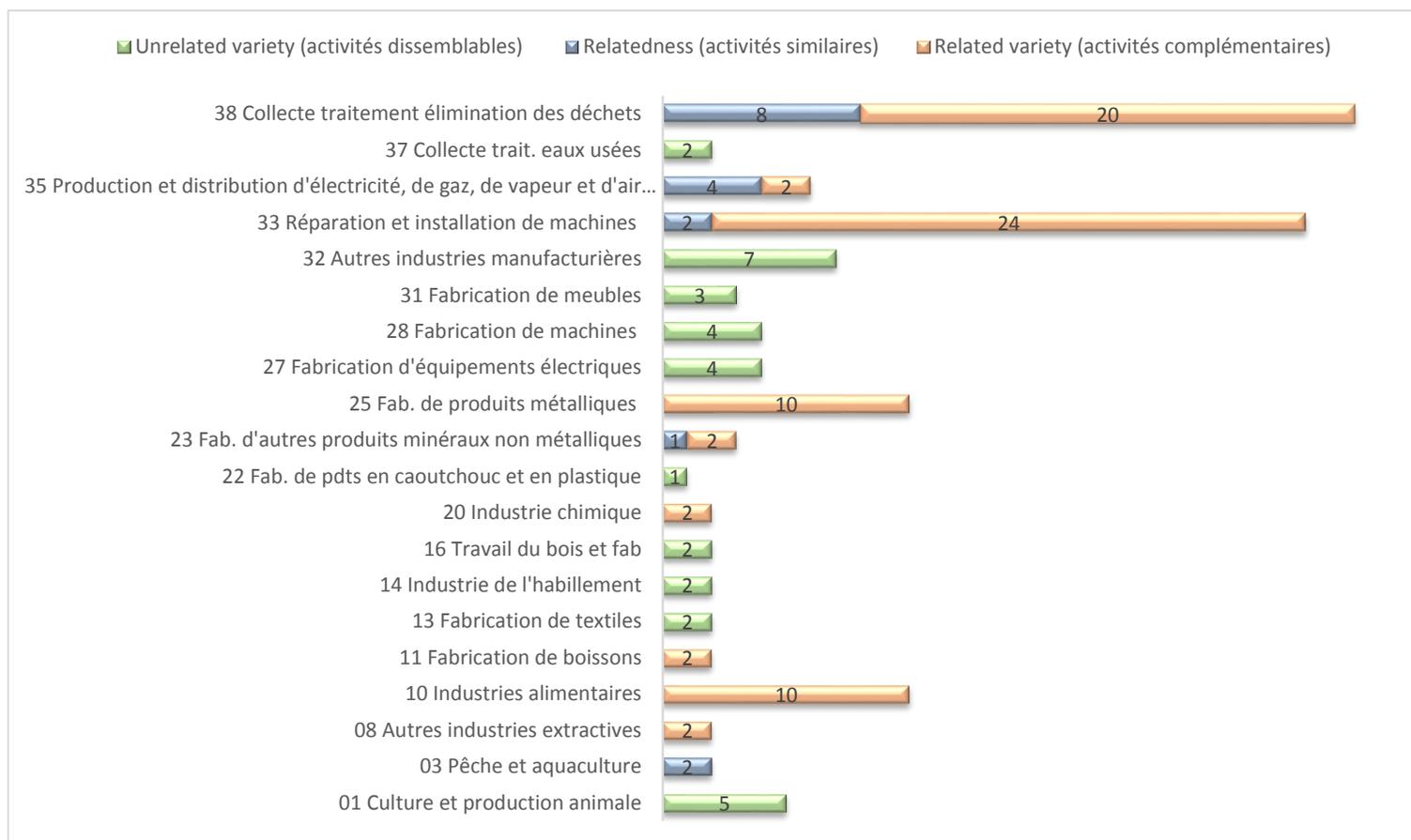
- Pêche et aquaculture (une entreprise spécialisée dans l'aquaculture en mer reliée à deux entreprises de la symbiose industrielle : la Ferme Acquacole et l'écloserie Marine spécialisées dans l'élevage de poissons).
- Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques (1 nouvelle entreprise dont l'activité est similaire à l'activité d'Holcim fabricant de ciment),
- Réparation et installation de machines et d'équipements (2 nouvelles entreprises dont les activités sont similaires à l'activité d'une entreprise de chaudronnerie ADS),
- Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné (2 nouvelles entreprises de production d'électricité dont les activités se rapprochent des activités de DK6 et de la centrale nucléaire EDF),
- Collecte traitement élimination des déchets (8 nouvelles entreprises : une entreprise de traitement et élimination de déchets non dangereux qui se relie avec Baudelet Environnement, une entreprise de traitement de déchet dangereux qui se relie avec deux entreprises de la symbiose (Sotrenor et Chimirec) et 5 nouvelles entreprises dont les activités sont similaires aux activités de l'entreprises SGA qui fait la récupération et valorisation de déchets triés).

La catégorie « **variété reliée** » (**activités complémentaires**) regroupe les 9 secteurs suivants :

- Autres industries extractives (une entreprise d'exploitation de carrière se relie avec deux entreprises de la symbiose à savoir : Flandres Laitiers moulus qui fait la valorisation des laitiers de haut fourneau et Minerval qui fait de la manutention, le stockage et le traitement de matières secondaires),
- Industries alimentaires (10 nouvelles entreprises alimentaires qui se relient par le secteur avec l'entreprise Daudruy fabricant de graisses et huiles végétales. Ces entreprises opèrent dans des activités qui peuvent être complémentaires à Daudruy. Elles font notamment la fabrication, transformation et vente de produits alimentaires divers comme les pommes de terres (frites), glaces, le pain, cacao, thé et café).
- Fabrication de boissons (2 entreprises de fabrication et vente de bière liées à Ryssen Alcool spécialisée dans la production et distillation d'alcool),

- Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques (2 entreprises liées à Holcim : Fabrication et façonnage des articles en verre (objets et bijoux en verre), et la deuxième fabrication de béton prêt à l'emploi (béton grave traité sable),
- Industrie chimique (une entreprise de fabrication de produits chimiques inorganiques (chimie minérale) liées à l'entreprise Cromology Research & Industry (Materis) de fabrication de peintures, vernis, encres et mastics et une entreprise locale de fabrication de parfum),
- Fabrication de produits métalliques sauf des machines (10 entreprises reliées à l'entreprise Ball Packaging de production d'emballage métallique pour boîtes de boisson. 2 entreprises de fabrication d'ouvrages métalliques pour l'industrie, une entreprise de fabrication de portes et fenêtres en métal, 3 entreprises de traitement et revêtement de métaux et 4 entreprises de mécanique générale, chaudronnerie nettoyage industriel et maintenance industrielle),
- Réparation et installation de machines (la chaudronnerie ADS se relie avec 24 nouvelles entreprises dont 8 spécialisées dans la réparation de machines et équipements mécaniques, une entreprise de réparation de matériels électroniques et optiques, une entreprise de réparation d'équipements électriques, une entreprise de maintenance industrielle et ferroviaire mécanique et 13 entreprises qui opèrent dans l'installation de structures métalliques, chaudronnées et de tuyauterie).
- Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné (2 entreprises de production d'électricité liées à l'entreprise Dalkia spécialisée dans l'exploitation de chauffage),
- Collecte traitement et élimination des déchets (4 entreprises de la symbiose qui font le traitement de déchets dangereux et non dangereux se relie avec : une entreprise qui fait la réalisation d'études et le traitement de déchets non dangereux ; une entreprise de sous-traitance des travaux de dépollution, désamiantage de bâtiments, de traitement des parasites et 5 entreprises de récupération de ferrailles, enlèvement de débarras).

Graphique 8 : La variété apportée par les nouvelles entreprises dans le milieu éco-innovateur de Dunkerque (à partir des codes APE)⁸⁵



Source : Auteur

⁸⁵ Les catégories Relatedness et Related Variety représentent le nombre de relations de parenté/relatedness entre les entreprises de la symbiose et les nouvelles. En revanche, la catégorie Unrelated variété regroupe le nombre d'entreprises nouvelles non reliées aux locales.

Dans la catégorie «activités similaires» (parenté/relatedness), les entreprises partagent une proximité cognitive très forte permettant les dynamiques d'apprentissage. Selon les travaux de l'économie géographique évolutionniste : « une trop grande dissemblance entre les secteurs peut entraver l'échange de connaissances parce qu'un certain chevauchement des bases de connaissances et des compétences est nécessaire pour communiquer efficacement » (Levy, Ferru, 2016). Ces entreprises peuvent partager une base de connaissances qui se traduira par des similarités des compétences, des technologies facilitant la communication et la mise en réseau.

La nature des nouvelles activités de la catégorie « activités complémentaires » (variété reliée) est largement liée aux filières du tissu industriel et sont même des entreprises qui répondent aux besoins des entreprises locales. Par exemple, la majorité des nouvelles entreprises de la catégorie variété reliée sont des entreprises de réparation et d'installation de machines et équipements qui opèrent principalement dans les domaines de l'industrie métallurgique.

L'analyse de la variété apportée à un territoire par la proximité sectorielle (et donc la proximité cognitive qui s'y associe) est intéressante dans la mesure où elle nous a permis de comprendre que la nature des nouvelles activités créées à Dunkerque sont surtout complémentaires ou similaires aux entreprises de la symbiose. D'après la littérature, s'appuyer sur la variété reliée (entreprises complémentaires surtout) est un atout pour le territoire, puisque le partage d'une base commune de connaissances pourra être à l'origine de nouvelles dynamiques d'innovations. Pour autant, cette méthode d'analyse de la variété par les codes APE est critiquée pour des raisons théoriques, car la classification des industries en groupes d'industries plus larges ne signifie pas nécessairement que les industries sont liées sur le plan technologique ou que les connaissances sont échangées plus facilement entre ces secteurs (Essletzbichler, 2015). Deux entreprises d'un même secteur peuvent en effet être concurrentes et ne pas avoir de relations en termes d'échanges de connaissance entre elles. Deux entreprises complémentaires sur le plan sectoriel peuvent également n'avoir aucune relation commerciale ou partenariale. De plus, au vu de la multitude de travaux empiriques sur le sujet employant des méthodes quantitatives similaires (mesure de l'entropie notamment), certains auteurs se posent la question de l'utilité d'une telle duplication de travaux mobilisant une même méthodologie d'analyse et le risque de perte de créativité (Levy et Ferru, 2016). Au vu de ces éléments, l'analyse de la variété apportée par de nouvelles entreprises se basant sur les codes APE apparaît insuffisante.

Notre objectif dans cette thèse est de comprendre si et comment l'écologie industrielle peut être un atout dans la diversification d'un territoire. L'analyse des liens entre les nouvelles entreprises installées et les entreprises de la symbiose montre qu'en effet la plus grande part des entreprises nouvelles sont liées (sur le plan sectoriel et donc à priori cognitif). Mais ce premier résultat ne constitue qu'un résultat intermédiaire. D'une part nous ne savons pas par cette analyse si c'est réellement l'activité d'écologie industrielle qui a attiré les nouvelles entreprises. Celles-ci peuvent notamment être attirées par l'existence d'un marché. En particulier, à Dunkerque, beaucoup d'entreprises similaires ou complémentaires apparaissent comme sous-traitantes des entreprises de la symbiose. Dans ce cas, les dynamiques d'innovation peuvent être faibles (même si les relations de sous-traitance ont souvent évolué vers de la co-traitance, traduisant par-là des capacités d'innovation accrues de ces partenaires). Dans tous les cas, en se limitant à l'analyse des secteurs, il est possible de constater que cette diversification est faible et contribue au renforcement de la spécialisation industrielle dans l'industrie lourde. Pour comprendre si la symbiose industrielle de Dunkerque peut être à l'origine de l'attractivité du territoire et d'une dynamique d'innovation locale, il nous faut donc approfondir l'analyse, par une étude plus qualitative et orientée vers l'intérêt que portent les nouvelles entreprises à l'écologie industrielle en tant que telle, et sur les flux d'écologie industrielle entre les nouvelles entreprises et les entreprises de la symbiose. La prise en compte, dans notre analyse, des flux d'écologie industrielle ajoute une dimension de proximité organisationnelle à l'analyse de la variété apportée, sur un territoire, par de nouvelles entreprises reliées sur le plan sectoriel. En effet, les réseaux ainsi créés, qui peuvent permettre de définir la proximité organisationnelle, peuvent relier des entreprises non reliées sur le plan sectoriel. Le travail en commun de ces entreprises peut aboutir à une proximité cognitive (échange de connaissances) porteuse d'innovations. Les flux d'écologie industrielle peuvent aussi compléter la proximité cognitive déjà mesurée par l'appartenance à un secteur identique ou complémentaire. Dans ce cas, les flux d'écologie industrielle renforcent les relations de proximité (non seulement cognitive mais aussi organisationnelle) qui sont autant d'éléments favorables aux dynamiques d'innovation. Comme nous l'avons évoqué plus haut, cette analyse repose sur une méthodologie qualitative, permettant de comprendre la contribution de synergies éco-industrielles dans la variété apportée à un territoire. L'aspect qualitatif de notre étude permet de lever une autre limite des travaux empiriques de la variété reliée, à savoir : l'absence des analyses qualitatives (Levy, Ferru, 2016).

2. L'analyse de la variété apportée au territoire par les flux d'écologie industrielle

Dans ce deuxième point, nous analysons le degré de parenté entre les nouvelles entreprises et les entreprises de la symbiose industrielle en utilisant l'indicateur basé sur les flux de substitution/valorisation et de mutualisation. Nous utilisons pour cela une méthodologie qualitative. Ce volet du travail empirique qualitatif se déroule en deux étapes qui ont été réalisées sur la période 2017 - 2018. La première étape consiste en la réalisation d'une recherche sur les sites internet de certaines nouvelles entreprises afin d'évaluer leur intérêt vis-à-vis de l'écologie industrielle (2.1). Nous approfondissons par la suite notre recherche grâce aux entretiens semi-directifs qui nous ont permis d'identifier les nouvelles entreprises impliquées dans l'écologie industrielle, les facteurs d'attractivité qui ont déterminé leur choix de localisation à Dunkerque et les types de synergies qu'elles échangent avec les entreprises de la symbiose (2.2).

2.1. Une analyse basée sur l'étude des sites internet et par des entretiens semi-directifs

2.1.1. L'intérêt des nouvelles entreprises pour l'écologie industrielle : analyse des sites internet

La première étape de l'étude qualitative (2^{ème} volet de l'enquête) consiste en la réalisation d'une recherche sur les sites web des entreprises de la base de données (des 96 nouvelles entreprises) qui disposent d'un site web. Pour collecter les informations liées aux pratiques de l'écologie industrielle, nous avons réalisé des recherches à partir de mots clés. Nous avons établi des critères de recherche pour classer les entreprises selon leur intérêt pour l'écologie industrielle (tableau 8). Les mots sont classés de la manière suivante :

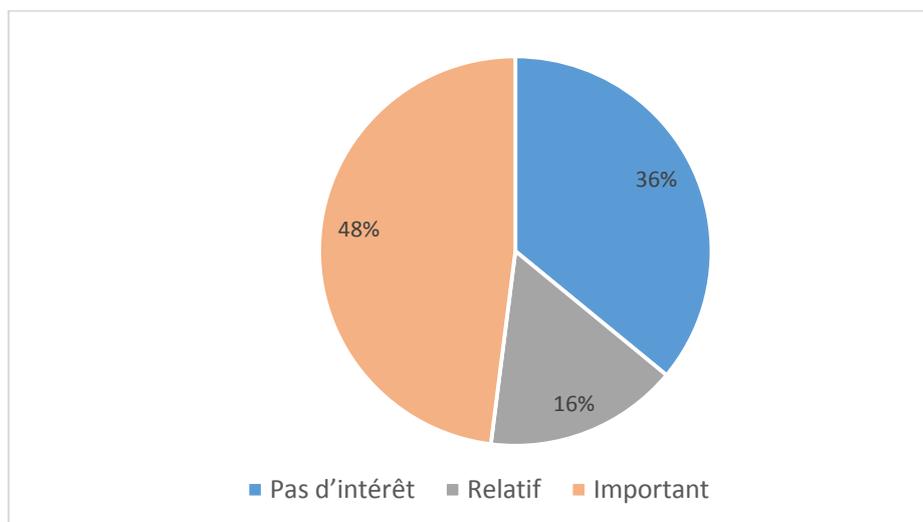
- lorsqu'aucun mot clé concernant la question environnementale ou l'écologie industrielle n'apparaît sur le site de l'entreprise, nous considérons que l'entreprise n'a aucun intérêt vis-à-vis de problèmes environnementaux ou de l'écologie industrielle
- lorsque les mots clés Environnement, développement durable, ISO 14001, RSE, écoconception apparaissent, nous considérons que l'intérêt est relatif ;
- enfin lorsque le site contient les mots clés : écologie industrielle, symbiose industrielle, déchets, flux de déchets, valorisation, mutualisation, substitution, recyclage, nous considérons que l'entreprise est active en matière d'écologie industrielle.

Tableau 8 : Les critères de recherche pour classer les entreprises selon leur intérêt pour l'écologie industrielle

Pas d'intérêt	Intérêt relatif	Intérêt important
aucun mot clé, concernant la question environnementale ou l'écologie industrielle, n'apparaît sur le site de l'entreprise	Les mots clés suivants apparaissent : Environnement, développement durable, ISO 14001, RSE, écoconception	Les mots clés suivants apparaissent : Écologie industrielle, symbiose industrielle, déchets, flux de déchets, valorisation, mutualisation, substitution, recyclage

Notre recherche a été réalisée sur 25 sites web. En effet, sur la base de données que nous avons étudiée, 25 entreprises sur les 96 disposent d'un site internet. Il découle des résultats que sur les 25 entreprises 48% (soit 16 entreprises) sont impliquées dans des pratiques d'écologie industrielle (graphique 9). Nous avons identifié sur leurs sites web un ensemble de mots clés en lien avec cette démarche à savoir : recyclage de déchets, mutualisation, traitement des eaux, symbiose industrielle...Ce qui se traduit par les activités de recyclages, d'utilisation des énergies moins polluantes, de traitement des déchets ou de transformation des déchets en sous-produits. 16% de ces entreprises (soit 3) ont un intérêt relatif pour la question environnementale et l'écologie industrielle en intégrant dans leur processus de production des techniques permettant de consommer moins d'énergie, d'éviter le gaspillage. Certaines de ces entreprises proposent des produits et services qui s'intègrent dans l'économie de fonctionnalité (location de matériels d'occasion). Enfin, 36% (soit 9) des entreprises ne mentionnent aucun mot clé lié à la question environnementale ou à l'écologie industrielle.

Graphique 9 : Intérêt des entreprises vis-à-vis de l'écologie industrielle ou des préoccupations environnementales



Les résultats de cette recherche montrent que 17 entreprises nouvelles sur 25 prennent en considération les préoccupations environnementales (tableau 9). Elles mettent en place des pratiques de mutualisation ou de substitution de flux comme par exemple l'entreprise IndaChlor® qui valorise l'acide Chlorhydrique, Flandres Béton qui fabrique un éco-béton ou encore Pacquet Solutions d'Empotage, qui fabrique des matériels conçus pour contenir différents types de fluides (liquides ou gazeux) de natures variées tels que la chimie, la pétrochimie, la sidérurgie, l'agro-alimentaire, etc...). Ils permettent le transport ou transfert de fluides en respectant les normes liées à l'environnement. D'autres entreprises mettent en place de nouveaux modèles économiques comme celui de l'économie de fonctionnalité notamment par la location de produits et matériaux réutilisés comme l'entreprise ENGIK ou encore par la valorisation de certains déchets (huiles usagées).

La recherche sur les sites web des entreprises est un moyen intéressant qui nous a permis de comprendre que les entreprises nouvellement installées s'intéressent aux pratiques de l'écologie industrielle et aux problématiques environnementales. Pour aller plus loin et étudier le rôle de cette démarche dans la constitution de réseaux et l'attractivité de nouvelles entreprises, la réalisation d'entretiens auprès de certaines entreprises était nécessaire. Nous présentons les résultats obtenus qui nous ont permis d'identifier les nouvelles synergies créées dans la symbiose industrielle de Dunkerque entre 2014 et 2017, et de comprendre la contribution de l'écologie industrielle dans le développement d'une variété reliée fondée sur les synergies éco-industrielles. Nous présentons dans le point suivant les résultats de l'analyse qualitative menée

auprès de 7 nouvelles entreprises (5 entreprises ayant acceptées de participer à notre enquête pour les 2 autres nous nous sommes basées sur différentes sources pour la collecte d'information sur leurs pratiques d'écologie industrielle).

Tableau 9 : Présentation des entreprises ayant un intérêt relatif/important vis-à-vis de l'écologie industrielle

Entreprises	Intérêt relatif	Intérêt important
IndaChlor® 3821Z	X	recyclage, déchets, mutualisations, synergie industrielle, écologie industrielle, symbiose industrielle
Aliphos 1089Z	X	déchets, mutualisation, recyclage
MJA DAUBELCOUR 0321Z	protection de l'environnement	X
Brasserie Des Dunes De Flandre 1105Z	X	transformation des déchets par d'autres entreprises
Flandres Beton Sarl 2363Z	X	Eco-béton, recyclage, valorisation
PROMETA P.R. 2561Z	X	protection de l'environnement, maintenance de matériels, récupération et traitement des déchets, garantir la durabilité des équipements
PACQUET SOLUTIONS D'EMPOTAGE 2562B	X	démarche d'amélioration de la protection de l'environnement et la santé et la sécurité des travailleurs
PACQUET RACCORD TOURNANT 2812Z	X	la sécurité du personnel, traitement des eaux, du caoutchouc, plasturgie
HR FEET 3250A	X	déchets, mutualisation, recyclage
ISONOR 3311Z	X	isolation industrielle, lutte contre les déperditions d'énergie, rallongement de la durée de vie des matériels
ENGIK 3312Z	réparation, vente de matériels d'occasion	X
UNISERV 3312Z	réparation et maintenance d'appareils de levage	X
Ecocem	X	Fabrication de ciment écologique
BSL STEEL IDF 3320A	X	fournit des déchets qui peuvent contribuer à l'écologie industrielle
BSV ENVIRONNEMENT 3700Z	X	recyclage, déchets, traitement des eaux usées, produits écologiques,
LITTORAL METROPOLE ASSAINISSEMENT 3700Z	X	recyclages, collecte des déchets alimentaires, protection de l'environnement, énergie de source renouvelables
OLEOVIA FONTE 3832Z	X	Récupération et traitement de déchets, fabrication de produits à base de déchets (huiles usagées)

2.1.2. Entretiens semi-directifs auprès des nouvelles entreprises : méthodologie et présentation des entreprises étudiées

La deuxième étape consiste à solliciter ces nouvelles entreprises dans le but de mener des entretiens semi-directifs ainsi que des enquêtes par questionnaire électronique. L'objectif étant d'identifier les synergies éco-industrielles qui relient ces entreprises aux autres entreprises du territoire et en particulier de la symbiose industrielle (échange de flux de mutualisation et/ou de substitution avec d'autres entreprises ; types de flux ; type de partenaire...) et de comprendre les facteurs d'attractivité ayant contribué à l'implantation de ces nouvelles entreprises. Au total 7 entreprises ont été étudiées, 5 nouvelles entreprises ont accepté de participer à notre enquête (annexe 21). Pour collecter les données sur les 2 autres entreprises, nous nous sommes basés sur les déclarations de nos interlocuteurs mais aussi sur d'autres sources d'information notamment les sites internet de ces entreprises et les publications disponibles (dossiers et communiqués de presse, articles de presse et documentation fournie par les institutions locales).

Les nouvelles entreprises que nous avons étudiées opèrent dans des secteurs industriels différents⁸⁶. Elles ont été créées entre 2016 et 2018. Parmi les entreprises interrogées⁸⁷, la première à s'être installée à Dunkerque est Aliphos, une filiale d'un groupe belge Ecophos, producteur de phosphate alimentaire. Il s'agit d'un groupe innovant ayant déposé plusieurs brevets dans le domaine de production de dicalcium phosphate (alimentation animale). Le groupe développe et commercialise des procédés innovants permettant l'utilisation de sources alternatives de phosphate. Il a breveté dix procédés pouvant être utilisés dans différentes applications, notamment dans la production d'engrais, d'alimentation animale. Il dispose de trois unités à travers le monde : un site « pilote » situé en Bulgarie dont l'activité est la recherche et développement (qui représente un investissement de 10 millions d'euros) ; un bureau d'étude situé en Belgique et plusieurs usines de production, rachetées entre 1996 et 2008, qui utilisent d'anciens procédés dans la fabrication du phosphate. En 2013, le groupe a racheté la filiale Aliphos qui compte trois sites de production en Europe. Un situé en Hollande, le second situé en Bulgarie et le troisième à Dunkerque (2016). La production actuelle des deux premiers sites réunis tourne autour des 300 000 tonnes par an. Le groupe a d'autres projets de

⁸⁶ Les noms des entreprises sont dévoilés dans la présentation des activités des entreprises et de leurs synergies dans la mesure où les informations sont publiques et accessibles sur internet. Toutefois, ils seront anonymisés dans les sous-points constitués à partir des entretiens pour des raisons de confidentialité.

⁸⁷ Pour les présentations des entreprises nous nous sommes basés sur plusieurs sources d'information : les entretiens semi-directifs, les articles de presse, les dossiers de presse et les sites web des entreprises.

création de nouvelles usines. Il s'agit de deux joint-ventures : une aura lieu en Egypte 2018 et une deuxième en Inde à partir de 2019.

La filiale qui produit et commercialise les phosphates pour l'alimentation animale a été créée en mars 2016 sur le site de l'ancienne raffinerie (plateforme industrielle ICD (Industrial City Dunkerque) à Mardyck près de Dunkerque). Sa mise en service industrielle a eu lieu en septembre 2017. Cette usine de Dunkerque sera la première à utiliser et à mettre en œuvre les procédés innovants développés par le groupe. Elle est considérée comme la vitrine innovante du groupe. Elle offre 90 emplois sur le site (45 directs et 45 indirects). Le groupe a investi dans cette nouvelle usine dans le but de développer sa capacité de production de phosphate bicalcique dihydraté en Europe. L'investissement s'élève à plus de 62 millions d'euros, et génèrera une centaine d'emplois directs et indirects pour un chiffre d'affaires annuel estimé à 100 millions d'Euros. L'unité Aliphos a signé un bail à construction avec le Grand Port Maritime de Dunkerque pour un terrain de 10 hectares et a mis une option pour 4 hectares supplémentaires afin de faire face au développement futur du groupe.

Récemment, en juin 2018, l'entreprise Ecocem a été inaugurée. C'est une filiale française du groupe irlandais Ecocem (sa deuxième en France après celle de Fos-sur-Mer). Le groupe Ecocem est une société familiale fondée en 2000. Il dispose de trois filiales produisant du ciment écologique en Europe : aux Pays-Bas, en Irlande, et en France. Le groupe est spécialisé dans la production des laitiers granulés de hauts-fourneaux issus de la fabrication de la fonte. Le processus de production repose sur le broyage et séchage permettant la fabrication d'un liant hydraulique ou ciment se substituant partiellement au ciment classique dit Portland. En 2004, un appel d'offres est lancé par le sidérurgiste pivot pour l'exploitation du laitier de l'usine de Fos-sur-Mer. Après une négociation de près de trois ans, c'est le projet de valorisation de la matière première proposé par le groupe Ecocem qui a remporté l'appel d'offres.

La filiale Française du groupe a été créée en 2007, en joint-venture avec le groupe d'ArcelorMittal (la participation du groupe sidérurgiste au capital de la filiale française Ecocem est passée de 30 % à 49 % en fin du mai 2018) pour exploiter le laitier granulé de haut-fourneau, issu de la production de la fonte du sidérurgiste. Cette joint-venture montre le rôle important du sidérurgiste comme acteur pivot dans l'initiation des démarches d'écologie industrielle sur le territoire Dunkerquois et dans l'attractivité de nouvelles entreprises sur le territoire.

La troisième nouvelle entreprise est IndaChlor®. C'est une unité de traitement de déchet appartenant à un groupe Indaver, spécialisé dans la gestion des déchets ménagers et

industriels, offrant des services aux acteurs privés mais aussi publics. Le groupe dispose de plusieurs unités à travers l'Europe et la Grande-Bretagne (Allemagne, au Pays Bas, en Belgique, Grande Bretagne, en Irlande, en Espagne, au Portugal). Sa première implantation en France aura lieu à Dunkerque. L'IndaChlor® est une unité spécialisée dans le traitement de résidus chlorés et dans la récupération de matériaux et d'énergie. Elle est en cours de construction, sa mise en service est prévue en 2019. L'activité de cette nouvelle unité repose sur le traitement de résidus chlorés (Récupération de HCl et d'énergie : vapeur) et la récupération de matériaux et d'énergie (liquides organiques chlorés). Cette unité de traitement se situe en zone industrielle à Loon Plage (près de Dunkerque) pour y recycler des résidus chlorés et de production. L'entreprise représente un investissement de 40 millions d'euros et aura pour conséquence la création d'une vingtaine d'emplois directs.

Sur l'ancien site de la raffinerie Total une nouvelle filière de biodiesel et biokérosène de 2^{ème} génération s'installe. C'est une unité de recherche et développement qui vise à créer une nouvelle technologie et mettre sur le marché une chaîne de procédés de production de biodiesel et de biokérosène de 2^{ème} génération à partir de biomasse lignocellulosique (résidus agricoles ou forestiers). Elle est le fruit d'un partenariat entre six partenaires : Avril, Axens, le CEA, IFP Energies nouvelles (l'Institut Français du pétrole et des énergies nouvelles), Thyssenkrupp et Total. Le site est installé à Mardyck, et regroupe plusieurs partenaires autour d'un projet de recherche et développement qui s'appelle BioTfuel. L'objectif du projet est de développer une nouvelle technologie de production de biocarburant deuxième génération. Cette association de plusieurs partenaires a contribué à la création d'une nouvelle entreprise qui porte le projet. Ce projet a deux unités de démonstrations construites pour effectuer des tests sur les procédés de production de biodiesel et évaluer les rendements attendus. Une unité qui est située sur le site du groupe Avril, dans lequel un traitement préliminaire de la matière première est fait. Le site le plus important est construit à Dunkerque dans lequel auront lieu les tests de gazéification. Les partenaires ont commencé à réfléchir sur le projet en 2010. La décision d'investir pour construire les unités de démonstration a été effectuée en 2014.

La cinquième entreprise ayant participé à l'enquête (en répondant au questionnaire électronique) est une entreprise de service et de maintenance pour les matériels et les équipements des travaux publics. Engik a été créée en 2016 à Dunkerque. L'objectif de l'entreprise est de proposer une solution alternative à l'achat du matériel de travaux publics. Elle dispose de matériels de différentes tailles : engins de moins de 20 tonnes (chargeurs compacts, mini-pelles, télescopiques, pelles à pneus ...), engins de plus de 20 tonnes

(chargeuses, dumpers, pelles, bulldozer...). L'entreprise assure également la maintenance de nombreux parcs matériels dans les départements de la région. Elle emploie 9 salariés. L'atelier de maintenance de l'entreprise est situé à Grande Synthe à proximité de Dunkerque.

La sixième entreprise est la start-up innovante Therraotherm créée en 2017 à Grande Synthe. Cette unité opère dans le domaine du génie thermique en proposant des solutions de traitement d'air basées sur le recyclage de l'énergie thermique⁸⁸. Elle a développé un échangeur de permettant le traitement d'air utilisé pour le chauffage, le refroidissement, la climatisation, le contrôle hygrométrique de tout local industriel, tertiaire ou agricole.

La septième entreprise étudiée est une entreprise Oleovia spécialisée dans la collecte et stockage des huiles alimentaires usagées, que nous avons présenté plus haut (section 6). Elle a été créée en 2016 par l'entreprise de Daudruy

Lors de cette enquête de terrain, nous avons également interrogé l'agence de développement Dunkerque Promotion dans la mesure où elle est en contact direct avec les nouvelles entreprises. L'une de ses missions est en effet d'accompagner les nouvelles entreprises souhaitant s'installer à Dunkerque. De fait, nous nous sommes intéressées aux actions qu'elle a mises en place pour l'accompagnement des entreprises étudiées.

L'enquête consiste en la réalisation d'une série d'entretiens semi-directifs. Les entretiens (en face à face ou téléphoniques) ont duré entre 30 minutes et 2 heures. Ils ont été réalisés sur la base d'un guide comprenant des questions fermées et ouvertes. En effet, le guide d'entretien se divise en plusieurs parties (annexe 22) : premièrement, les questions s'articulent autour des déterminants et facteurs d'attractivité qui justifient le choix de localisation des nouvelles entreprises à Dunkerque (attractivité structurelle, conjoncturelle). Deuxièmement, il s'agit de comprendre la nature des relations entre les nouvelles entreprises et celles existantes (types de liens substitution/mutualisation ou autres). Troisièmement, il est question d'identifier les incitations et limites liées à la mise en place l'écologie industrielle. Quatrièmement, nous analysons le rôle des activités de services dans la gestion des flux d'écologie industrielle. Cinquièmement, il s'agit de comprendre les relations de ces entreprises interrogées avec l'ensemble des acteurs locaux en particulier public et semi-public (appartenance à un réseau d'écologie industrielle).

⁸⁸ Présentation de l'entreprise <https://terraotherm.com>

Les réponses de nos interlocuteurs ont fait l'objet de comptes rendus qui nous ont permis de codifier les résultats en se basant sur des logiciels de traitement des données (notamment le logiciel Excel statistiques). Pour compléter ces résultats, nous nous sommes basées sur la méthode de triangulation des sources d'information. Nous nous sommes également basés sur les publications des institutions locales notamment, l'agence de développement locale ainsi que sur des articles de presse. Nous avons également participé à des événements locaux sur les thématiques de l'écologie industrielle lors desquels nous avons rencontré certains acteurs (annexe 9).

L'objectif de cette enquête consiste à répondre aux questions suivantes : Quels sont les facteurs d'attractivité des nouvelles entreprises (conjuncturels, structurels) ? Ces nouvelles entreprises sont-elles liées aux entreprises de la symbiose de Dunkerque par des synergies éco-industrielles ? Autrement dit, l'écologie industrielle joue-elle un rôle dans le renforcement de l'attractivité et de la variété des activités présentes sur le territoire Dunkerquois ?

2.2. Le rôle de l'écologie industrielle dans l'attractivité de nouvelles entreprises

2.2.1. Présentation des nouvelles synergies, des raisons de leur mise en œuvre et de leurs apports au territoire

À l'issue de l'implantation de nouvelles entreprises, de nouvelles synergies éco-industrielles ont émergé dans la symbiose industrielle de Dunkerque. Ces dernières se traduisent principalement par des flux de substitution/valorisation.

Aliphos qui se charge de la production de phosphate alimentaire, intègre les approches de l'écologie industrielle dans son processus de production. L'utilisation du phosphore extrait dans les roches riches en phosphore est nécessaire dans ce type de production. C'est une matière première indispensable. Ces roches sont en effet une ressource naturelle qui nécessite entre 80 à 100 ans pour se former. Une extraction illimitée engendrera l'épuisement du phosphore disponible en quantité illimitée sur la terre. Le brevet déposé par Aliphos répond à cette problématique environnementale. C'est une solution innovante qui permet d'utiliser des roches pauvres en phosphore ainsi que des gisements de phosphore qui contiennent de petites quantités de phosphore. Il s'agit de la prise en considération de l'épuisement des ressources dès la phase amont du processus de production.

Dans ce processus d'extraction de phosphore, l'entreprise utilise de l'acide chlorhydrique. Ce dernier est considéré comme un résidu issu de la production de soude qu'elle souhaite valoriser

et réintégrer dans son processus de production. Ne pouvant pas assurer cette valorisation, Aliphos a établi un accord de collaboration avec l'entreprise IndaChlor® qui s'installera à proximité d'Aliphos pour traiter et valoriser ce résidu (annexe 23)⁸⁹. Les formalités liées à l'installation de l'entreprise de traitement de déchets ont été entamées, une enquête publique a été ouverte. L'entreprise sera connectée à Aliphos par le biais de pipelines qui sont en cours de construction. Cela facilitera et sécurisera le transfert de l'acide chlorhydrique entre les deux entreprises voisines. Le processus de production d'Aliphos génèrera, en plus de l'acide chlorhydrique qui sera valorisé par IndaChlor®, un autre co-produit qui est le gypse. Ce dernier sera vendu à des entreprises locales notamment auprès de nouvelles entreprises qui sont en cours d'installation sur le territoire comme Ecocem et DMT. Le gypse sera également vendu auprès d'autres entreprises productrices de plaques de plâtre situées à proximité de l'entreprise (à 7 km), ainsi qu'auprès d'une entreprise en Belgique.

L'énergie produite par IndaChlor® lors du processus de traitement de l'acide chlorhydrique permettrait de fournir en vapeur une autre entreprise voisine Ryssen Alcool qui fait partie de la symbiose industrielle de Dunkerque (annexe 24). Les entreprises seront également reliées par une canalisation pour le transfert de la vapeur.

Les déchets rentrants chez IndaChlor® sont des déchets liquides chlorés dont le taux de chlore est assez élevé (entre 60 et 70%). Le liquide est incinéré pour permettre à toutes les molécules de se désintégrer. En plus du déchet liquide d'Aliphos, IndaChlor® utilise des hydrocarbures dans une partie de ce processus. Ce dernier devient une énergie. En effet, ce processus génère des fumées à très haute température 1200 degrés. C'est à partir de ces fumées que la chaleur est récupérée. Elle est ensuite transformée par le biais d'une chaudière sous forme de vapeur. A la fin de ce processus, il y a un processus de captation du chlore qui se fait dans un système de lavage de fumée et c'est à ce niveau que l'on produit de l'acide chlorhydrique. L'acide chlorhydrique est transféré à Aliphos et la vapeur part chez Ryssen Alcool (annexe 24)⁹⁰.

À ces trois synergies s'ajoute la nouvelle synergie entre l'entreprise Ecocem et le sidérurgiste ArcelorMittal. Ecocem est une nouvelle entreprise qui fait partie de la symbiose industrielle de Dunkerque. La nature de l'activité d'Ecocem s'intègre en effet dans les démarches d'écologie

⁸⁹ Présentation du projet IndaChlor®, Dunkerque par R. Kruitwagen, K. Schoonjans, S. Coppens, 13 Juin 2016 – Dunkerque.

⁹⁰ Le schéma est extrait d'un document de présentation de l'entreprise qui nous a été communiqué par notre interlocuteur. Le document est également disponible sur internet

industrielle. Elle fabrique un ciment écologique à partir des déchets sidérurgiques. L'entreprise est liée à ArcelorMittal par le biais d'un contrat d'une durée de 15 ans.

En France, la production de ciment est responsable à elle seule de 5 % des émissions de CO2 national. Cette pollution atmosphérique est essentiellement causée par la production de clinker, le constituant principal du ciment traditionnel, aussi nommé ciment Portland.

Avec une teneur en clinker d'au moins 95 %, la production de ce type de ciment est à l'origine de la majeure partie de l'empreinte carbone de l'industrie cimentière. En effet, il est obtenu suite à une étape de cuisson à très haute température (environ 1 450 °C) à la fois très consommatrice en énergies fossiles et en ressources minérales naturelles. Ainsi, la production d'une tonne de clinker émet 900 tonnes de CO2 et nécessite 1,3 tonne d'argile et de calcaire, des ressources naturelles non renouvelables extraites en carrière.

Pour participer à la réduction de ces problèmes environnementaux, Ecocem a développé un processus de production de ciment écologique issu des déchets des hauts-fourneaux de la sidérurgie. Il s'agit d'un produit de substitution au clinker capable de remplacer le ciment utilisé dans la fabrication du béton. L'activité de cette nouvelle unité est la production de laitier moulu, issu de la valorisation du principal coproduit de la fabrication de la fonte de haut-fourneau. Ce matériau, longtemps considéré comme un déchet, présente des propriétés hydrauliques. Après granulation, broyage fin et séchage, il devient un substitut du clinker dans la fabrication du ciment. Son processus de fabrication permet la réduction des impacts sur l'environnement, avec une émission de CO2 de 20 kg pour une tonne de laitier moulu contre 765 kg pour une tonne de ciment classique.

La performance environnementale du laitier moulu d'Ecocem sera accrue grâce à la valorisation des gaz de haut-fourneau d'ArcelorMittal située à proximité. Ces gaz valorisés par Ecocem seront utilisés en complément du gaz naturel dans le processus de production. Le site de Dunkerque pourra produire 750 000 tonnes de laitiers moulus par an, ce qui portera avant la fin 2018 la capacité de production d'Ecocem France à 1,4 million de tonnes par an. 26 personnes travaillent sur le site, en deux équipes. Implanté sur un terrain de quatre hectares, le site pourrait être doublé dans une seconde phase, ArcelorMittal pouvant fournir environ 1,6 million de tonnes de laitiers par an. Cela porterait l'effectif à plus de trente salariés. Le site de Dunkerque s'étend sur 5 200 m² ; il est équipé d'un broyeur vertical, d'un mélangeur et d'installations de stockage. Il dispose en outre d'un outil à vitesse variable qui permet la production de granulométries différentes. La moitié de la production de ciment « vert » sera vendue en

Angleterre et l'autre est vendue en France principalement au nord d'Orléans. Ecocem dispose de terminaux partenaires. À terme, la marchandise ultra-pulvérulente circulera des stockages d'Ecocem aux silos de DMT, et des silos de DMT aux navires par des conduites sous pression.

Le groupe Total a remplacé son ancienne raffinerie par un centre de recherche et développement créé en partenariat avec plusieurs acteurs. Ce projet a abouti la création d'une nouvelle entreprise qui a pour objectif de mener des recherches pour mettre au point de nouvelles technologies de production de biocarburant. Les équipes de chercheurs ont pour missions de réaliser des bilans de matières, des bilans thermiques, ainsi qu'un certain nombre d'analyses d'échantillons. Le projet n'a pas pour vocation la réalisation de produits destinés à être commercialisés. Ce qui sera commercialisé auprès des industriels, sur une échelle nationale et internationale, ce sont les licences de brevets.

BioTfuel vise à développer et mettre sur le marché une chaîne complète de procédés permettant de produire, par voie thermochimique, du biogazole et du biokérosène de 2e génération. Le biogazole et le biokérosène produits, seront exempts de soufre et de composés aromatiques. Ils seront utilisables, seuls ou en mélange, dans tous types de moteurs diesel et turboréacteurs d'avion. Le projet a pour but de développer des technologies de conversion de la biomasse lignocellulosique (paille, résidus forestiers, cultures dédiées, etc.) en carburants de synthèse, en validant leur faisabilité technique et économique sur des installations de démonstration, et en optimisant les bilans énergétiques et environnementaux. Le processus industriel se déroule en quatre étapes⁹¹ (annexe 25) :

- Le prétraitement et la torréfaction : la biomasse est prétraitée, séchée et broyée sous forme de poudre afin de permettre son injection sous pression dans un gazéifieur *via* un système de fluidisation. Cette étape de prétraitement de la biomasse et de torréfaction est réalisée sur le site Avril de Venette.

Les trois étapes suivantes auront lieu sur le site de Total à Dunkerque :

- La gazéification : le solide torréfié va ensuite être broyé puis transformé en gaz de synthèse dans le gazéifieur. Il est pour cela porté à très haute température (entre 1 200 et 1 600°C) en présence d'oxygène. BioTfuel a choisi la technologie de gazéification à flux entraîné sous pression qui offre la meilleure flexibilité pour le traitement d'une

⁹¹ Informations issues du dossier de presse du projet Biotfuel (09/12/2019).

large diversité de biomasse, permet des capacités de traitement élevées et génère un gaz de synthèse plus pur.

- La purification du gaz de synthèse : avant d'être transformé en carburant liquide, le gaz de synthèse doit être d'une grande pureté et avoir la bonne composition. La technologie de purification est une étape complexe qui regroupe différents procédés et qui n'a pas encore été mise en œuvre à l'échelle industrielle. Elle consiste d'abord en des procédés de lavage relativement matures, suivis d'une purification finale qui met en œuvre des catalyseurs spécifiques très performants nécessitant un développement supplémentaire pour une application industrielle continue. Les développements technologiques porteront essentiellement sur les étapes finales de purification, préparant le gaz à une opération de synthèse Fischer-Tropsch⁹².
- La conversion finale en biocarburant par synthèse Fischer-Tropsch : le procédé de synthèse dit Fischer-Tropsch convertit le gaz de synthèse purifié en un mélange d'hydrocarbures, à basse température sur un catalyseur à base de cobalt. Cette étape ne fait pas l'objet de travaux R&D étant donné que la technologie existe sur le marché.

Les facteurs qui ont favorisé la coopération entre les différents acteurs du projet Biotfuel sont les compétences que chacun partenaire apporte au niveau du partenariat. Le groupe Avril apporte des compétences scientifiques et techniques liées aux bio-ressources et biomasse. Les équipes de l'IFP et du CEA disposent des compétences en développement de procédé et des expertises sur des moyens d'analyses. L'entreprise ThyssenKrupp apporte la technologie de la gazéification. Le groupe TOTAL met à disposition son terrain, les infrastructures et les équipes opérationnelles pour faire fonctionner l'unité, en plus de son appui en matière de R&D. Enfin, AXENS qui est une filiale de l'IFP dont la vocation est de vendre des licences de procédés se chargera de la vente de licences à l'échelle internationale. Chaque partenaire a aussi mobilisé des moyens financiers dans la mesure où le projet nécessite un investissement s'élevant à 180 Millions.

L'entreprise ENGIK, quant à elle, a répondu à notre questionnaire électronique. Les réponses indiquent qu'elle propose une solution alternative à l'achat du matériel de travaux publics. Un

⁹² Le procédé Fischer-Tropsch fait intervenir la catalyse de monoxyde de carbone et d'hydrogène en vue de les convertir en hydrocarbure.

type de service entre dans le cadre l'économie de la fonctionnalité. De plus, elle valorise les huiles usagées qu'elle utilise dans les travaux de maintenance⁹³.

D'autres nouvelles entreprises, que nous n'avons pas eu l'opportunité d'interroger⁹⁴, font de l'écologie industrielle et s'intègre dans la symbiose industrielle de Dunkerque. Par exemple, la start-up Terraotherm est une unité innovante ayant développé de nouvelles technologies permettant la récupération et réutilisation de l'énergie. Elle propose une solution permettant de lutter contre la pollution atmosphérique et le réchauffement climatique. Il s'agit d'un équipement qui capte et traite les fumées de combustion des déchets. Il permet le lavage des rejets gazeux en réduisant ainsi les rejets polluants (notamment : les poussières, NOX, CO2, acides, gaz, métaux,...). L'échangeur « Terraosave » récupère une partie de l'énergie thermique dite « perdue » se dégageant du processus et assure un gain de production d'énergie important (annexe 26)⁹⁵ : « *la chaleur qu'on va récupérer va resservir. C'est un cercle vertueux où l'on produit de l'énergie en recyclant* » déclare l'inventeur de cette technologie (La Voix du Nord, 08/11/2016). La première mise en service de cet équipement a eu lieu dans le centre de valorisation énergétique des déchets de Dunkerque. Le centre valorise 80 000 tonnes de déchets résiduels par an. La chaleur dégagée du processus de combustion de ces déchets est valorisée par transformation et production d'énergie thermique et électrique⁹⁶. La start-up a, en effet, établi une collaboration avec la CUD et le CVE pour tester l'équipement qui, à l'issue de cette expérimentation, pourra être exploité par d'autres industriels.

Un autre exemple est celui de l'entreprise Oleovia (que nous avons déjà présenté dans la section 6), spécialisée dans la collecte gratuite et le recyclage des huiles alimentaires usagées. Cette entreprise a été créée en 2016 et est reliée avec deux entreprises locales, Daudruy et NordEster. L'entreprise récupère les huiles usagées auprès d'entreprises alimentaires et restaurateurs locaux et nationaux, mais aussi auprès des particuliers. Nous rappelons que ces huiles sont par la suite transmises à l'entreprise NordEster qui produit du biodiesel (annexe 27)⁹⁷.

⁹³ Le questionnaire n'a été rempli que partiellement, l'entreprises n'a pas indiqué les détails sur les partenaires avec lesquels elle valorise ses huiles usagées.

⁹⁴ Certaines entreprises n'ont pas répondu à notre demande d'entretien

⁹⁵ Energies le Mag, Terraotherm : l'innovation que l'on n'attendait plus, Octobre 2016 - Janvier 2017, n°5.

⁹⁶ Informations extraites du site de l'entreprise Dalkia qui est également un partenaire de Terraotherm. Dalkia collabore avec la start-up dans la mise en place de l'équipement : <https://www.dalkia.fr/fr/e-mag-efficacite-energetique/dunkerque-tiru-teste-lechangeur-terraosave>

⁹⁷ Source : <http://www.esterifrance.fr/nos-membres/>

Tableau 10 : Résumé des synergies des nouvelles entreprises

Entreprises	Activité	Indicateurs de variété reliée
Aliphos	Entreprise innovante dans le domaine de production de dicalcium phosphate (alimentation animale) à partir de roches pauvres en phosphate.	Flux de substitution : Projet de synergie avec IndaChlor®. Utilisation d'acide chlorhydrique fourni par IndaChlor®
IndaChlor®	Gestion et traitement des déchets industriels	Flux de substitution avec Aliphos (transformation de déchets chlorés en acide chlorhydrique (AC)) et Ryssen Alcool (captation de vapeur à partir de la transformation de l'AC)
ECOCEM	Fabrication de ciment écologique	Flux de substitution avec ArcelorMittal : valorisation du laitier sidérurgique d'ArcelorMittal pour fabriquer du ciment écologique
BIOTFUEL	Production de biodiesel et de biokérosène de 2ème génération	Mutualisation de moyens et connaissances pour développer des activités de R&D : une technologie innovante de production de biodiesel (vente de licences) : Partenariat scientifique (création de brevets, co-recherche) entre acteurs publics et privés : groupe Total (énergie), Avril (alimentation humaine), Axens, le CEA, IFP Energies nouvelles, thyssenkrupp.
Engik	Entreprise de service et de maintenance pour les matériels et les équipements du TP	Valorisation d'huiles
Terraotherm	Start-up innovante	Synergie avec le centre de valorisation de Dunkerque Nouvelles synergie avec Dalkia pour le réseau de chaleur
Oleovia	Collecte de déchets (huiles et graisses végétales) pour valorisation	Créée par Daudruy et liée à Nordester (Oleovia fait la collecte des huiles usagées qu'elle transmet à NordEster pour valorisation et fabrication de biocarburant

En définitive, les résultats de notre enquête montrent qu'un certain nombre de nouvelles entreprises ont mis en place des démarches d'écologie industrielle. L'analyse quantitative a permis de constater que 25 entreprises sur les 96 étudiées (dont on dispose de site web) s'intéressent à l'écologie industrielle (ou pour certaines à la protection de l'environnement). L'analyse qualitative, quant à elle, nous a permis d'affiner notre analyse. Par un ensemble d'entretiens semi-directifs et un questionnaire électronique, nous avons pu identifier les entreprises nouvelles ayant des synergies dans la symbiose industrielle de Dunkerque. Comme nous l'avons expliqué plus haut, cette étude complète notre analyse de la variété reliée par l'appartenance sectorielle. Ainsi, il découle des résultats que les synergies d'écologie industrielle à Dunkerque relient des entreprises qui n'appartiennent pas forcément aux mêmes secteurs, elles ne se relient donc pas grâce aux similarités ou complémentarités des activités mais par des relations basées sur l'échange de flux de matières et d'énergie (tableau 10 et schéma 17) :

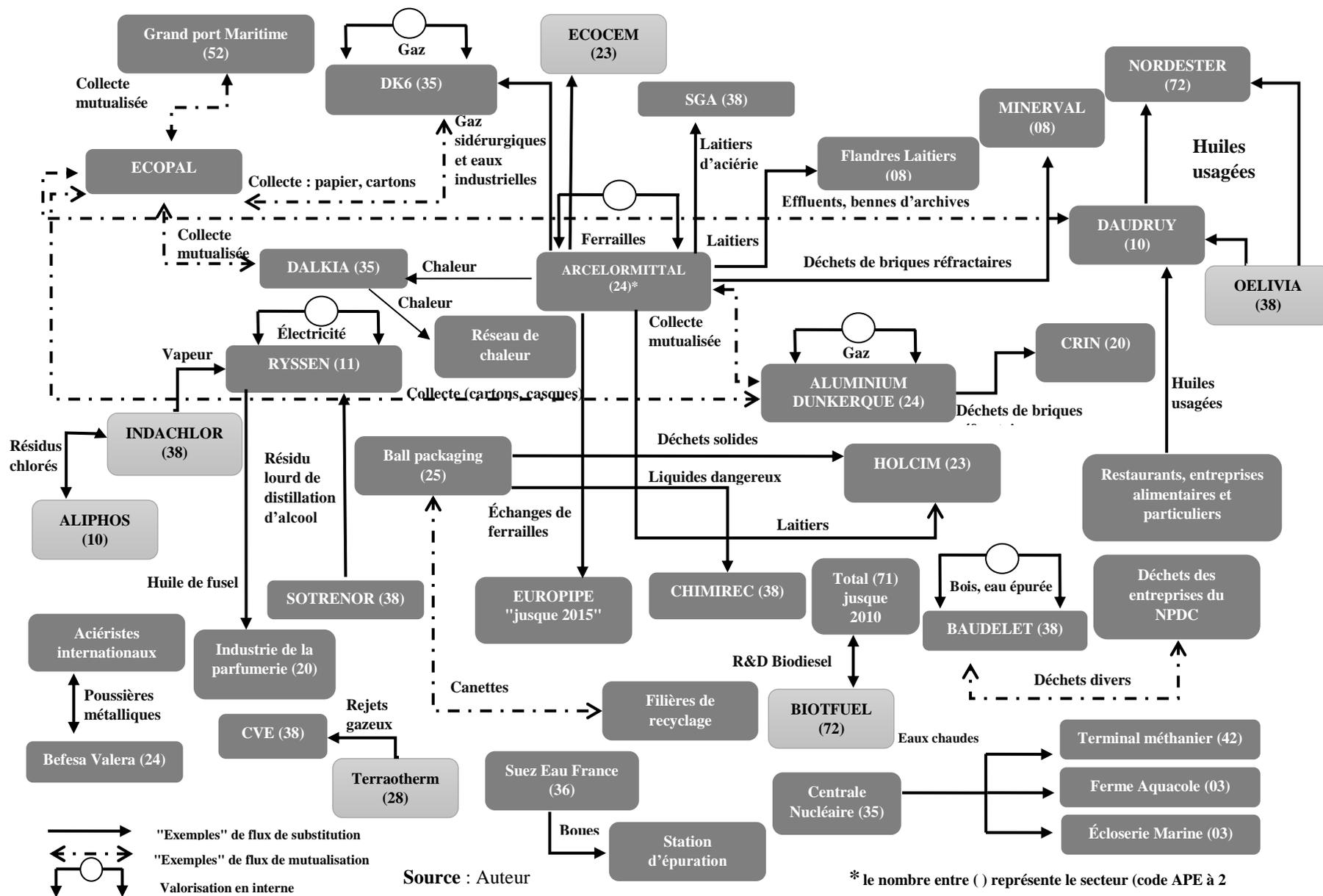
- Aliphos (secteur 10 : industrie alimentaire) se relie avec IndaChlor® (38 : collecte et traitement des déchets) par des flux de valorisation d'acide chlorhydrique.
- Ryssen Alcool (secteur 11 : Production de boissons alcooliques distillées) reliée par synergie de vapeur avec IndaChlor® (secteur 38 : collecte et traitement des déchets).
- Ecocem (secteur 23 : fabrication de produits minéraux non métallique) avec ArcelorMittal (secteur 24 : métallurgie) reliée une synergie de valorisation de gaz des hauts fourneaux.
- Le projet Biotfuel met en relation plusieurs grands groupes industriels locaux et régionaux dans le cadre de la création d'une plateforme de R&D production de biomasse. De plus, il se relie par le secteur avec l'entreprise NordEster (secteur 72 recherche et développement), leurs activités sont en effet similaires.
- Oleovia (38 collectes et traitement des déchets) se relie avec l'entreprise Daudruy (production de graisses et huiles végétales) et reliée avec Nord Ester (7219Z secteur : Recherche développement scientifique) qui fait la production de biodiesel à base d'huiles et graisses raffinées.
- Terraotherm (secteur 28 : fabrication de machines et équipements) reliée avec le pôle de valorisation de Dunkerque qui se compose de deux unités : le centre de valorisation organique (CVO) et le centre de valorisation énergétique (appartenant tous les deux au secteur 38 de collectes et traitement des déchets). La start-up est aussi reliée avec

l'entreprise Dalkia (35 Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné).

Les résultats de cette étude sont intéressants dans la mesure où ils montrent l'existence d'une dynamique de création d'activités nouvelles basées à l'écologie industrielle, sachant que la période étudiée est relativement courte (2014 – 2017). Il est important de rappeler que d'autres activités ont été créées, dans le cadre de l'écologie industrielle, à Dunkerque, dès le début des années 1990 (voir encadré éco-innovations : par exemple, le réseau de chaleur urbain, la ferme Aquacole, Ecloserie Marine, DK6, Befesa Zinc, NordEster etc.).

À l'issue de ces résultats, il est possible de comprendre que l'écologie industrielle permet de développer une variété reliée basée non seulement sur la proximité cognitive (connaissances et compétences similaires/complémentaires) mais aussi sur une proximité organisationnelle (création de réseaux) entre les acteurs. Les multiples interactions des acteurs dans la symbiose industrielle/milieu éco-innovateur peuvent permettre aux entreprises de développer une base de compétences et de connaissances commune reposant sur les échanges de flux. Ce processus d'interaction et de travail en commun peut ainsi être à l'origine d'apprentissage collectif et d'émergence de nouvelles éco-innovations. Certaines nouvelles entreprises nous ont confirmé leur intérêt d'établir de nouvelles synergies avec les acteurs locaux. C'est le cas par exemple de l'entreprise de traitement de flux qui envisage de trouver de nouvelles synergies locales pour la valorisation de déchets chlorés « *l'acide chlorhydrique est un produit largement utilisé dans l'industrie chimique, pétrochimique, métallurgique et agro-alimentaire qui sont largement présentes sur le territoire dunkerquois* » (entretien n°27). Ou encore le cas de l'entreprise de phosphate qui a pour projet de créer une nouvelle unité de production de phosphate di-calcique à partir des boues de station d'épuration (à partir de 2019). Elle sera l'une des premières entreprises au monde à extraire industriellement les phosphates contenus dans les cendres volantes issues de l'incinération des boues de stations d'épuration des eaux usées. C'est le concept de « mines urbaines ». « *Nous avons un autre projet appelé Dunkerque 2. C'est une nouvelle unité qui va fabriquer du phosphate di-calcique et qui va extraire le phosphore dans les cendres des boues de station d'épuration. Nous allons récupérer les cendres des boues incinérées et en extraire du phosphore qui servira à la production d'engrais* » (entretien n°26). Cet engrais produit à partir de la valorisation des boues de station sera vendu à l'échelle nationale.

Schéma 17 : Symbiose industrielle et nouvelles synergies

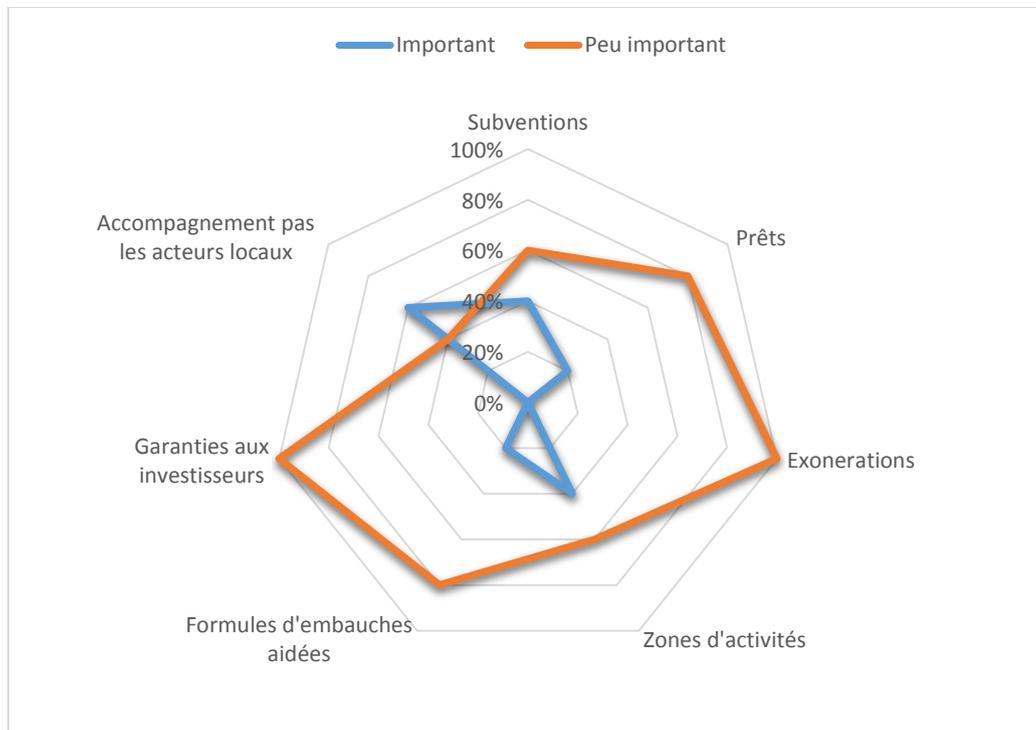


2.2.2. Les facteurs d'attractivité conjoncturels et structurels

La première partie du guide d'entretien nous a permis de mettre en évidence les facteurs qui ont incité l'implantation des entreprises interrogées, en distinguant lors des entretiens les facteurs conjoncturels et les facteurs structurels d'attractivité. Cette partie avait pour objectif de déterminer le rôle joué par l'écologie dans l'installation de ces entreprises. Les questions concernant l'attractivité ont été constituées sur la base de la définition des facteurs d'attractivité conjoncturelle et structurelle élaborée dans la littérature (voir encadré section 5).

- *L'attractivité conjoncturelle* : il découle des résultats que les facteurs conjoncturels ont été des déterminants moyennement importants dans le choix de la localisation. De manière générale, les incitations financières (notamment les prêts, exonérations et garanties aux investisseurs) sont présentes sur le territoire mais toutes les entreprises interrogées n'en ont pas bénéficié « *les subventions et les exonérations ne sont pas vraiment un facteur d'attractivité. Là j'avoue ça n'a pas été le moteur du tout. Nous avons bénéficié d'exonérations classiques que l'on peut trouver pour un site au démarrage. Mais il n'y a pas de passe-droit pour notre entreprise ou d'exonérations spécifique* » (entretien n°26) (graphique 10).

Graphique 10 : Facteurs d'attractivité conjoncturelle à Dunkerque



Deux entreprises interrogées ont mis l'accent sur l'importance des incitations financières comme moteur de leurs implantations. La première a bénéficié d'une subvention locale (prime) pour l'emploi. Dans ce cadre, elle s'engage à embaucher 37 salariés (entretien n°28). Pour la deuxième, dont l'activité repose sur la recherche et développement, le facteur d'attractivité conjoncturel est très important, en particulier les financements. Ce projet a bénéficié de subventions publiques ainsi que d'investissements privés. Le projet rentrait dans le cadre d'appel à manifestation d'intérêt lancé par l'ADEME, favorisant le développement d'éco-innovations. Il a bénéficié à la fois des financements de l'ADEME et aussi d'un financement régional. Il s'agit donc de financements nationaux ou régionaux et non pas locaux. Les facteurs également importants pour cette entreprise sont la disponibilité des prêts et la zone d'activité à Dunkerque sur laquelle l'unité de production a été construite (entretien n°29).

60% des répondants déclarent que les démarches administratives ont facilité leur installation. Cela peut s'expliquer par l'accompagnement des organismes locaux comme l'agence de développement, la collectivité, la chambre de commerce et d'industrie, l'agence d'urbanisme et la direction régionale chargée de l'environnement. L'une des entreprises a par exemple été accompagnée par les acteurs locaux. Cela s'intègre aussi dans son choix de localisation à Dunkerque. Elle a été accompagnée pour les démarches administratives par le Port, l'agence de développement économique et le sidérurgiste. « *Nous avons beaucoup été aidés par les acteurs locaux. Le port nous a informés de la disponibilité du terrain. L'agence de développement économique nous a accompagnés après pour nous faire rencontrer des personnes dans le territoire, elle nous a aidé pour la recherche de personnel et des sous-traitants* » (entretien n°28).

Une autre entreprise a eu le soutien de la chambre de commerce et de développement économique pour faciliter la communication avec les industriels du territoire sur la nature et le déroulement de son projet d'installation. L'un des acteurs locaux a notamment donné la possibilité l'entreprise d'héberger son site internet. De même pour la nouvelle entreprise de traitement de déchets chlorés, elle considère que l'accompagnement proposé par les acteurs locaux est un facteur important. L'entreprise a été accompagnée par l'agence de développement ainsi que le port maritime de Dunkerque. L'accompagnement se traduit par un soutien apporté lors du développement du projet. Notamment par la mise en contact avec les acteurs locaux (les administrations chargées du contrôle de l'environnement et les collectivités etc.), recherche du terrain etc. « *Cela nous a aidé à continuer, nous a encouragés et nous a donné quand même le sentiment d'être les bienvenus !* » (Entretien n° 27).

Une autre entreprise a également bénéficié de l'accompagnement de l'agence de développement et aussi de la direction régionale de l'environnement. L'accompagnement de la structure chargée de l'environnement réside dans « *la définition du cadre dans lequel l'autorisation d'exploitation allait s'inscrire. C'est une unité qui est soumise à autorisation d'exploiter. Cette autorisation comprenait un certain nombre de pôles d'exigences qu'il faut adapter aux spécificités du projet qui nécessitait pas mal d'échanges* » (entretien n° 29). Avec l'agence de développement, « *le but était de voir comment impliquer les acteurs locaux dans la construction de l'unité parce que les ingénieries étaient des partenaires. L'agence nous a aidés à réaliser deux sessions pour informer les acteurs, des appels d'offres liés au chantier pour qu'ils puissent se positionner en connaissance de cause* » (entretien n°29).

Enfin, une entreprise interrogée a confirmé avoir bénéficié de l'accompagnement d'une structure spécialisée dans l'accompagnement à la création d'entreprise à Dunkerque pour la recherche des financements.

De manière générale, le principal facteur d'attractivité conjoncturel ayant eu un impact sur le choix de localisation des entreprises interrogées est l'accompagnement des acteurs locaux (institutions). Les subventions et incitations locales et régionales sont peu présentes, selon nos interlocuteurs. Ce résultat nous semble étonnant dans la mesure où des mesures locales et régionales sont mises en place dans le cadre de la politique d'attractivité des investissements étrangers. En effet, les entreprises souhaitant s'implanter sur le territoire de Dunkerque peuvent bénéficier d'un certain nombre d'aides sous forme d'une part de subventions et d'avances remboursables et d'autre part d'aides fiscales⁹⁸(encadré 10).

Encadré 10 : Les mesures d'attractivité conjoncturelle à Dunkerque

Dans le premier cas, les subventions et avances remboursables (à taux zéro et dont le remboursement débute deux ans après le l'investissement) sont octroyées en concertation par la région et les institutions locales, à condition que les projets proposés entrent dans la stratégie régionale et apportent une valeur ajoutée en termes environnemental, d'emplois générés et d'innovation. L'attribution n'est donc pas systématique.

Dans le cadre de la loi Notre (loi portant nouvelle organisation territoriale de la République) promulguée le 7 août 2015, c'est la région qui possède la compétence en matière d'attribution des subventions et des aides aux entreprises⁹⁹. Par le biais de conventions avec les différents

⁹⁸ Ces mesures d'attractivités conjoncturelles nous ont été communiquées par l'agence de développement Dunkerque Promotion ainsi que la CUD.

⁹⁹ En effet, l'article L. 1511-2 du CGCT stipule que la région obtient la compétence exclusive pour définir des « régimes d'aides et pour décider de l'octroi des aides aux entreprises dans la région ». De même c'est à elle que

territoires, elle définit sa politique d'attribution d'aides. Lorsqu'une demande d'une entreprise désireuse d'investir sur un territoire est émise, une rencontre a lieu entre les collectivités territoriales et la région donnant lieu à une réflexion coordonnée, réalisée au cas par cas. L'un des outils important de la région Hauts de France est le Fonds FRATRI (fonds d'Amplification de la Troisième Révolution Industrielle). Il a pour objectifs : d'appuyer les projets de entreprises, collectivités territoriales, associations, laboratoire de recherche pour développer les énergies renouvelables et fatales, concevoir des bâtiments performants et/ou producteurs d'énergie, doter la région de capacités de stockage de l'énergie renouvelable et de récupération, déployer les réseaux intelligents, développer l'innovation dans le domaine des mobilités, renforcer les nouveaux modèles économiques et de consommation, consolider les stratégies régionales (TRI/TEE), accompagner les stratégies climatiques et énergétiques territoriales.

Les dispositifs locaux peuvent compléter les aides apportées à l'échelle régionale. Il peut s'agir d'avances remboursables comme le fonds Innovation Croissance de la Communauté urbaine de Dunkerque, ou encore les fonds de revitalisation locale imposés aux entreprises de grande taille (plus de 1000 salariés) qui ferment leur portes. Ils permettent de financer de nouveaux projets sur le territoire. À Dunkerque, la fermeture de Total a donné lieu à la création d'un fonds de revitalisation local. Il est de même de la convention de revitalisation signée entre Euopipe, SRD, Aluminium Dunkerque et la CCI, avec pour ambition de recréer de l'emploi à hauteur de ce qui a été supprimé par la fermeture ou la réduction d'activité dans ces entreprises. Au total, cette convention unique repose sur 1,7 million d'euros, qui doit permettre de générer autour de 280 nouveaux emplois en Flandre maritime. Depuis sa création en 2017, 7 projets ont été présentés par des entreprises locales qui permettront de supporter la création de 68 emplois dans les 3 années suivantes.

Dans ce processus, l'agence de développement économique Dunkerque Promotion a un rôle d'accompagnement et de mise en relation. Lorsqu'une demande émane d'une entreprise, l'agence se charge de « construire le tour de table » en rassemblant la communauté urbaine, la Chambre de commerce, la Région, Nord France Investissement et les fonds de revitalisation locale.

L'autre grand dispositif d'attractivité conjoncturelle correspond aux aides fiscales apportées aux entreprises. Toute nouvelle entreprise s'installant sur une zone à finalité régionale ¹⁰⁰(AFR) peut bénéficier d'une exonération de l'impôt sur les sociétés pendant deux ans. De plus, à Dunkerque, la Communauté Urbaine a voté une exonération pour les entreprises qui s'installent et pendant deux ans de de la « contribution économique territoriale » (CET) qui remplace la taxe professionnelle sur les équipements et biens mobiliers (TP), à laquelle étaient soumises les entreprises et les personnes physiques ou morales qui exercent une activité professionnelle non

revient l'élaboration de deux schémas majeurs prospectifs, couvrant les deux volets du développement économique : le schéma régional de développement économique, d'innovation et d'internationalisation (SRDEII), lequel définit les orientations en matière d'aides aux entreprises, de soutien à l'internationalisation et d'aide à l'investissement immobilier et à l'innovation des entreprises; le schéma régional d'aménagement de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET).

100 Le décret n° 2014-758 du 2 juillet 2014 relatif aux zones d'aide à finalité régionale (AFR) et aux zones d'aide à l'investissement des petites et moyennes entreprises modifié par le décret n° 2015-1391 du 30 octobre 2015 et le décret n° 2017-648 du 26 avril 2017 délimite les zones, conditions et limites dans lesquelles l'Etat et les collectivités locales peuvent allouer aux entreprises des aides à l'investissement et à la création d'emploi. La carte détermine les taux plafonds d'aide à l'investissement qui varient selon la fragilité des territoires, conformément aux règles européennes : - 10 % du coût des investissements productifs pour les grandes entreprises en métropole ; - 45 à 70 % du coût des investissements productifs pour les grandes entreprises dans les DOM ; - des bonifications de taux de 10 % pour les moyennes entreprises et de 20 % pour les petites entreprises sont prévues dans chacune de ces zones.

salariée. La CET est composée de la cotisation foncière des entreprises (CFE) et la cotisation sur la valeur ajoutée des entreprises (CVAE).

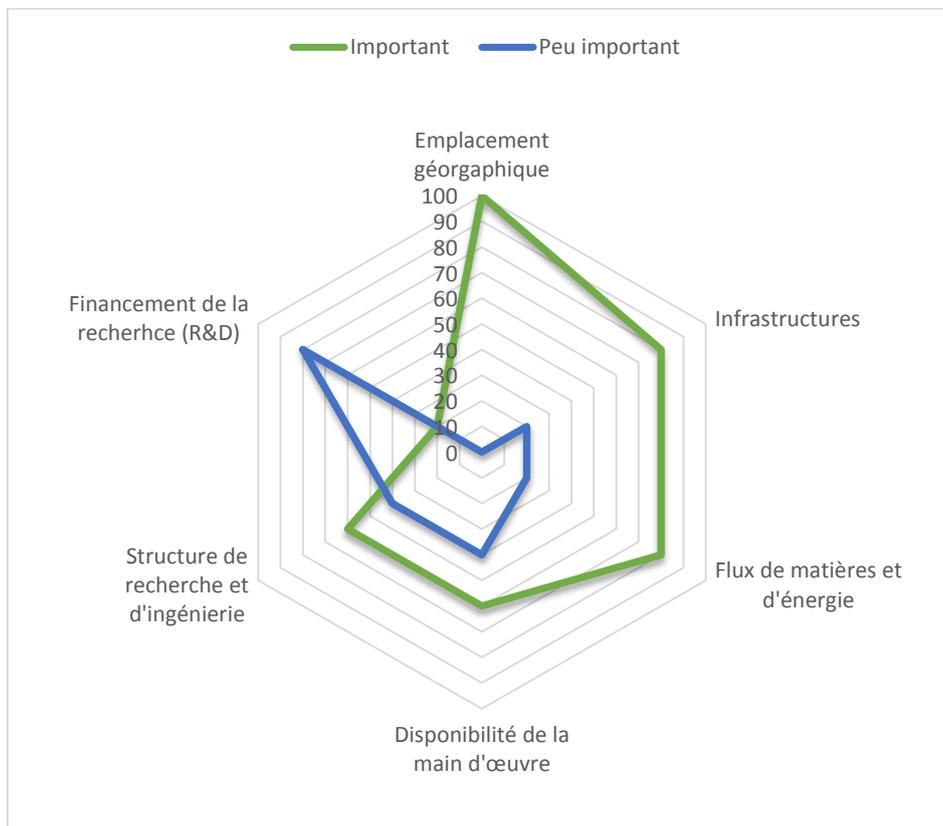
Bien entendu à ces dispositifs, s'ajoutent les autres types d'aides (à l'embauche, au développement des TPE et des PME, au développement des entreprises, à l'innovation) ouverts à l'ensemble des entreprises via l'OSEO BPI France.

Au total, cependant, et en adéquation avec les règles européennes en matière d'octroi d'aides aux entreprises, celles-ci ne peuvent pas dépasser plus de 10% du montant total de l'investissement. Et selon la règle d'encadrement des aides de la communauté européenne, la règle des minimis, une même entreprise ne peut pas toucher plus de 200 000 euros d'aide sur une période de 3 exercices fiscaux. Cela oblige les organismes à être coordonnés pour ne pas dépasser ce seuil.

Source : Compte rendu des entretiens avec Dunkerque Promotion et la CUD

- *Attractivité structurelle* : la totalité des entreprises déclarent que l'emplacement géographique est un facteur d'attractivité très important. Ce résultat se justifie par le fait que le territoire dunkerquois dispose des terrains pour l'implantation de nouvelles entreprises (avec des possibilités d'extension), et par sa position géographique stratégique (graphique 11).

Graphique 11 : les facteurs d'attractivité structurelle à Dunkerque



La totalité des interrogés (100% des réponses) déclarent que les infrastructures ont joué un rôle primordial dans leur installation à Dunkerque. Cela s'explique par le fait que le complexe industrialo-portuaire dunkerquois dispose d'importantes infrastructures industrielles et portuaires avec la présence d'anciens sites industriels, du port et d'un réseau ferroviaire et maritime important *« les trois facteurs déterminants de notre localisation à Dunkerque sont : l'accès à la mer, Dunkerque nous offrait cette possibilité, la présence d'une infrastructure attractive avec la présence du port de Dunkerque, ainsi que la dynamique liée organismes locaux qui ont apporté leur soutien »* (entretien n°26). La situation géographique et l'infrastructure portuaire (flux maritimes, fluviaux, autoroutiers et ferroviaires), permettent de faciliter à cette nouvelle usine de production l'importation de matière première et l'exportation de produits finis principalement par voie maritime. Ces importations et exportations amèneront à leur tour un nouveau trafic portuaire au port. Cette entreprise avait, en effet, le choix entre trois possibilités de terrains. Or, *« le choix du territoire dunkerquois est dû à la possibilité d'extension pour la création d'une nouvelle unité à partir de 2019 « Dunkerque est ressorti parce qu'il y avait une possibilité d'extension. Je sais que sur les 2 autres sites les places étaient limitées, ici on a 11 hectares disponibles »* (entretien n° 26). Un autre interlocuteur déclare *« ce qui a joué c'est la disponibilité de terrain, disons qu'il y a à Dunkerque des terrains qui appartiennent au port et qui sont industriels. Cela aide car ce n'est pas toujours évident de trouver des sites industriels »* (entretien n° 27).

La possibilité d'établir des synergies de valorisation a été le deuxième facteur le plus important de la localisation des entreprises interrogées, pour certaines entreprises elle était la principale raison. En effet, la raison principale de l'installation de l'entreprise de traitement résidus chlorés, selon notre interlocuteur, est la présence de deux possibilités de synergies :

« Nous nous situons à moins de 2 km du site de notre partenaire. Cette installation vient de démarrer en octobre et elle utilise dans son processus de production l'acide chlorhydrique et donc notre installation une fois qu'elle sera démarrée en 2019, elle substituera cet apport en matière première (qui est l'acide chlorhydrique). Au lieu que notre partenaire achète cet acide sur le marché et le transporte vers son installation à Dunkerque. Il y aura une installation directe entre notre site. C'est une synergie directe » (entretien n°27).

« L'autre raison de notre installation à Dunkerque est la synergie établie avec l'entreprise qui produit l'Alcool. Notre entreprise est située à moins de 300m de son site. Cette entreprise utilisera notre énergie thermique en forme de vapeur. Ils ont besoin de chaleur/vapeur qu'ils

produisent actuellement à partir de gaz naturel, d'un carburant fossile et donc une fois que notre site sera en fonctionnement, ils seront capables d'arrêter leur production de vapeur à base de gaz naturel et la substituer par notre vapeur. Nous sommes connectés avec une canalisation directe. C'est une double synergie c'est ce qui justifie notre choix de Dunkerque » (entretien n° 27).

La synergie avec le fabricant de phosphate s'est construite grâce à une étude de marché réalisée par le groupe de traitement de déchets. Ce projet de valorisation était déjà entamé avec une autre entreprise située à Rotterdam. L'entreprise envisageait de construire une usine à proximité de ce client. Néanmoins, le projet n'a pas abouti. Le groupe s'est donc lancé dans une deuxième piste de synergie à Dunkerque.

De même pour le fabricant de phosphate la possibilité d'installation d'entreprises partenaires a joué un rôle important dans sa localisation. En particulier avec l'installation des carrières qui fourniront le calcaire à l'entreprise et surtout l'installation de l'entreprise de traitement de l'acide chlorhydrique pour l'entreprise : *« si on parle du traitement de déchet chlorés, si on parle de la possibilité de production de gypse à partir de flux, si on parle de proximité de partenaires potentiels oui bien sûr ça a beaucoup joué dans prendre la décision de localisation. Il n'y a pas longtemps j'étais en discussion avec le port, ce qui les a intéressés, dans le modèle économique de notre entreprise c'est le circuit court qui valorise ce que d'autre appellent des déchets »* (entretien n° 26).

Le fabricant de ciment, quant à lui, nous a déclaré que le premier déterminant de sa localisation à Dunkerque est la présence des flux de matières. La synergie avec l'acteur pivot est le facteur primordial d'attractivité. L'entreprise valorise d'une part les laitiers d'acier et de l'autre part les gaz de hauts fourneaux : *« le facteur le plus important qui nous a motivés est la disponibilité de la matière laitier granuleux qui a beaucoup d'atouts et qui n'était pas valorisé à sa juste valeur. Notre savoir-faire est la valorisation du laitier granuleux de haut fourneau. À partir du moment où le producteur de cette matière est à Dunkerque, nous voulons être près de lui »* (entretien n° 28). Ce résultat confirme l'importance de l'écologie industrielle comme facteur d'attractivité mais aussi le rôle de l'acteur pivot. Notre interlocuteur de l'agence de développement qui a été en contact avec les nouvelles entreprises a également confirmé ce résultat.

En plus, de l'infrastructure disponible et l'importance des flux d'écologie industrielle pour les nouvelles entreprises, il faut noter que la disponibilité de la main d'œuvre est très importante

pour 50% des interrogés. Selon nos interlocuteurs Dunkerque a une renommée en matière d'industrie, ce qui fait qu'elle dispose de travailleurs déjà expérimentés qui peuvent servir de levier pour de nouvelles entreprises qui veulent s'installer sur le territoire, « *C'est un élément important pour notre choix. Il y a un réseau de techniciens historique dans cette région lié à son histoire industrielle. Il y a quand même une tradition d'industrie à Dunkerque. De plus le territoire est aujourd'hui en période difficile est donc la main d'œuvre est disponible* » (entretien n° 27).

La présence d'opportunité en termes de moyens disponibles : l'électricité, ainsi que différents moyens qui étaient nécessaires pour accueillir l'unité et puis surtout la présence des compétences humaines a joué un rôle décisif dans le choix d'implantation du projet démonstrateur de création de biodiesel. Le groupe disposait déjà d'équipes dotées d'expériences pour opérer des unités assez complexes de type raffinage à Dunkerque. Ce sont des compétences qui pouvaient être mises au profit de ce projet sur lequel il y a aussi un enchaînement d'unités un peu complexe et très automatisées. On peut donc considérer que cette nouvelle activité innovante qui s'intègre complètement dans les approches de l'écologie industrielle a émergé d'une activité existante sur le territoire prenant forme d'une variété reliée.

Enfin, le financement et la structure de la recherche sont des facteurs peu importants pour respectivement 83% et 67% des entreprises, car la plupart des entreprises qui développent des activités de R&D bénéficient des financements de leurs groupes et disposent de leur propre laboratoire de recherche ainsi que des expertises dans leur domaine d'activité. Ainsi, la majorité des entreprises interrogées n'ont pas eu besoin de faire appel aux structures locales.

La majorité des entreprises n'ont pas encore de relations avec des centres de R&D locaux, ce qui peut se justifier par exemple par le faible ancrage territorial de l'université du Littoral Côte d'Opale, comme nous l'avons montré en analysant les actifs secondaires à Dunkerque (section 5). Cependant, certaines études ont été réalisées auprès de bureaux d'études notamment locaux. Une des entreprises a confié à ces bureaux d'études la préparation des dossiers, plans et études liés à son installation (notamment les dossiers de demande de l'autorisation d'exploitation) (entretien n° 27). Mais cela n'est pas considéré comme facteur d'attractivité. Selon l'un de nos interlocuteurs, les bureaux d'études sont suffisamment présents à Dunkerque. L'entreprise envisage de les solliciter dans l'avenir notamment pour des opérations d'exploitation (entretien n° 26).

En définitive, les facteurs d'attractivité structurelle qui ont joué un rôle dans le choix de localisation de ces nouvelles entreprises correspondent aux externalités et aux actifs spécifiques

du milieu éco-innovateur de Dunkerque. Il s'agit principalement de l'emplacement géographique, de la présence des infrastructures industrielles et portuaires, de la présence des flux de matières et d'énergies issus des processus de production industriels et enfin de la présence d'une main d'œuvre spécialisée. Ce résultat est en adéquation avec notre analyse des actifs spécifiques du territoire. Il est complété par la mise en évidence de l'importance des pratiques d'écologie industrielle dans la localisation de certaines entreprises.

Après avoir montré l'importance de l'écologie industrielle pour les nouvelles entreprises interrogées, nous avons souhaité approfondir notre compréhension des facteurs qui les incitent à adopter ce type de démarches.

Les incitations à la mise en place de l'écologie industrielle (nouvelles entreprises)

La principale motivation à l'adoption des démarches d'écologie industrielle est liée à la stratégie de groupe (graphique 12). Étant donné que la grande majorité des nouvelles entreprises font partie de groupes internationaux, la décision de leur implantation à Dunkerque et l'établissement des flux de valorisation sont issues des centres de décision délocalisés. Pour les entreprises cela s'intègre également dans le cadre de la demande d'une partie prenante. Pour l'un de nos interlocuteurs appartenant à un groupe étranger par exemple, la première motivation c'est la stratégie de groupe. L'aspect économique est également important pour l'entreprise « *le but de l'entreprise est de faire de l'argent donc oui ça joue un rôle, mais cela joue une fois que la stratégie est mise en place. Si on considère que le groupe est une partie prenante, oui c'est répondre à sa demande* » (entretien n°26). « *Il y a une volonté au niveau de tous ces groupes à s'engager vers des énergies propres avec des enjeux environnementaux. Notre groupe a par exemple une volonté d'orienter ses productions vers des énergies propres compatibles avec les enjeux climatiques des années à venir, développer ces types de procédés. Là, nous sommes sur des biocarburants 2^{ème} génération, l'idée c'est de construire des procédés du futur* » ajoute l'un des interlocuteurs (entretien n°29). Ce résultat est intéressant car il montre la prise de conscience croissante des industriels vis-à-vis des opportunités offertes par l'écologie industrielle. Rappelons que les entreprises en place, membres de la symbiose industrielle ne mettaient pas en avant l'impact des parties prenantes. De même la stratégie de groupe n'apparaissait pas comme un élément déterminant.

À 75%, les répondants affirment que les opportunités de création de nouveaux marchés sont une motivation importante. La valorisation des flux permet d'offrir sur le marché de nouveaux produits ou de nouveaux sous-produits « *le produit premier de l'usine c'est le déchet liquide*

haut chloré. Il était déjà dans notre portefeuille commercial c'est une stratégie du groupe de la société mère de produire le max de sous-produit. Notre projet nous donne la possibilité de justement réaliser cela avec ce déchet c'est plus au moins un nouveau marché pour nous » (entretien n°27). Les entreprises locales mettent en avant l'importance de l'aspect économique lié à la vente de déchet mais ne mettent pas l'accent sur les opportunités de création de nouveaux marchés grâce aux échanges de flux.

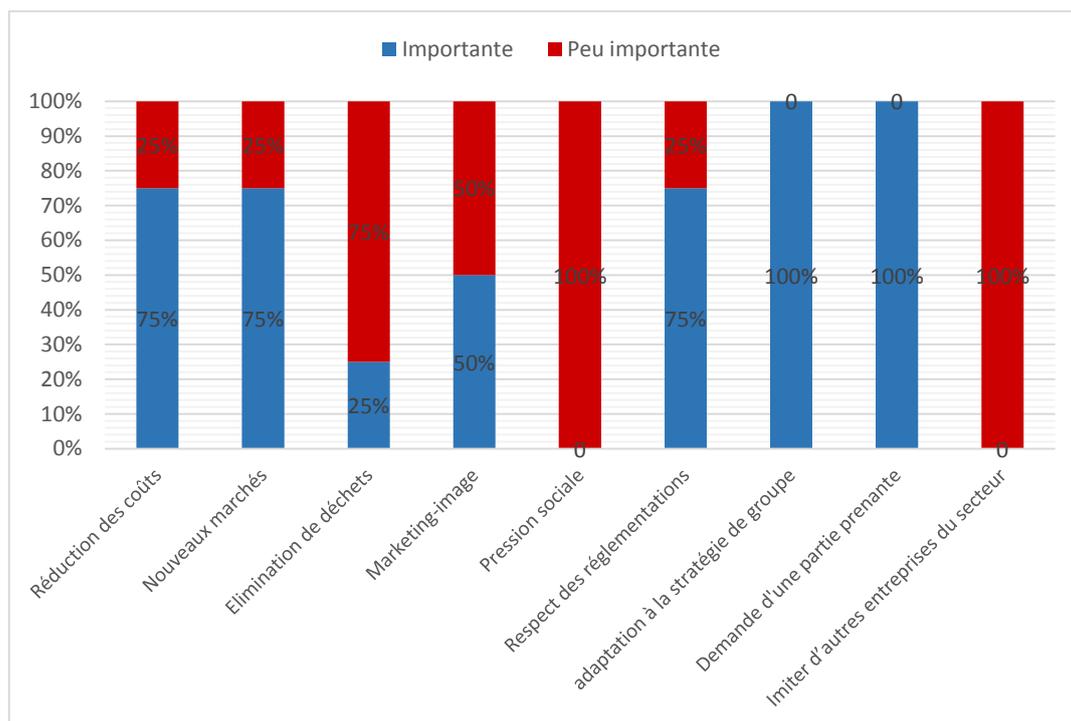
75% des répondants estiment que la réduction des coûts est un élément important dans la mesure où la valorisation des déchets permet de remplacer les matières premières. Le respect de la réglementation est également un aspect important dans l'incitation à la valorisation des flux de matières et de déchets pour les entreprises (75%). Certaines entreprises affirment que le respect des réglementations environnementales n'est pas forcément une motivation, car elles sont proactives vis-à-vis des réglementations environnementales *« je peux dire qu'on est en avance par rapport aux réglementations, notamment en dépassant certaines normes fixées par la réglementation »* (entretien n°26). Ces résultats sont du même ordre que ceux que nous avons mis en avant pour les entreprises en place.

Les nouvelles entreprises considèrent que la mise des synergies éco-industrielles est un élément favorable à l'amélioration de leur image auprès de leurs clients mais aussi de leurs partenaires (50% des réponses indiquent que c'est aspect important). Concernant la question de l'élimination de déchets, les entreprises estiment que ce n'est pas une incitation dans la mesure où cela ne présente pas un problème dans leurs cas. En revanche, le respect de l'environnement fait partie de la culture du groupe par exemple dans le cas du fabricant de phosphate dont le processus repose sur l'optimisation de l'extraction du phosphate (entretien n°26). De même pour le porteur du projet de production de biodiesel *« l'aspect environnemental est au centre de nos préoccupations. Si nous trouvons un procédé de fabrication du biocarburant et que ce procédé soit extrêmement polluant ça n'aurait pas beaucoup de sens. C'est important que sur des tests, nous vérifions que ce procédé n'est pas polluant. L'objectif final est que nous fabriquons un produit ayant un impact positif sur l'environnement. C'est pour cela que nous sommes vigilent au bilan environnemental de la production »* (entretien n°29). Là encore, les résultats sont comparables à ceux mis en avant par les entreprises de la symbiose industrielle.

Cependant les aspects les moins importants dans les décisions de création de synergies éco-industrielles sont la pression sociale et l'imitation d'autres entreprises *« la motivation la moins importante est l'imitation d'autres entreprises. Nous avons un procédé innovant protégé par*

un brevet » (entretien n°26). On peut interpréter ce résultat comme une volonté du groupe de mettre en avant son « avantage spécifique » face à la concurrence. Il peut plus globalement à nouveau traduire les efforts qu'il reste à faire en matière de gouvernance.

Graphique 12 : Incitations liées à la mise en place des synergies éco-industrielles



Section 8 : Les difficultés liées à l'émergence d'une nouvelle trajectoire industrielle fondée sur l'écologie industrielle et le rôle des services et de la gouvernance de la symbiose industrielle

Dans la section précédente, nous avons montré que le milieu éco-innovateur, en attirant de nouvelles entreprises actives en matière d'écologie industrielle, peut contribuer à une diversification économique fondée sur la variété reliée. Les nouvelles entreprises sont reliées aux entreprises déjà installées par les synergies éco-industrielles, ce qui peut se traduire de fortes dynamiques de proximité (géographique, organisationnelle et cognitive). Toutefois, de nombreuses limites à la constitution du milieu éco-innovateur et donc à la diversification émergent de nos entretiens avec les entreprises. Les difficultés sont d'ordre économiques, réglementaires, informationnelles, etc. D'autres difficultés spécifiques au territoire sont mises en avant. La contribution de l'écologie industrielle à la diversification des territoires industriels dépend donc de la résolution de ces difficultés (point 1). Nous étudions le rôle potentiel joué par les activités de service et par une gouvernance territoriale adaptée dans l'accompagnement des projets d'écologie industrielle (point 2).

1. Les limites du milieu éco-innovateur de Dunkerque

Dans ce premier point, nous allons présenter les différentes contraintes rencontrées par nos interlocuteurs lors de la mise en place de l'écologie industrielle. Dans le cadre des entretiens menés auprès des entreprises de la symbiose industrielle ainsi que des nouvelles entreprises, des questions sur la nature des difficultés liées aux synergies ont été posées. Notre objectif est ainsi de comprendre les contraintes spécifiques aux entreprises de la symbiose mais aussi des nouvelles entreprises ayant mis en place des synergies dès le démarrage de leurs activités. Nous avons en effet mobilisé les résultats des deux volets qualitatifs de cette enquête. Nous présentons tout d'abord les limites liées aux aspects opérationnels des synergies (économiques, techniques et quantitatives) et les limites liées à l'organisation des synergies (contexte méso-économique et macro-économique) (1.1). Nous exposons par la suite les limites spécifiques au complexe industrialo-portuaire de Dunkerque qui peuvent fragiliser la symbiose industrielle (1.2).

1.1. Les difficultés de développement de la symbiose industrielle

1.1.1. Les limites aux aspects opérationnels de la mise en place des synergies éco-industrielles

De nombreux travaux sur l'écologie industrielle mettent en avant les difficultés qui peuvent empêcher la mise en place ou l'aboutissement des synergies éco-industrielles (voir point 2 de la section 4). Les entretiens menés auprès des entreprises de la symbiose industrielle de Dunkerque nous ont permis d'identifier les limites les plus importantes auxquelles elles font face. Dans la présente sous-section, nous allons présenter les problèmes liés aux aspects opérationnels de la synergie notamment économiques, techniques et réglementaires. Les résultats intègrent les réponses des entreprises de la symbiose mais aussi celles des nouvelles entreprises que nous comparons séparément.

La dimension économique des synergies éco-industrielles représente à la fois une incitation et une difficulté pour les entreprises. Le caractère rentable des flux de matières vendus à d'autres entreprises et la réduction des coûts issus de la valorisation des déchets sont des incitations importantes pour la mise en place de synergies. Toutefois, cette rentabilité ne peut être réalisée sans investissements préalables. Pour adapter les processus de production à de nouvelles pratiques, de valorisation par exemple, des coûts supplémentaires peuvent être engendrés pour les entreprises. 91% des interlocuteurs affirment ainsi que l'aspect économique est un frein très important à la mise en place de l'écologie industrielle :

« Quand je parle de la valorisation de gaz, par exemple, il y a des millions d'euros en jeu. La rentabilité est sur le long terme, c'est difficile ! » (Entretien n°1).

« La rentabilité, de ce type de projet se réalise sur le long terme (rentabilité sur 12 à 15 ans), alors que les entreprises réclament une rentabilité sur le court terme puisqu'ils sont engagés avec des actionnaires. La plupart des investisseurs ne veulent pas s'engager dans des projets à long terme. C'est pour cela que les entreprises réclament des subventions publiques » ajoute l'un de nos interlocuteurs (entretien n° 21).

La valorisation des déchets nécessite des équipements particuliers et des compétences spécifiques. Certaines synergies n'ont pas vu le jour à cause de l'importance des coûts. Par exemple, *« un projet de mutualisation des déchets de restauration entre le producteur d'aluminium et une entreprise de sidérurgie, pour la méthanisation n'a pas abouti, en raison de son caractère très coûteux. L'établissement des synergies éco-industrielles entre ces deux entreprises coûte deux fois plus cher que la mise en décharge des déchets » (entretien n°8).* Un

autre exemple est celui d'une entreprise sidérurgique qui avait comme projet de mettre en place des pratiques de tri (dans des poubelles spécifiques) de cartons destinés à être vendus à des collecteurs spécifiques n'a pas pu être réalisé à cause de l'importance des coûts. Les problèmes de compatibilité économique notamment le décalage des délais de décision et du cycle économique entre les acteurs et le degré de leur engagement sont également des freins importants à la mise en œuvre de l'écologie industrielle selon un interrogé (entretien n°10).

Les synergies que la centrale nucléaire a établie gratuitement avec une ferme aquacole est source de coûts pour la première dans la mesure où les canalisations d'eau nécessitent des entretiens réguliers. La centrale a également investi dans la construction des tuyaux pour transférer ses eaux usées réutilisées par le terminal méthanier (entretien n° 2).

Un interlocuteur a évoqué un autre exemple d'une synergie avec le terminal méthanier qui n'a pas abouti à cause de sa faible pertinence économique : *« quand les flux sont disponibles chez le terminal méthanier, on extrait du CO2 de nos gaz de hauts fourneaux et on en fait du froid qui pourrait être utilisé à plusieurs endroits. Mais ce projet de synergie n'a pas abouti car sur tout ce qui concerne le CO2 dans le groupe fait l'objet d'études approfondies (analyses en laboratoire, ...). En termes de rentabilité et en gros le bilan comparatif avec cette synergie montre que ce n'est pas intéressant »* (entretien n°1).

Pour les entreprises, les difficultés techniques sont aussi importantes que les freins économiques. En effet, 87% des personnes interrogées pensent que l'aspect technique de la matière est une difficulté très importante. Les caractéristiques et les dimensions des composantes des déchets sont parfois incompatibles et inadaptées pour être réutilisés dans d'autres processus de production : *« chaque process est différent, cela dépend des caractéristiques des déchets »* (entretien n°5). En témoigne une entreprise de fabrication d'Aluminium, pour laquelle le problème de dégradation de la matière est un obstacle à la valorisation, en donnant exemple du coke utilisé dans leur processus de fabrication (entretien n°3).

Les aspects économique et technique sont reliés. Pour l'un de nos interlocuteurs spécialiste en métallurgie, le développement de certaines techniques de valorisation nécessite des investissements importants *« techniquement ce n'est pas favorable. C'est le premier frein. Globalement pour qu'un déchet devienne une matière première secondaire, il faut qu'il soit plus intéressant à traiter qu'une matière première. Pour le moment ce n'est pas le cas. La technique existe mais elle est trop chère »* (entretien n° 4). Cet emboîtement entre les difficultés

techniques et économique est confirmé par un autre répondant : « *c'est très complexe, le problème des déchets est qu'on n'est pas sur un produit pur ou une matière première. Ce sont des mélanges de déchets issus du process industriel d'où leur complexité ce qui engendre un problème de coût. Traiter un déchet, techniquement on peut faire des miracles sauf qu'économiquement parfois ça n'a aucun intérêt. Si vous discutez avec les grands industriels, ils vous diront que recycler des ferrailles est possible, mais c'est coûteux surtout lorsqu'elles sont recouvertes de peintures ou d'huile, dont il faut auparavant traiter, donc ça coûte plus cher* » (entretien n°23). Ces résultats sont adéquation avec les difficultés mises en avant dans la littérature et notamment dans les travaux d'Adoue (2007) selon lesquels les caractéristiques physiques des flux valorisables peuvent rendre impossible l'établissement d'une synergie (Adoue, 2007). L'état physique et les dimensions des composantes de déchets sont parfois incompatibles avec le processus de fabrication du produit et peuvent engendrer des coûts supplémentaires importants.

Aux problèmes techniques s'ajoutent les problèmes de quantités des flux des déchets. Lorsqu'elles sont faibles, l'engagement dans des processus de valorisation ou de mutualisations de flux s'avère peu pertinent car coûteux, d'après 35% des personnes interrogées. Certains flux ne sont pas toujours réguliers. Il s'agit de déchets dont les quantités ne sont pas forcément importantes et qu'il faudra collecter jusqu'à atteindre un certain seuil de rentabilité permettant leur valorisation. Les entreprises souffrent également d'un manque d'adéquation entre les flux, les types d'énergies disponibles, leurs quantités et les besoins : « *la densité des flux est un élément très important. Dans des zones d'activités on peut trouver de la chaleur fatale mais à des quantités faibles ou à des températures moins intéressantes. Il faut bien gérer la localisation, la quantité et la qualité des flux* » souligne un interlocuteur (entretien n°10).

L'exemple le plus intéressant de cette difficulté et ses conséquences sur l'établissement de synergies est celui du terminal méthanier. Ce réseau de froid industriel dont l'objectif est de créer des synergies autour du froid à travers la récupération des frigories qui se sont échappées du process pour les réutiliser dans un certain nombre d'activités, notamment le stockage et l'entreposage des produits alimentaires souffre de l'irrégularité des approvisionnements. Les flux en froid ne sont pas stables. Ce problème était à l'origine du non aboutissement de la synergie avec l'industriel sidérurgique malgré le potentiel important de celle-ci : « *le problème du terminal méthanier est que le froid est fonction des chargements et déchargements méthaniers. Donc, s'ils ont des bateaux qui arrivent et qui partent, ils ont du froid. Mais s'il ne se passe rien pendant 2 mois par exemple ils n'auront pas de froid disponible. Ils peuvent*

utiliser des cuves de méthane pour fournir du froid en même temps que le méthane mais cela reste limité. Ce n'est pas pertinent pour nous car le terminal méthanier ne peut pas toujours nous assurer ce flux. La rentabilité n'est importante ça rend les choses compliquées » (entretien n°1). L'absence de la rentabilité et de la continuité des flux est ainsi un facteur majeur dans les décisions de création des synergies d'écologie industrielle. Il est donc possible de constater que les entreprises accordent une très grande importance à l'aspect économique.

Contrairement aux résultats obtenus auprès des entreprises sur place, l'aspect économique ne se situe pas en première position en termes d'importance pour les nouvelles entreprises actives dans l'écologie industrielle. 50% des interlocuteurs affirment que c'est une difficulté mais qui n'est pas centrale dans la mesure où les synergies représentent pour elles un nouveau marché. Pour ces entreprises ce sont des investissements rentables, c'est par exemple le cas pour l'entreprise de traitement de déchets chlorés. De plus, l'un de nos interlocuteurs, estime que malgré les coûts, la prise en compte de l'environnement s'intègre dans la culture et les valeurs de l'entreprise : *« on peut aussi utiliser une matière première au lieu d'un déchet qui est un produit noble pour atteindre notre objectif mais cela rentre quand même dans nos valeurs, malgré les contraintes économiques* » (entretien n°26). Toutefois, lorsqu'il s'agit de développer des activités de R&D et de l'éco-innovation autour de l'écologie industrielle la contrainte économique représente un frein majeur. C'est notamment le cas pour le projet de démonstrateur de Biodiesel innovant qui nécessite des fonds et des investissements très importants.

Pour les nouvelles entreprises, l'aspect technique représente une difficulté moins importante (25% des répondants). Ce résultat se traduit par la maîtrise des processus de production. C'est le cas par exemple de l'entreprise de traitement de déchets chlorés qui dispose des techniques et technologiques spécifiques à la valorisation des matières dangereuses. Pour le fabricant de phosphate cette difficulté n'est pas importante *« cela fait partie du procédé même. Le brevet et le procédé ont été développés pour satisfaire ce besoin* » (entretien n°26). Pour le fabricant de ciment écologique, le laitier est une *« matière assez stable* » qui ne pose pas de problème au niveau de sa valorisation (entretien n°28).

De même que pour les entreprises sur place, la contrainte liée aux faibles quantités des flux peut être un frein pour une nouvelle entreprise. Pour l'une des nouvelles entreprises la quantité de sous-produit fourni par son partenaire est connue d'avance. L'entreprise ne peut pas accroître sa capacité de production (entretien n°28).

1.1.2. Les limites liées à l'organisation des synergies

Le contexte méso-économique et parfois macro-économique peut être à l'origine de contraintes qui empêchent le bon fonctionnement et la pérennité des synergies éco-industrielles. Ces contraintes sont d'ordre réglementaire, informationnel, relationnel, organisationnel et infrastructurel. D'après nos résultats, la réglementation environnementale arrive en tête. En effet, 87% des membres de la symbiose affirment que la réglementation liée à l'environnement représente un frein important à la mise en place des synergies éco-industrielles, les textes réglementaires sont lourds et les démarches administratives engendrent des coûts supplémentaires pour les entreprises : *« les démarches administratives sont compliquées et n'aident pas les entreprises à devenir compétitives, et les compétences techniques de l'administration française ne sont pas suffisantes pour l'inventaire des flux de déchets »* (entretien n° 8).

À partir de l'analyse des entretiens nous avons remarqué que les entreprises les plus touchées par la réglementation sur l'environnement sont celles qui intègrent des produits chimiques dans leurs processus de production. Par exemple, l'évolution de la réglementation sur la chimie devient de plus en plus contraignante pour ces entreprises (quotas CO₂, Seveso 3, évolution sur les incinérateurs, les gazo-intensifs, les électro-intensifs, la réglementation REACH etc.). À cause d'une réglementation stricte, plusieurs gérants d'entreprises sur le dunkerquois sont en difficulté, la survie de leurs entreprises et leurs actionnaires est en jeu. Tandis que, à 30 km de Dunkerque, en Belgique, les entreprises n'ont pas les mêmes contraintes déclarent certains de nos interlocuteurs. De plus pour utiliser une station d'épuration commune la réglementation en France oblige les entreprises à respecter certaines conditions à chaque sortie de leurs usines, contrairement aux autres pays européens (Belgique, Suède, Allemagne).

Pour l'entreprise de valorisation de poussières sidérurgique, la réglementation est la difficulté la plus importante étant donné la nature de son activité. L'entreprise valorise les poussières d'aciéristes situées à l'étranger. Le transport de déchets considérés comme dangereux nécessite plusieurs autorisations nationales et internationales : *« la difficulté la plus importante est réglementaire car on traite des déchets dangereux qu'on fait venir de l'étranger on est donc soumis à la convention de Bâle¹⁰¹ sur le transfert transfrontalier des déchets dangereux. C'est*

¹⁰¹La Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination a été adoptée en 1989 et est entrée en vigueur en 1992. C'est l'accord mondial le plus complet sur les déchets dangereux et d'autres déchets dans le domaine de l'environnement. Elle porte sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination et vise à inciter les États à prendre les mesures nécessaires pour faire en sorte que la gestion des déchets dangereux et d'autres déchets, y compris leurs

une grosse contrainte administrative. Il n'est pas possible pour nous de faire ces transferts s'ils ne sont pas approuvés par les autorités du pays d'origine, pays de destination et de tous les pays de transfert » (entretien n° 9). La difficulté réglementaire ne se traduit pas seulement par les contraintes de transport mais aussi par les démarches difficiles pour l'obtention des autorisations d'exploitation : *« l'un des éléments les plus importants c'est l'aspect réglementaire qui fait que le ticket d'entrée pour créer un site comme le nôtre est assez élevé. La technologie existe, quiconque pour l'intégrer. Par contre créer un site avec toutes les autorisations réglementaires qui vont avec et qui présentent une réelle difficulté »* (entretien n° 9).

La difficulté réglementaire est également mise en évidence par 75 % réponses des nouvelles entreprises interrogées. Ils ressort des entretiens qu'en France, les démarches et autorisations liées à la valorisation d'un déchet sont plus compliquées que dans d'autres pays européens. Certains interlocuteurs : *« Il y a des difficultés réglementaires avec l'utilisation d'un coproduit. Le laitier que nous valorisons, est principalement utilisé dans les matériels de construction et le béton. Il y a la norme béton en France qui régit aussi le laitier dans la composition et l'autorise jusqu'à un taux de substitution limité. Alors que dans beaucoup d'autres pays d'Europe, la réglementation est moins contraignante. En France, on peut substituer 30% de ciment par du ciment fabriqué à base de déchets (laitier moulu). Si vous faites la même chose en Grande Bretagne, vous pouvez aller jusqu'à 80%. Il y a un frein réglementaire en France, c'est pour cela qu'on parle de l'opportunité en Grande Bretagne non seulement à cause du déficit de matériaux de construction mais aussi par le fait qu'ils ont une réglementation plus ouverte »* (entretien n°28). Ce résultat correspond aux difficultés relevées par les anciennes entreprises de la symbiose ayant donné l'exemple de de réglementation belge qu'ils considèrent comme plus flexible et plus favorable à la valorisation des flux. Un autre interlocuteur confirme ce résultat en expliquant que dans certains cas le statut « déchet » ne permet pas à l'entreprise de le valoriser. Plusieurs démarches sont nécessaires (obtentions d'autorisations) pour passer d'un statut « déchet » à un statut « produit » et pouvoir le commercialiser comme sous-produit (entretien n°23).

Au problème de statut de déchet s'ajoute les multiples autorisations d'exploitation que ces nouvelles entreprises doivent obtenir, dans un premier temps en vue de la nature de leurs activités industrielles et dans un deuxième temps à cause de l'utilisation de déchets , parfois

mouvements transfrontières et leur élimination, soit compatible avec la protection de la santé humaine et de l'environnement, quel que soit le lieu où ces déchets sont éliminés (PNUE, 2014).

dangereux, dans leurs processus de production : *« aujourd'hui nous sommes en train de clôturer la phase de demande de permis d'exploitation et de construction. Il y a eu quelques difficultés pour l'obtention du permis. Ça nous a pris du temps par rapport au délai fixé avec nos clients qui vont nous livrer en déchet chloré. La grande difficulté était liée au fait que cette période d'autorisation a duré beaucoup plus que prévu. Nous avons fourni beaucoup d'efforts pour traverser cette période »* (entretien n°27). Le témoignage de l'un de nos interlocuteurs montre également les difficultés liées à la réglementation lorsque l'activité est nouvelle et innovante et qu'elle ne s'intègre pas dans le cadre légal prédéfini : *« les dossiers d'obtention des autorisations d'installation et d'exploitation peuvent être compliqués à mettre en œuvre. « La plus grosse difficulté est que nous nous ne sommes pas sur une usine standard mais sur des activités de R&D et le cadre légal n'était pas forcément prévu pour notre cas. C'est l'objet de nombreux échanges. Finalement, nous avons eu une autorisation. Cela a été un parcours long et complexe pour voir un peu dans quel registre nous nous trouvons »* (entretien n°29).

Malgré les difficultés que représente la réglementation environnementale pour les entreprises, sa présence est essentielle pour l'encadrement favorable des comportements des industriels (entretien n°23). Certaines nouvelles entreprises estiment que c'est aussi la nature dangereuse de leur activité qui nécessite un encadrement plus strict. Elles ont mis, toutefois, en avant le soutien apporté par les pouvoirs publics notamment la direction régionale de l'environnement pour atténuer les difficultés des démarches réglementaires d'installation sur le territoire : *« pour avoir l'autorisation d'exploitation nous avons eu quelques petites modifications à apporter demandées au niveau préfectoral. Avant de proposer ces modifications on a voulu discuter avec les autorités locales sur la présentation sur ce qui est possible de faire, sur ce qu'elles nous conseillaient. Il y a eu une très grande coopération avec les autorités locales dès le départ vis-à-vis de ces modifications »* (entretien n°26).

Dans la symbiose industrielle de Dunkerque, les problèmes liés à la disponibilité et la circulation de l'information sont également assez importants. L'information sur les flux de matières et d'énergie n'est pas suffisante affirment 61% des interrogés : *« l'information, il faut toujours aller la chercher. Il a fallu se procurer les textes. Il nous a fallu 3 ans pour nous procurer les autorisations d'exploitation pour le traitement de déchets car nous avions mal libellé les choses au départ. C'est très compliqué »* (entretien n°12). *« L'association qui se charge de la promotion de l'écologie industrielle à Dunkerque fait un gros travail sur ce point mais cela pourrait être développé »* déclare l'un des répondants en faisant référence aux actions de communication mises en place par cette association (entretien n°14). L'un de nos

interlocuteurs souligne que « *le travail de collecte et d'analyse de l'information pourrait faire l'objet d'activités privées. Mais les petites n'ont pas forcément les moyens financiers nécessaires, elles ont besoin des structures d'orientation et d'accompagnement en matière d'écologie industrielle fournies par le public* » (entretien n°17).

Le manque d'implication dans des démarches d'écologie industrielle et même la réticence au partage des données sont des éléments qui font partie de la culture de la concurrence et du secret industriel et relèvent des difficultés relationnelles. Les problèmes relationnels sont aussi des freins qui limitent l'accès à l'information. Certaines entreprises interrogées (39% des répondants) ont souligné cette difficulté : « *en France les entreprises ne pensent pas déchets contrairement à d'autres pays européens comme la Hollande* » (entretien n°7). Les entreprises ne peuvent pas laisser circuler l'information sur les projets en cours. Par exemple, une entreprise est membre de l'association chargée de l'écologie industrielle à Dunkerque et son principal concurrent l'est aussi, ceci augmente la réticence au partage d'information sur les flux. La durabilité des relations repose selon certaines entreprises de la confiance entre les acteurs : « *la notion de confiance s'acquiert au fur et à mesure que l'on s'aperçoit de la stabilité de ce qui rentre* » explique un interrogé (entretien n°21). Garantir la stabilité de la fourniture des sous-produits et se mettre d'accord sur des plages de variations acceptables sont des facteurs importants dans l'établissement des synergies éco-industrielles. D'autres évoquent l'importance de la fiabilité des partenaires : « *je ne pense pas que nous sommes en manque d'information. Ce n'est pas le frein majeur pour nous, sinon nous sommes en contact avec plein de gens et nous avons eu plein de propositions mais nous nous assurons de leur fiabilité* » (entretien n°4).

De même pour les nouvelles entreprises les difficultés relationnelles ne sont pas très importantes pour elles, (25 % des réponses) mais elles sont présentes. Certains l'explique par la différence de culture propre à de la nature de l'activité de chaque entreprise : « *un peu difficile, oui je dirai, mais c'est un choc de culture* » (entretien n°27). Pour un autre interlocuteur de l'aspect relationnel n'est pas le plus important pour les industriels, la priorité est minimiser les coûts et augmenter la rentabilité de l'activité : « *Chaque industriel par définition veut faire tourner son usine, il a ses propres soucis, et contraintes. Un directeur de site à Dunkerque doit rapporter à sa hiérarchie qui n'est pas à Dunkerque. La priorité n'est pas la communication mais de travailler à faire tourner leur usine, minimiser les coûts, satisfaire les travailleurs* » (entretien n° 17). En dépit de certaines opinions négatives sur l'aspect relationnel, plusieurs

personnes interrogées ont souligné la particularité des relations entre les industriels du dunkerquois, considérées comme positives pour la mise en œuvre de projets collectifs.

39 % des répondants de la symbiose industrielle soulignent la difficulté liée à l'infrastructure. Par l'infrastructure certains interlocuteurs font référence à l'absence d'une base de données qui met à la disposition des acteurs les informations sur les types et les quantités des flux qui existent dans le territoire. Ces acteurs réclament l'absence d'outils numériques qui peuvent jouer un rôle important dans l'identification des synergies potentielles (entretiens n°1 et n°6). L'insuffisance au niveau de certains équipements de traitement des déchets dans la région Hauts de France peut aussi s'intégrer dans les difficultés infrastructurelles selon l'un de nos interlocuteurs (entretien n°17). Pour les nouvelles entreprises l'infrastructure à Dunkerque répond largement à leurs besoins et ne représente donc pas du tout une difficulté. Ce qui est en adéquation avec les résultats de notre enquête qui ont montré que l'infrastructure industrielle dunkerquoise a joué un rôle dans l'attractivité de ces entreprises.

L'organisation des synergies entre les entreprises peut s'avérer difficile. Néanmoins cette limite reste peu importante pour 70% de nos interlocuteurs. L'exemple qui nous semble le plus intéressant pour les problèmes organisationnels est celui de la synergie entre la centrale nucléaire et une entreprise d'aquaculture. À cause des besoins de cette entreprise d'élevage de poissons de s'alimenter en eau chaude de manière continue, la centrale n'a pas la possibilité d'arrêter son processus de production. Elle doit fournir de l'eau chaude régulièrement. Cette contrainte rend la réalisation des travaux d'entretiens des réacteurs plus compliquée pour la centrale dans la mesure où les réacteurs doivent être arrêtés régulièrement (chargement et rechargement de combustibles). Ces travaux peuvent durer entre 3 semaines (pour l'entretien des canalisations) et 3 mois : « *on doit maintenir la fourniture quoi qu'il arrive* » (entretien n°2). De plus, la réalisation de certains travaux par la centrale nucléaire a des impacts négatifs sur l'élevage des poissons de la ferme du fait de la courte distance physique entre les deux entreprises : « *On est très proches, les poissons sont extrêmement sensibles aux vibrations. Et nous avons des travaux sans arrêt à la centrale car nous avons investi 4 milliards d'euros. Donc on a des travaux énormes d'élévation du niveau de sreté. La ferme nous a prévenu qu'ils étaient en difficulté car à un moment il y eu beaucoup de vibrations et ce qui a dérangé les poissons, ils se sont arrêtés de se nourrir* » (entretien n°2). Les deux entreprises doivent communiquer régulièrement pour faire face à ces problèmes. Elles ont par exemple convenu de certains arrangements en décalant les heures de nourrissage en fonction des travaux de la centrale et en adaptant les horaires des travaux également : « *mais derrière il y a une toute une*

logistique, c'est phénoménal. Modifier les travaux c'est donc toute l'activité de l'usine qui change, c'est extrêmement contraignant » (entretien n°2).

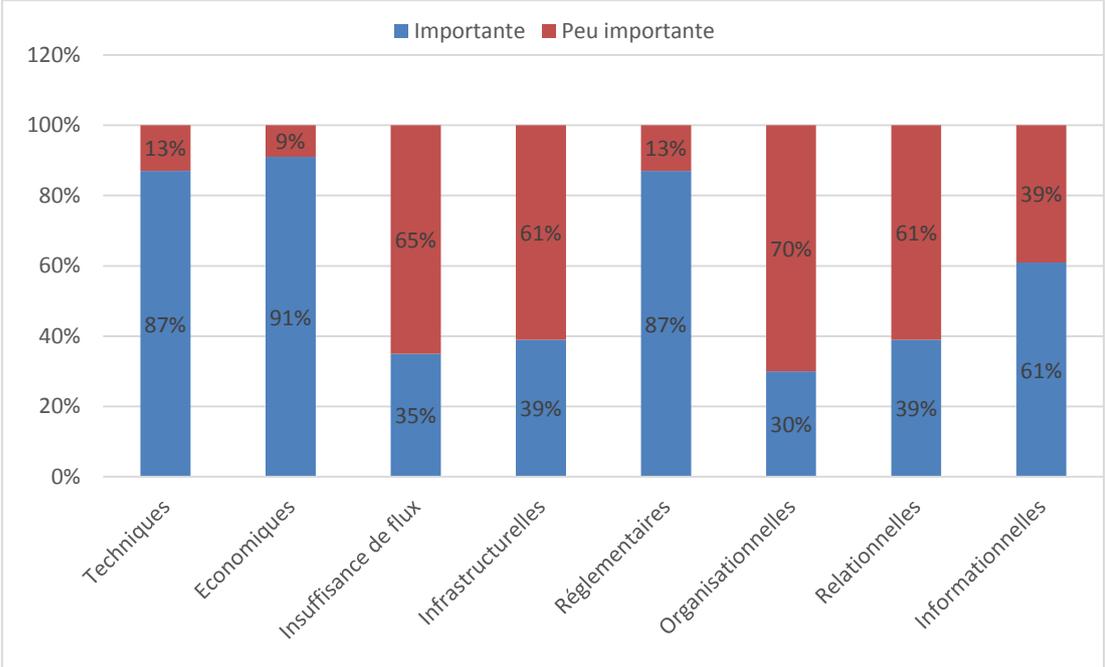
À travers l'analyse des réponses de nos interlocuteurs nous avons pu identifier d'autres limites qui freinent la mise en place de l'écologie industrielle telles que :

L'éloignement géographique représente un frein assez important, « *en fonction des distances on ne peut pas réutiliser les produits de l'un ou de l'autre, l'éloignement géographique entrave l'établissement synergies éco-industrielles* (entretien n°8). Selon un interlocuteur « *la distance maximale d'aire de chalandise pour la récupérer des déchets par le transport maritime est fixée à 100-150 km, donc les flux maritimes pour la récupération de déchets ne sont pas envisageables* » (entretien n°5). Un autre témoignage de montre la difficulté pour la constitution des synergies lorsque la distance géographique est importante : « *pour le transport de la fumée transformée en eau chaude ou en vapeur, on ne peut pas la transporter d'une manière cohérente sur de grandes distances car le coût devient prohibitif, dans ce cas il faut des densités très importantes d'énergie pour éviter les coûts* » (entretien n°10).

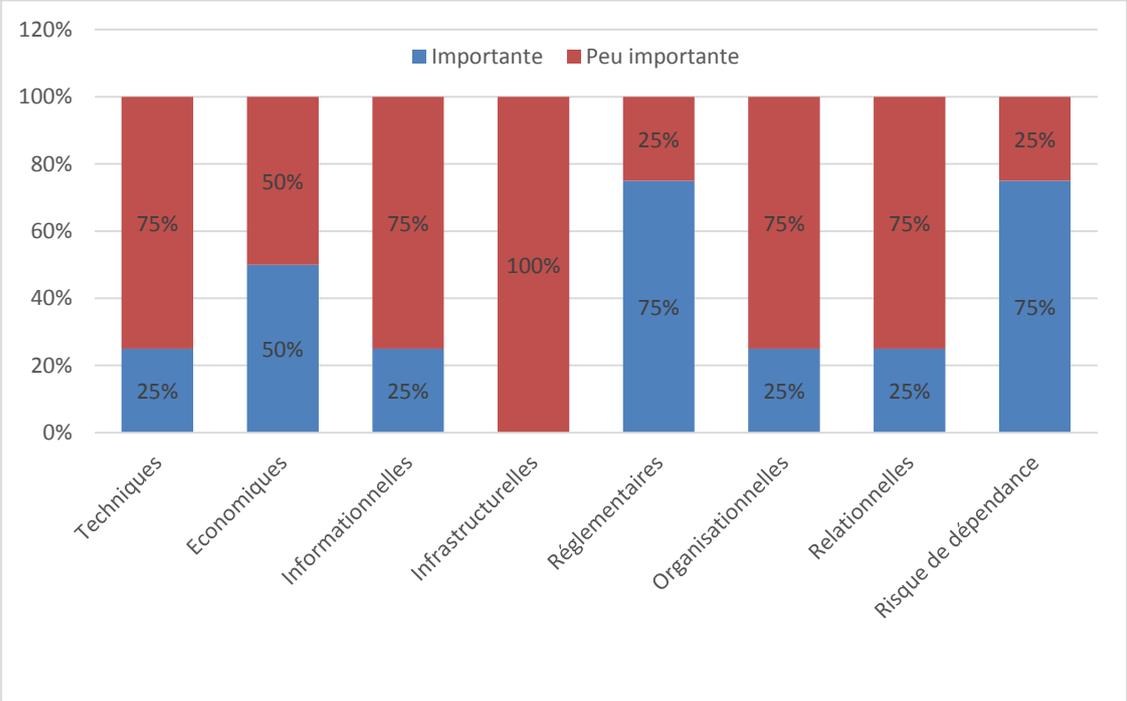
En définitive, ce que l'on peut constater en étudiant les limites qui peuvent freiner la constitution et la pérennité de la symbiose industrielle de Dunkerque et donc la formation d'un milieu éco-innovateur, c'est qu'elles sont adéquation avec celles identifiées dans la littérature. À Dunkerque, les entreprises de la symbiose (anciennement installées à Dunkerque) soulignent que les difficultés les plus importantes sont celles liées aux aspects économiques (coût élevés, investissements importants et rentabilité sur le long terme). Ce facteur tranche dans les décisions d'établissement des synergies entre les acteurs. Le problème de coûts ressort dans la majorité des limites, par exemple les difficultés techniques sont aussi sources de coûts, l'insuffisance de l'information engendre des coûts liés à la recherche de l'information etc. (graphique 13). En revanche, pour les nouvelles entreprises les limites réglementaires se placent en premier lieu (graphique 14). Ces limites sont également importantes pour les entreprises de la symbiose seulement leurs natures différentes en fonction des phases de développement des entreprises. En effet, pour les entreprises en phase de démarrage (construction des usines etc..) les limites concernent principalement les autorisations d'exploitation et d'implantation ainsi que les autorisations d'utilisation de certains types de déchets dans les processus de production. Tandis que pour les entreprises déjà installées, il s'agit des évolutions des textes et lois qui concernent l'environnement.

Une autre limite importante ressort des entretiens avec les nouvelles entreprises est celle liée au risque de dépendance aux synergies. La dépendance des activités de certaines entreprises des synergies établies avec les autres représente un frein ou plutôt un risque important selon 75% des interrogées parmi les nouvelles entreprises. Par exemple, le principal facteur d'implantation et aussi le cœur de l'activité de l'entreprise de traitement de résidus reposent sur la présence de deux synergies avec deux entreprises locales. L'arrêt d'une ou des deux synergies, à cause par exemple de la délocalisation d'une entreprise, peut créer des contraintes importantes : *« nous sommes des partenaires liés avec eux. C'est le risque inhérent à l'écologie d'industrielle mais de l'autre part ça donne des avantages concernant la durabilité et aussi la rentabilité du projet. C'est le partenariat qui rend le projet rentable, c'est strictement nécessaire, c'est un grand avantage. Donc si les 2 arrêteront un jour, on pourra continuer à traiter les déchets et avoir un marché pour l'acide et l'énergie mais cela va certainement nécessiter quelques investissements supplémentaires et la rentabilité sera inférieure par rapport à ce partenariat »* (entretien n°27). L'entreprise de phosphate confirme également ce risque de dépendance en donnant l'exemple de sa collaboration avec la carrière voisine qui fournit les roches pour la fabrication du phosphate écologique. Sa délocalisation par exemple peut être contraignante pour l'entreprise. Les entreprises affirment tout de même que c'est une difficulté surmontable dans la mesure où elles peuvent établir de nouvelles relations avec d'autres industriels présents sur le territoire. L'identification d'une telle limite nous a incités à comprendre les difficultés spécifiques au complexe industrialo-portuaire de Dunkerque qui peuvent renforcer les risques de délocalisation des entreprises et donc l'arrêt des synergies.

Graphique 13 : Les difficultés de la mise en œuvre de l'écologie industrielle à Dunkerque



Graphique 14 : Les limites de l'écologie industrielle pour les nouvelles entreprises



1.2. Difficultés et limites associées à la diversification du territoire à partir de l'écologie industrielle

1.2.1. Les difficultés spécifiques au complexe industrialo-portuaire de Dunkerque

Le territoire industriel de Dunkerque présente de nombreux avantages pour la mise en place de l'écologie industrielle. Comme nous l'avons évoqué dans la sixième section de la thèse, la nature industrielle des activités et des actifs spécifiques du territoire présente des opportunités importantes pour l'établissement des synergies. Des flux de matières et d'énergie existent mais aussi une prise de conscience vis-à-vis des problèmes environnementaux s'est développée entre les acteurs :

« Une autre raison qui pousse à développer des actions environnementales et en écologie industrielle c'est la caractéristique de "Citoyenneté du territoire" » (entretien n°1).

« La densité de compétences et de ressources et les relations établies entre les acteurs économiques sont des particularités du Dunkerquois » ajoute l'un de nos répondants (entretien n°10).

« L'information est disponible sur le territoire, je pense qu'il y a une vraie prise de conscience de l'ensemble des acteurs pour travailler sur le sujet » (entretien n°6).

L'ensemble de ces témoignages confirme l'intérêt qu'offre le complexe industrialo-portuaire de Dunkerque pour le développement et la pérennité de la symbiose industrielle. Toutefois, il est à noter que les caractéristiques de ce territoire ne sont pas toujours favorables à la mise en place de l'écologie industrielle. Les politiques d'attractivité mises en place dans les années 1980 ont contribué à l'installation de plusieurs grands groupes nationaux et internationaux sur le territoire. Les centres de décision de ces entreprises sont délocalisés ce qui augmente le risque de fermeture de leurs filiales présentes à Dunkerque. Les décisions d'installation ou fermeture de ces groupes ne sont pas toujours en la faveur des dynamiques économiques du territoire dunkerquois.

D'après les données de la CCI Hauts de France le taux de défaillance des entreprises dans la région est le plus important à l'échelle nationale, suivi par la région Centre Val de Loire (annexe 28). Près de 3 760 défaillances ont été enregistrées (CCI, 2017). Ce taux a connu une baisse importante par rapport à 2016 (soit une baisse de 13% en un an) mais reste tout de même supérieur aux autres régions françaises. La baisse des défaillances concerne tous les secteurs, à

l'exception du commerce interentreprises. La majorité des défaillances concerne le commerce de détail (1082 procédures, 29%), le BTP (706 procédures, 19%) et l'hôtellerie-restauration (587 procédures, 16%). Ces trois secteurs représentent plus de 6 défaillances sur 10. En termes d'emplois menacés, le secteur industriel est en tête (2 340 emplois, 24%).

Cette baisse du taux de défaillances a touché presque l'ensemble des zones d'emploi à l'exception de certaines villes comme Dunkerque (+9% de défaillances), Maubeuge (+6%) et Beauvais (+26%) (CCI, 2017).

Aujourd'hui dans le secteur industriel à Dunkerque, plusieurs entreprises connaissent une situation économique fragile. Certaines entreprises ont cessé leurs activités et fermé leurs usines, d'autres sont à la recherche de repreneurs (encadré 11).

Encadré 11 : Des entreprises industrielles dunkerquoises en difficulté

Ascométal : est une ancienne filiale de Usinor qui appartient au fonds d'investissement américain Apollo (principal actionnaire) emploie 1900 salariés en France et dispose de 10 sites en France dont trois principaux : Dunkerque, Hagondange (Moselle) et Fos sur Mer (Bouches du Rhône). Le groupe doit faire face à une dette de 360 millions d'euros contractée lors de son rachat par Apollo en 2011 et a été placé en redressement judiciaire en mars 2014. Un accord a été recherché entre le fonds d'investissement et les banques créancières : Morgan Stanley et Bank of America. Plusieurs repreneurs se sont fait connaître : deux fonds américains (Apollo et Anchorage), une offre du groupe brésilien Gerdau et une qui émane d'investisseurs français (porté par le holding Sparkling industrie).

Le problème de l'entreprise ne serait pas tant une question de marché (le groupe étant spécialisé dans des aciers spéciaux pour les secteurs automobile, pétroliers et l'industrie mécanique) qu'une question de management que l'entreprise devrait améliorer sur quatre points : qualité des produits, rapidité de livraison, prix et innovation (source : AFP, 5 mars 2014 ; *Nord Littoral*, 12 mai 2014). C'est finalement l'offre du groupe français Sparkling industrie, porté par Frank Supplisson et Guy Dollé qui a été retenue par le Tribunal de commerce de Nanterre. Cette offre est celle qui sauvegarde le plus d'emplois. Elle prévoit la levée de 230 millions d'euros de financement et bénéficie de 35 millions d'euros de prêt de l'Etat, via le fonds d'investissements économique et social. Le gouvernement envisage aussi de faire entrer dans son capital la banque publique d'investissement BPI France. L'objectif de l'offre française et de faire redevenir Ascométal le leader européen des aciers spéciaux, pour ensuite envisager une consolidation européenne (Le Monde, 22/05/2014 ; Les Echos, 22/05/2014). Les quatre actionnaires individuels – Frank Supplisson, Jacques Schaffnit (actuel président d'Ascométal), Guy Dollé et Noël Forgeard – n'apportent que 10 % des fonds, 80 % des apports provenant de groupes financiers majoritairement étrangers. En septembre 2017, le site annonce sa fermeture. Une nouvelle qui a suscité le mécontentement de la municipalité de Leffrinckoucke qui décide de réagir pour interdire le départ de l'entreprise «*nous interdisons la fermeture de l'aciérie des Dunes*». Cette décision du maire avait pour but d'«alerter l'opinion» et «pour faire réagir» (Le Phare dunkerquois, 07/09/2017). En début 2018, le groupe suisse de sidérurgie-métallurgie

Schmolz + Bickenbach a été désigné lundi 29 janvier comme le repreneur d'Ascometal par le tribunal de grande instance de Strasbourg. Au moment de la reprise le groupe annonce la fermeture dans deux à trois ans, de trois unités dont le laminoir du site des Dunes. Cette fermeture se traduira par la suppression de 101 postes qui s'ajoutent aux 50 emplois déjà condamnés aux Dunes par la fermeture de l'aciérie du site en septembre 2017. Cette fermeture se justifie par la volonté du groupe d'alimenter les sites Ascometal par des aciéries allemandes appartenant au même groupe afin de favoriser "l'optimisation de l'utilisation des capacités" (L'Usine Nouvelle, 30/01/2018).

Valdunes : est le leader européen des roulements ferroviaires, a été placé en redressement judiciaire le 31 mars 2014. Elle employait 500 personnes dans le Nord-Pas de Calais, dont 179 dans le Dunkerquois. Plusieurs de ses marchés se sont effondrés (fret ou transports de personnes), la société ayant été écartée de plusieurs appels d'offre de la SNCF en particulier. Le chiffre d'affaires de l'entreprise a baissé de 25% en un an (86 millions d'euros en 2012-2013 contre 100 millions d'euros l'année précédente). Quatre offres de reprises ont été annoncées (AFP, 23 avril 2014). C'est celle du groupe Chinois M A Steel qui a été retenue. Leader chinois de l'industrie sidérurgique, une des cinq plus grandes entreprises cotées en Bourse en Chine. L'entreprise est essentiellement présente sur le marché chinois pour des trains (pas encore à grande vitesse). MG Valdune va entrer sur le marché du TGV chinois. Le groupe chinois profite du réseau commercial de sa nouvelle filiale française. Le groupe chinois a l'intention d'investir dans un centre de recherche mondial sur les produits ferroviaires dans sa filiale française qui devrait ainsi participer aux programmes de recherche du pôle de compétitivité I-trans et les usines seront modernisées et les emplois maintenus. (L'Usine Nouvelle, 02/06/2014).

Aluminium Dunkerque : Cette usine de 65 hectares, assure les deux-tiers de la production française d'aluminium. C'est aussi la plus grosse unité de production d'aluminium de l'Union européenne. Elle emploie 615 personnes à Dunkerque et en fait vivre 3000 autres dans la région. Son chiffre d'affaires était de 490 millions d'euros en 2012, contre 477 en 2011. Le groupe est régulièrement accusé de vouloir délocaliser ses usines dans les pays émergents où l'énergie est bon marché. L'usine a cependant investi 82 millions d'euros en 2012 et 2013 à Aluminium Dunkerque (nouveau four et nouvelle sous station électrique).

Un nouveau projet d'investissement était aussi prévu en juin 2013. Mais 65 salariés de l'usine de Loon Plage ont perdu leurs emplois en 2015, un plan d'économie a été mis en place. Le groupe Rio Tinto Alcan explique sa décision par un souci de compétitivité : dans ce cas, prix de l'aluminium très bas (en même temps, les profits du groupe sont en hausse). S'y ajoute les contrats d'électricité signés par l'entreprise avec EDF. Dans le cas de Dunkerque, le contrat avait été signé en 1991 à un prix très bas et qui s'est terminé fin 2016. EDF ne pourra plus fournir le même tarif en raison en particulier de la réglementation européenne. C'était la même raison qui avait poussé le groupe en 2012 à annoncer sa décision de fermer ses usines de Saint Jean de Maurienne (Savoie) et de Castelsarrasin (Tarn et Garonne). Mais le conglomérat avait finalement accepté de négocier une reprise de ces deux sites avec un sidérurgiste allemand (Le Monde, 12/06/13 ; La voix du Nord, mars 2014, L'Usine Nouvelle, 12 juin 2013). Suite à plusieurs négociations, EDF a proposé de prolonger en 2016 la durée du contrat sur 4 années supplémentaires. Une durée jugée très courte par le groupe Rio Tinto (d'après notre interlocuteur d'Aluminium Dunkerque, entretien du 27/09/2017).

En janvier 2018, une proposition de reprise du site Aluminium Dunkerque a été lancée par le groupe britannique GFG Alliance de Sanjeev Gupta. Le groupe avait pour projet de développer le site en rajoutant une deuxième usine qui transformera l'aluminium en pièces automobiles avec un investissement évalué à 2 milliards d'euros (Le Monde, 10/01/2018).

En pleine période de rachat, les sanctions américaines contre les Russes compliquent l'approvisionnement du site. L'entreprise a dû cesser de se fournir en alumine chez son principal fournisseur russe Rusal (90% des approvisionnements). Pour produire son aluminium, l'usine dunkerquoise utilise 264 cuves d'électrolyse : « Si on cesse de les alimenter, il y a un problème pour les redémarrer, explique Laurent Geeraert, secrétaire du comité d'entreprise d'Aluminium Dunkerque (d'après la Voix du Nord, 25/04/2018). En cas de d'arrêt de production à cause de l'absence d'approvisionnement, le redémarrage durera cinq mois ce qui impactera très fortement l'avenir d'Aluminium Dunkerque et principalement son projet de reprise qui, à ce jour, reste flou (Le Monde, 10/01/2018 ; Le Monde.fr, 25/04/2018 ; La Voix du Nord, 25/04/2018).

Ajinomoto : Spécialisée dans la production d'Aspartame, l'entreprise connaît depuis 2011 un déficit d'exploitation annuel de 5,5 à 6 millions d'euros dû à un prix de ventes de 30 à 40 % supérieur aux entreprises chinoises. Son chiffre d'affaires est estimé à 35 millions d'euros pour l'année 2013, contre 51 millions d'euros trois ans plus tôt. L'usine comptait 103 emplois directs et environ 30 induits. Elle était implantée depuis 1991 à Gravelines, et avait pour client principal Coca Cola. Le groupe a annoncé en avril 2014 la mise en vente de l'usine de sa filiale Ajinomoto Sweeteners Europe, située à Gravelines. L'entreprise évoque une érosion des prix de vente et une « surcapacité structurelle du marché mondial de l'aspartame », édulcorant artificiel du sucre destiné aux industries pharmaceutique et agroalimentaire, l'entreprise leader sur ce marché. Et une des concurrents importants comme la Stevia (La Voix du Nord, 18/11/2014).

Dix-huit mois après l'annonce de vente, l'usine a été rachetée par le Néerlandais Hyet Sweet, distributeur d'aspartame (20/10/2015). Le rachat de l'entreprise a atténué les inquiétudes sur l'avenir de l'entreprise, mais les craintes sont toujours présentes. Ces craintes se justifient par la crise du marché de l'aspartame qui menace la survie de Hyet Sweet et par le manque d'expérience de l'entreprise en matière de production d'aspartame, auparavant spécialisée dans la distribution (la Voix du Nord, 20/10/2015). Les craintes se confirment en 2016, car malgré la tentative du repreneur de fabriquer un nouveau produit, la situation reste fragile. En 2016 Hyet Sweet a à peine vendu un tiers de ses volumes. Une situation fragile qui persiste aujourd'hui (la Voix du Nord : Hyet Sweet (ex-Ajinomoto) à Gravelines : « La situation n'est pas fameuse non plus», 20/04/2017).

Europipe : L'usine Europipe de Grande Synthe est spécialisée dans la fabrication des tubes en acier pour le marché de l'énergie (gaz, pétrole, éolien off-shore). L'entreprise Europipe, unique tuberie de France, située à Grande Synthe, et qui emploie 160 personnes (contre 264 en 2004) a annoncé sa fermeture à l'automne 2014. Europipe a été créée en 1991, et est détenue par deux actionnaires à parts égales : Salzgitter Mannesmann et AG der Dillinger Hüttenwerke. En Europe, elle dispose de deux établissements : le premier, où se trouve le siège social, à Mülheim, en Allemagne, et le second, à Grande-Synthe en France. Deux autres usines sont situées aux Etats-Unis (à Panama City, en Floride et à Mobile, en Alabama).

Les raisons de la fermeture sont d'une part la baisse des commandes au site de Dunkerque. Selon la CFDT de Grande-Synthe, Europipe aurait concentré les commandes sur le site allemand, au détriment du site nordiste. Ceci a accru les difficultés de l'entreprise, qui a cumulé ces dernières années un total de neuf mois de chômage technique, le dernier datant de février 2014. Une autre raison serait liée à l'évolution du marché mondial de l'énergie et des effets de la géopolitique européenne. Ainsi, selon les syndicats des perspectives de marché avec l'Iran

seraient totalement bloquées dans le cadre de l'embargo européen (L'usine Nouvelle, 01/10/14).

De plus d'après le tribunal de commerce de Dunkerque, en 2013, plus de 1 000 salariés du Dunkerquois (contre 712 en 2012) ont été concernés par des procédures, soit de sauvegarde, de redressement ou de liquidations judiciaires. Soit une augmentation de 45 % par rapport à l'année précédente. « Au total, reprend Yves Coste, le nombre de procédures n'a augmenté que de 6 % mais celles-ci ont concerné davantage de salariés. Ce qui signifie que les entreprises en question sont des entreprises plus importantes en termes d'effectifs et des entreprises aussi plus anciennes. » Même constat inquiétant pour le nombre d'ordonnances d'injonction à payer, qui est passé de 620 à 682 entre 2012 et 2013, « ce qui démontre que les entreprises ont de plus en plus de difficultés à payer leurs charges et ont donc des problèmes de trésorerie », analyse Yves Coste. (Lvn 15/01/14).

En l'absence de repreneur, à l'exception d'une seule offre d'un investisseur thaïlandais qui n'a pas abouti par manque de garanties suffisantes, Europe a définitivement fermé ses portes en 2015 (la Voix du Nord, 30/06/2015).

SRD : En 2014, la société SRD, raffinerie de Dunkerque, qui appartient au groupe Colas, avait annoncé la réduction de 80% de ces effectifs de SRD. En octobre 2014, Colas avait présenté une restructuration majeure de l'activité de la raffinerie en cessant la production d'huile de base de paraffine, pour ne se consacrer qu'à la production de bitume. Cette opération entraînait la suppression de 150 emplois. Dans le même temps, Colas annonçait un investissement de 20 millions d'euros sur trois ans, pour modifier le combustible en abandonnant le fioul lourd pour opter pour du gaz naturel. Ce qui avait entraîné la modification des chaudières à vapeur et l'installation de nouveaux brûleurs.

En 2016, l'entreprise a définitivement fermé ses portes en engendrant une suppression de 250 salariés (110 salariés et 140 sous-traitants) (L'UsineNouvelle 15/01/2016).

Euralis : l'industriel spécialisé dans l'industrie alimentaire envisage de fermer son site industriel de Dunkerque. Le groupe justifie cette décision d'une part, par d'importantes pertes cumulées par son pôle alimentaire (à hauteur de 63 millions d'euros ces cinq dernières années), causées par la pression exercée sur les prix en grande distribution et l'évolution rapide des « tendances » de consommation auxquelles l'entreprise ne peut faire face. Et d'autre part, par une dette de 186 millions d'euros « qui devient un frein à l'investissement et au développement de ses marques », (communiqué diffusé le 9 janvier 2018). Cette annonce est surprenante dans la mesure où l'usine a investi à Dunkerque 1 million d'euros en 2016 et avait recruté 80 salariés et 150 en saison haute. Il a aussi développé des innovations technologiques sur le site (des sauces pour professionnels) (L'UsineNouvelle 10/01/2018).

TIM : En 2017, l'usine Tim située près de Dunkerque (Quaëdypre), est placée en redressement judiciaire. La société Tim, qui emploie 640 salariés (AGUR, 2016) a assigné en justice son principal client, Caterpillar, et réclame 130 millions d'euros. Tim, filiale du groupe allemand Frizmeier, produit des cabines pour les fabricants d'engins de chantier comme Caterpillar ou Manitou. En 2015, l'entreprise voit son chiffre d'affaire baissé en dessous de 100 millions d'euros pour atteindre 45 millions l'année suivante, alors qu'en 2012 son chiffre d'affaires s'élevait à 176 millions d'euros. Cette baisse se justifie par l'absence, depuis plusieurs années, d'une politique d'investissement, avance l'intersyndicale (20 minutes 21/06/2017).

Suite à la reprise de l'usine par Fil Filipov, un industriel très connu dans le secteur des matériels de chantier et aussi de manutention, des mesures ont été mises en place pour relancer l'usine : « Certains salariés auraient déjà accepté de renoncer à leurs congés » (la Voix d Nord,

28/07/2017). Malgré le projet de redynamisation du site, le repreneur a annoncé son projet de réduire les effectifs, principalement les cadres, en supprimant 84 postes.

L'étude de ces cas d'entreprises en difficulté nous permet de comprendre que les problèmes de l'industrie à Dunkerque révèlent des facteurs suivants :

- Une économie globalisée dans laquelle les grands groupes considèrent les territoires comme des « réservoirs de ressources », qu'elles soient humaines, énergétiques, financières ou infrastructurelles. En conséquence, les entreprises localisent et délocalisent en fonction des ressources offertes sur un territoire donné. De nombreuses entreprises se sont localisées à Dunkerque pour bénéficier des infrastructures (le port, mais aussi les prix des terrains). Ces critères sont toujours ceux qui attirent les nouveaux investisseurs. Les problèmes de réglementation tatillonne, l'évolution d'un marché, le prix d'une ressource qui s'élève brutalement peuvent faire évoluer les choses très rapidement.
- Des groupes pour lesquels la pression financière est de plus en plus forte compte tenu de la composition de leur capital. L'existence de fonds d'investissement qui recherchent la création de valeur pour l'actionnaire « Shareholder value », parfois au détriment des résultats économiques (Pesqueux, 2014).
- La nécessité de faire face à une concurrence des pays à bas coûts de production (pays émergents, Chine). Ce qui impose une croissance de l'efficacité et de l'innovation mais qui nécessite par la même des investissements conséquents et qui se heurtent justement à la pression de la finance.
- Une concurrence mondialisée de groupes industriels, qui considèrent le monde entier comme un vaste terrain de jeu et pour lesquels le patriotisme économique est étranger à leur stratégie. Comme l'écrivait Joan Robinson à la fin des années 1970, « Les firmes multinationales ne témoignent de patriotisme que vis-à-vis du capitalisme en tant que tel et ne font aucune distinction entre production intérieure et extérieure ».

L'ensemble de ces difficultés ne renforce pas seulement la fragilité économique du territoire dunkerquois en participant à l'évolution du taux de chômage, mais représentent également un frein pour la constitution et le développement du milieu éco-innovateur. A l'issue de la fermeture de certaines entreprises des synergies ont été arrêtées. Nous pouvons citer l'exemple de la synergie entre une raffinerie de pétrole (SRD) et l'industriel sidérurgiste. Depuis la

fermeture de la raffinerie en 2014 une quantité importante de gaz du sidérurgiste n'est plus valorisée. La cessation de cette synergie a eu, d'une part, des impacts négatifs sur l'environnement dans la mesure où le gaz est rejeté dans l'atmosphère : *« une partie non négligeable de gaz est rejeté aux petits oiseaux au lieu d'être utilisée »* (entretien n°1). D'autre part, des pertes économiques assez importantes ont été enregistrées par le sidérurgiste. Aujourd'hui le fournisseur du flux de gaz travaille en collaboration avec le pôle d'excellence local pour identifier de nouvelles synergies potentielles pour la valorisation de ce gaz. Cette collaboration a abouti à un projet de synergie avec une entreprise spécialisée en industrie chimique. Mais qui reste toutefois en attente de validation par le groupe de cette entreprise. Nous pouvons ainsi constater que la pérennité des synergies dans la symbiose industrielle de Dunkerque dépend fortement des décisions de groupe : *« le fait d'appartenir à un grand groupe (dépendance) peut être un frein. Les politiques des groupes ne vont pas toujours dans le sens des politiques locales. On ne va pas se mettre avec une entreprise pour fournir de l'énergie si ce n'est pas une activité rentable »* (entretien n°1). La fermeture d'un autre site (Europipe) a également conduit à l'arrêt de la synergie de valorisation de ferrailles avec l'entreprise sidérurgiste.

1.2.2. Les limites liées à la diversification : risques et impacts sur l'environnement

La symbiose industrielle peut attirer des entreprises qui opèrent dans des activités à haut risque et dont l'impact sur l'environnement peut être important. L'installation de nouvelles entreprises classées SEVESO seuil haut renforce le risque d'accident industriel et augmente le taux des rejets polluants. Un accident industriel est, en effet, un accident très grave, se produisant dans un établissement industriel ou nucléaire et dont les conséquences peuvent entraîner des risques à l'extérieur du périmètre du site et affecter la population, l'environnement ou les biens. Selon la nature des produits et les quantités impliquées, l'accident peut prendre la forme d'un incendie, d'une explosion, d'une émission de produits toxiques ou, pour le cas particulier d'un site nucléaire, d'une dissémination progressive de produits radioactifs (SPPPI, 2006). Chaque installation classée est ainsi potentiellement susceptible de développer un risque industriel. Les accidents industriels peuvent prendre plusieurs formes :

- **L'incendie de produits inflammables** solides, liquides ou gazeux. Outre les effets des brûlures, les substances présentes peuvent émettre des fumées toxiques asphyxiantes.
- **L'explosion de gaz ou de poussières** due à la formation de mélanges réactifs qui peut avoir des effets mécaniques (du fait du souffle et de l'onde de pression).

- **La dispersion de produits dangereux** dans l'air, l'eau, le sol, toxiques par inhalation, l'ingestion ou les contacts avec la peau.

L'une des nouvelles entreprises ayant intégré la symbiose industrielle est une unité classée SEVESO seuil haut. Elle est spécialisée dans la valorisation de l'acide chlorhydrique issu d'un autre processus de production. Elle se rajoute aux 17 sites SEVESO présents sur le territoire. L'installation de cette nouvelle unité a suscité un débat à l'échelle du territoire sur les risques que porte ce type d'installation compte tenu des externalités négatives dépassant les avantages de l'implantation du site (création d'une vingtaine d'emplois).

En juin 2018, le groupe Europe-Ecologie-Les verts a publié sur son site sa contribution à l'enquête publique destinée au Commissaire-enquêteur. Dans cette publication, le groupe met l'accent sur les risques et impacts potentiels de l'activité de cette nouvelle usine. Etant donné que l'activité de l'entreprise relève de l'industrie des déchets dangereux, les effets négatifs peuvent potentiellement être nombreux¹⁰² :

- Les résidus chlorés que l'entreprise compte recycler dans l'usine de Dunkerque sont livrés par camions en provenance principalement d'Europe du Nord¹⁰³. Cette activité augmentera ainsi le transport routier de matières dangereuses.
- De nouvelles canalisations de matières dangereuses s'ajoutent à celles installées dans le sol du territoire (canalisation d'hydrocarbure, alcool, gaz non odorisé...)
- Des émissions polluantes et rejet d'influents liquides qui peuvent contenir certains métaux lourds (notamment, Arsenic, chrome, cobalt, nickel, manganèse...) et qui contribueront à la pollution atmosphérique qui est déjà assez élevée dans la région.

En juillet, une pétition lancée par Aura Environnement (Collectif de Préservation de l'Environnement de la Région de Dunkerque) a recueilli plus de 20 000 signatures. Une autre pétition portant le titre « Non au nouveau "SEVESO" dans le dunkerquois »¹⁰⁴ a été diffusée sur les réseaux sociaux auprès des habitants de Loon-Plage contre l'implantation de la nouvelle usine SEVESO. Cette pétition, qui a recueilli environ 700 signatures, a été déposée en juin 2018 auprès du Commissaire chargé de l'enquête publique.

¹⁰² <https://npdc.eelv.fr/2018/06/15/10182/>

¹⁰³ La Voix du Nord 14/09/2017

¹⁰⁴ <https://www.change.org/p/non-au-nouveau-seveso-dans-le-dunkerquois>

Face à ce débat, l'entreprise en question a montré que malgré la nature à risque de son activité, son processus de production respecte les normes réglementaires exigées par rapport notamment aux émissions atmosphériques. Elle montre également que les rejets eaux « légèrement salées » dans les bassins portuaires sont faibles en volume (3-5% /4 m³/h). De même pour les rejets de cendres et résidus estimés à 70 T de cendres & résidus générés par année ce qui représente 0,2 % du volume entrant. Ces rejets sont envoyés vers la décharge du groupe localisé à l'international.

En définitive, l'objectif était de montrer que la diversification des activités grâce à l'écologie industrielle peut dans certains cas représenter aussi une limite. Cette limite réside dans le caractère « écologique » du milieu éco-innovateur. Les facteurs d'attractivité disponibles dans le milieu ou la symbiose industrielle peuvent attirer de nouvelles activités ayant un impact sur l'augmentation du risque industriel ou sur l'environnement de manière générale. Dans le cas de Dunkerque, il est toutefois important d'admettre que la mise en place des démarches d'écologie industrielle, ainsi que le durcissement de la réglementation environnementale ont fortement contribué à la réduction des rejets atmosphérique. Depuis la création de la centrale de cogénération qui valorise les gaz sidérurgique ainsi que la constitution des différentes synergies entre les industriels de manière générale, les rejets atmosphériques ont connu une baisse importante. On note, par exemple, qu'entre autres les rejets d'Oxyde de soufre (SO₂) ont baissé d'un peu plus 40 000 T/an en 1991 à moins de 15 000 T/an en 2011. De même pour les rejets atmosphériques de poussières qui sont passés d'environ 12 000 T/an en 1991 à environ 3000 T/an en 2011¹⁰⁵.

¹⁰⁵ Selon le SPPPI - commission « Air, odeurs et bruit » 14 novembre 2013

2. Rôle des activités de service et de la gouvernance territoriale dans la réduction des limites

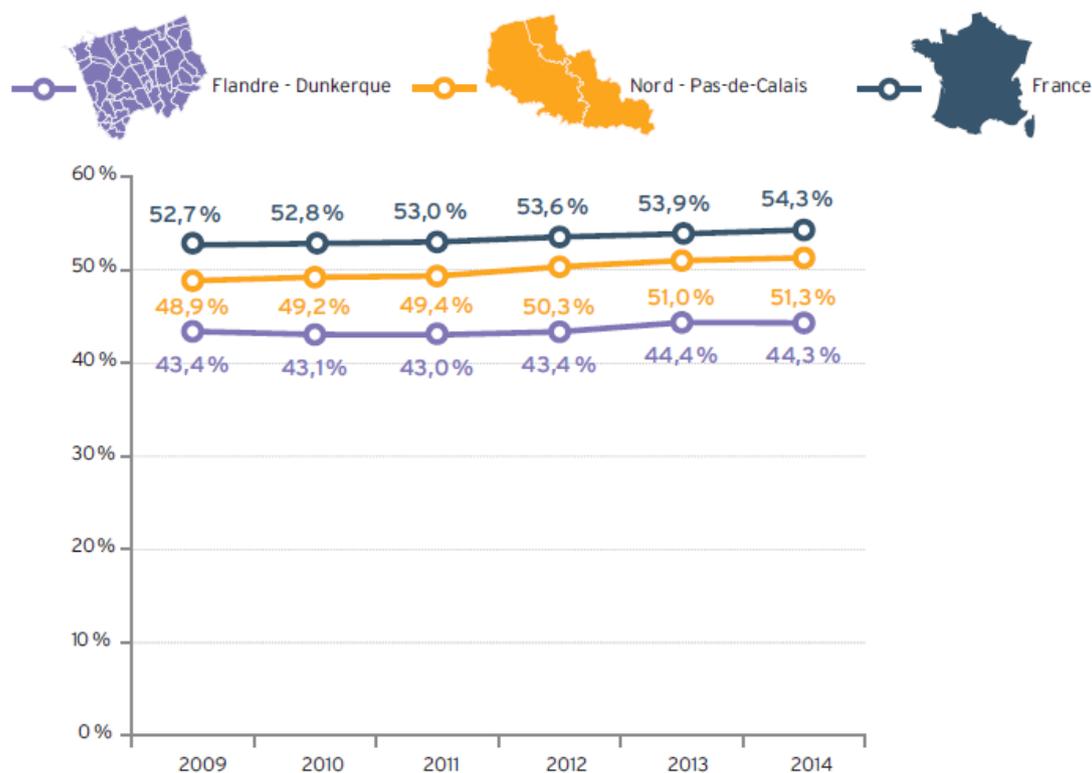
Dans le précédent point, nous avons mis en avant les différentes difficultés auxquelles sont confrontés les entreprises de la symbiose et les nouvelles. Ces limites sont liées aux aspects économiques, techniques, réglementaires, informationnelles etc., des synergies mais sont aussi liées à la nature du territoire. Certaines limites comme la délocalisation des entreprises peuvent fragiliser la symbiose industrielle. Dans ce point, nous allons étudier la place des activités de services dans l'atténuation de ces limites. Nous avons réalisé une analyse quantitative sur le tissu de service pour comprendre l'implication des prestataires de service dans l'écologie industrielle. Nous avons également interrogé nos interlocuteurs sur leurs besoins en matière d'offre de service pour la mise en place des synergies (point 2.1). Les résultats nous ont permis de relever certaines insuffisance des prestations de service qui selon nous peuvent être complétées grâce au développement d'une gouvernance systémique (2.2).

2.1. La place des fonctions de service dans l'organisation des démarches d'écologie industrielle

2.1.1. L'implication des activités de service dans l'écologie industrielle à Dunkerque : une analyse quantitative des services à l'industrie de l'agglomération dunkerquoise

Dans le complexe industrialo-portuaire de Dunkerque, le secteur du tertiaire marchand représente 36% des emplois du Dunkerquois, ce qui est relativement inférieur à la moyenne nationale (47%). Le secteur tertiaire non marchand représente en revanche 33% des emplois contre 32% en moyenne nationale. 29 653 salariés du secteur privé travaillent dans les services. Le secteur sanitaire et social représente une part importante des services et connaît une croissance rapide depuis plus de dix ans (aide à domicile, action sociale...). Même si le secteur des services reste inférieur à la moyenne nationale de 10 points, son poids dans l'économie locale est en augmentation. Il représente plus de 4 emplois salariés privés sur 10 (soit 44,3 %) (graphique 15).

Graphique 15 : Evolution de la part des salaires privés du secteur des services



Source : AGUR (2015)

Le nombre des établissements de service aux entreprises à Dunkerque représente 2 273 contre 4 493 dans le commerce et les services aux particuliers. En effet, dans ces deux secteurs le nombre d'établissements est de 1256 dans la santé et le social (28%), 692 dans l'hygiène et beauté 15,4% et 643 dans « autres » services aux particuliers (dont enseignement) 14,3%).

Les établissements de service aux entreprises quant à eux sont répartis comme ce qui suit¹⁰⁶ : 77 établissements dans le secteur des activités de communication, 430 dans le secteur des activités financières et d'assurance, 459 dans le secteur des activités immobilières, 427 dans le secteur du commerce de gros, 719 dans le secteur du conseil et assistance, 118 dans le secteur de l'informatique, édition de jeux et logiciels, 5 dans le secteur du recherche et développement, 435 dans le secteur des services opérationnels, 414 dans le secteur du transport (transport routier de marchandises (23,9%), transport par eau (21,7%), organisation du transport de fret (12,8%). En termes de création d'entreprises le secteur de services aux entreprises occupe la première

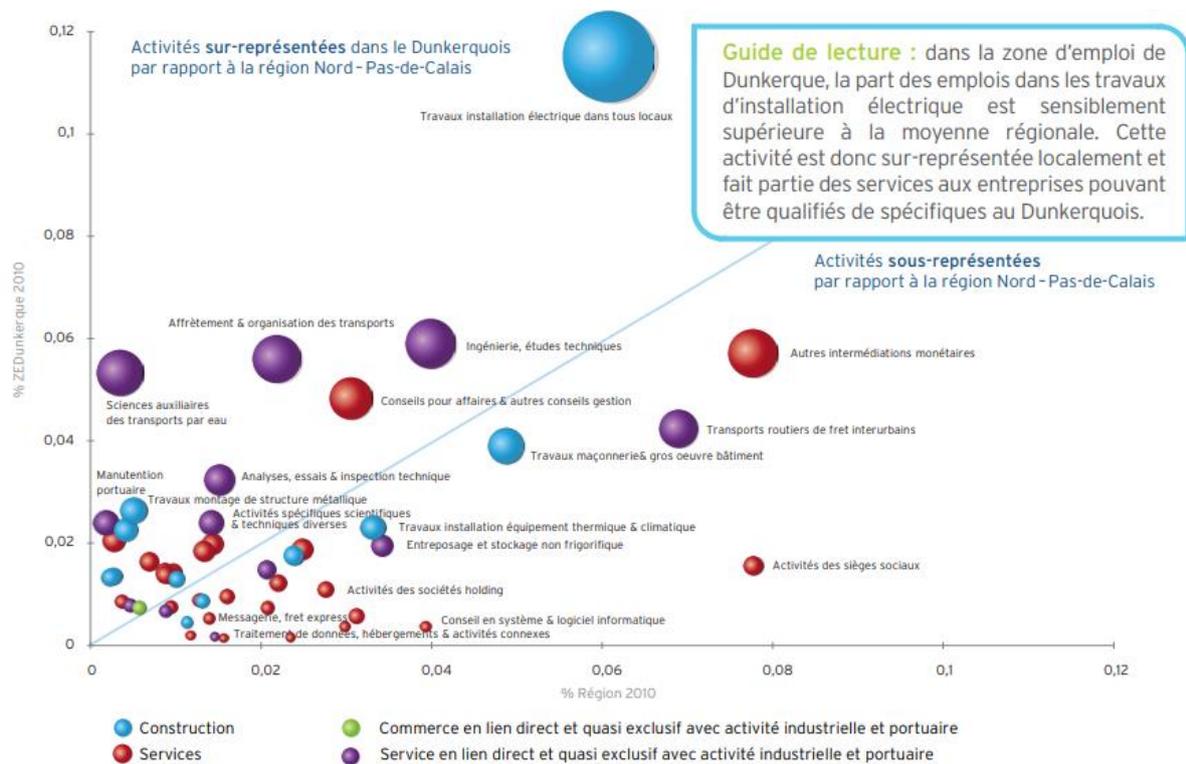
¹⁰⁶ Source : portrait de territoire : Dunkerque, édition 2016, Chambre de Commerce et de l'Industrie Haut de France

place dans le dunkerquois (27%). Cependant, ce taux reste sensiblement inférieur au niveau national (10 points d'écart avec 37% pour la France) (annexe 29).

Malgré la forte présence de l'industrie manufacturière dans le tissu industriel dunkerquois, le poids des activités de service qui y sont associées est comparable à la moyenne nationale (8% de l'emploi salariés privé). Ces activités de services ont tendance à progresser à l'échelle nationale, notamment en raison des stratégies d'externalisation des entreprises manufacturières, alors que les emplois dans ces activités restent constants à Dunkerque. Ceci témoigne à nouveau des caractéristiques de l'industrie locale, essentiellement tournée vers la production et intégrant assez peu d'activités de services « externalisables ». Ces activités de services seraient pourtant utiles, en particulier pour résoudre ou réduire certaines des difficultés liées à la création ou à la gestion des synergies industrielles.

Les activités d'ingénierie, études techniques, analyses et autres professions de l'inspection technique sont relativement bien représentées à Dunkerque (et même sur-représentées par rapport à la moyenne régionale), ce n'est pas le cas des transports terrestres (fret de proximité, transport routier, entreposage non frigorifique, messageries, services auxiliaires de transports terrestres) ou encore des services informatiques (conseils en système d'information, traitement de données et hébergement numérique, réparation en informatique et autre télécommunication, autres services informatiques) et qui ont donc des marges de progression importantes (graphique 16).

Graphique 16 : Implication des entreprises de service dans la symbiose industrielle de Dunkerque



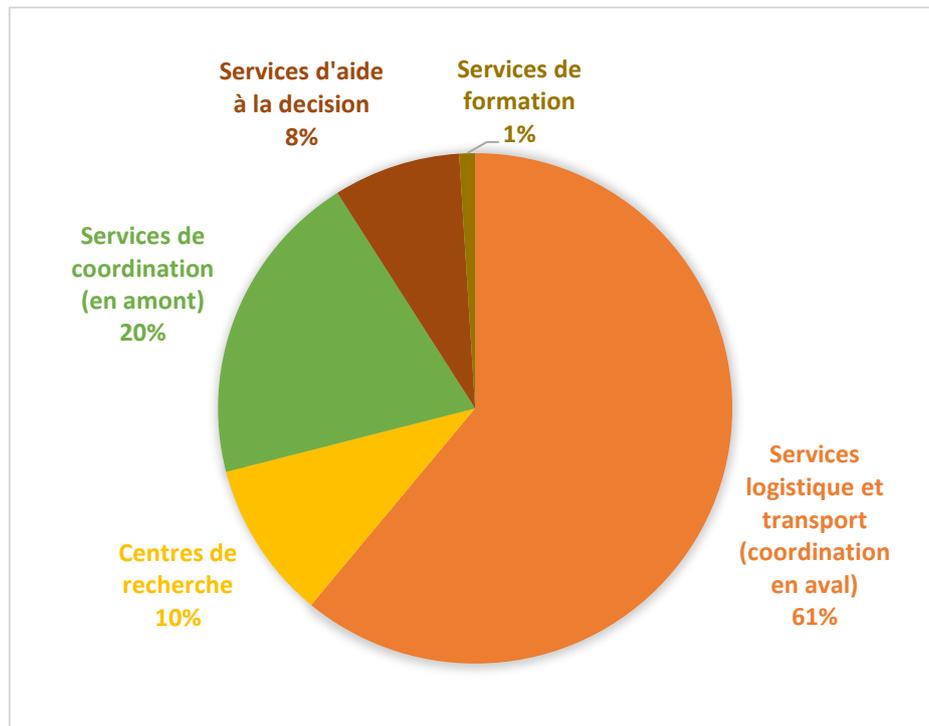
Source : AGUR (2013)

Pour comprendre l'implication des entreprises de service dans l'écologie industrielle et en particulier les besoins des entreprises de la symbiose en termes de prestataires externes, nous avons interrogés nos interlocuteurs sur les types de prestations de services auxquelles ils font appel pour l'organisation et la gestion des échanges de flux valorisation ou de mutualisation. L'objectif est d'identifier et de préciser le rôle des entreprises de service dans la mise en place de l'écologie industrielle. Les questions ont porté sur le type de prestataires avec lesquels ils collaborent (acteur privé, public ou semi-public), le type de service offert (services de coordination, services logistique et transport fonction « support », centres de recherche (mobilisation de la recherche), services d'aide à la décision et les services de formation) ainsi que sur la qualité des services offerts. Autrement dit, il s'agit de comprendre si ces prestations de services sont suffisantes ou s'il existe des domaines non couverts.

A partir des résultats, nous avons pu constater que 81% des entreprises font appel à des prestataires externes pour la gestion des flux de déchets, principalement les prestataires de transport et logistique. 25% sont des prestataires publics ou semi-publics comme la structure chargée de l'écologie industrielle, la collectivité, la CCID, les clubs d'entreprises, l'agence de

développement etc. et 75% sont des prestataires privés. En effet, 61% sont des prestataires logistiques qui se chargent du transport des déchets mutualisés par exemple. 10% sont des laboratoires de recherche. 20% sont des prestataires de services de coordination « en amont », services d'aide à la décision (6%), et des services de formation (3%) (graphique 17).

Graphique 17 : Le type d'activités de service impliquées dans la symbiose industrielle de Dunkerque



- Services logistique, coordination « en aval » (transport-logistique, traitement des déchets, services des eaux...)

Une grande partie des entreprises font appel à des prestataires logistiques notamment pour le transport et le traitement de leurs flux de matières et déchets. Nous avons mentionné précédemment (voir section 6) l'ensemble des synergies de mutualisation et substitution établies entre les différentes entreprises dans lesquelles certaines entreprises font appel à des prestations de services de traitement de déchets. Nous n'allons pas revenir sur les détails de ces synergies dans ce point. Cependant, nous allons reprendre quelques exemples d'entreprises ayant recours à ce type d'offre et nous allons mettre en avant l'implication des services de transport. Par exemple, l'entreprise de fabrication d'huiles alimentaires possède une unité spécialisée dans le transport et la collecte d'huiles usagées. Pourtant, elle utilise les services de certains collecteurs de déchets. Une entreprise sidérurgiste mutualise certains déchets

métalliques avec l'acteur pivot mais fait également appel à des entreprises de traitement. Cela dépend des quantités de déchets dont elle dispose « *les affaires qui passent par la déchèterie sont trop faibles pour faire appel à un prestataire extérieur* » (entretien n°4). Par exemple pour le traitement des boues et les huiles, elle utilise les services de plusieurs entreprises de recyclage et valorisation locales et régionales. L'industriel sidérurgiste fait appel au parc éco-industriel de la région pour le transport et le traitement de certains déchets dont elle n'a pas la possibilité de valoriser en interne. Ce parc dispose de ses propres camions (90 camions). Toutefois, il collabore avec d'autres entreprises et les collectivités locales dans la collecte et la mutualisation des déchets. Il utilise également les moyens de transport fluviaux notamment pour le transport de ferrailles. De même pour l'entreprise d'exploitation de chaleur, c'est un prestataire de service et possède un parc de véhicules. Elle dispose de 1600 véhicules et couvre la région du Nord. Elle n'a recours à des prestataires externes que pour les approvisionnements en gros équipements « *pour réaliser les prestations, le personnel dispose des petits fourgons, pour les gros matériaux l'entreprise doit faire appel aux prestataires externes* » (entretien n°10). La centrale nucléaire, quant à elle, se rapproche des prestataires de service de traitement de déchets dans le cadre des maintenances réalisées dans ces canalisations. Ces travaux d'entretiens des cuves sont en effet source d'une quantité importante de déchets.

- service de coordination « en amont » (identification de partenaires, partage des connaissances)

Les services de coordination sont fournis par des acteurs semi-publics ou publics. Elles accompagnent les entreprises dans la réalisation des études de métabolisme industriel pour identifier les synergies potentielles. Elles jouent également un rôle dans la sensibilisation et la diffusion d'information et de connaissances liées aux différents flux de matières et déchets.

Lors de la sélection de notre population cible, nous nous sommes appuyés sur la liste des adhérents de l'association locale en charge de la promotion de l'écologie industrielle. Cela justifie le fait que plusieurs entreprises sont membres d'Ecopal. Par exemple, le producteur d'emballage métallique est un utilisateur des services de l'association pour la mutualisation de tous les « petits déchets » (piles, papier...etc). L'entreprise d'exploitation de chaleur est un utilisateur des services de l'association pour la collecte du papier. Cette entreprise n'a pas besoin d'autres prestations en matière d'écologie industrielle puisqu'elle offre elle-même des éco-services. Le fabricant d'huiles alimentaires est également un adhérent de l'association.

Selon notre interlocuteur l'entreprise est un simple adhérent avisé qui s'intéressent au service de diffusion d'information sur les flux d'écologie industrielle existants dans le territoire. L'entreprise de gestion d'eau est aussi un adhérent de cette association. Elle est membre fondateur et le directeur de l'agence de Dunkerque est actuellement le président de l'association. De manière générale, les entreprises de grande taille, comme le sidérurgiste par exemple (un membre fondateur de l'association), font partie de l'association mais ne font pas appel à ses services. Selon certains de nos interlocuteurs, les services de l'association sont plus adaptés aux petites et moyennes entreprises qu'aux grandes. Ce sont ces entreprises qui la soutiennent par leur implication. D'autres entreprises sont adhérentes mais n'utilisent pas ses services dont la mesure où leurs quantités de déchets ne nécessitent pas d'être mutualisées. C'est notamment le cas de l'une des entreprises interrogées « *On n'a pas forcément de services à demander, c'est plus de l'information ou de la sensibilisation dont on a besoin. Pour l'instant, nous sommes adhérents surtout pour avoir des informations et se tenir au courant de ce qui peut se faire car on produit très peu de déchets* » (entretien n°10).

Sur le dunkerquois, d'autres organismes offrent des services de coordination notamment l'agence d'urbanisme. La majorité des entreprises sont en effet partenaires de cet organisme et ont participé à l'élaboration de la toile industrielle et la toile énergétique (la centrale nucléaire a participé à l'élaboration des toiles industrielle et énergétique). Un projet de toile de compétences est en cours de création. La centrale nucléaire ainsi que d'autres industriels y sont impliqués. Ce projet porte sur les enjeux de formation des salariés et de la gestion prévisionnelle des emplois et des compétences (GPEC). L'identification des compétences et métiers liés au développement durable et à l'écologie industrielle s'intègre dans ce projet. La structure intercommunale peut aussi accompagner les entreprises sur les flux d'écologie industrielle. Elle collabore notamment avec l'entreprise de gestion des eaux sur la valorisation des boues des stations d'épuration de la ville. Les pôles d'excellence sont aussi impliqués. Nous reprenons l'exemple du pôle d'excellence avec lequel collabore l'acteur pivot dans le cadre de la réalisation d'une étude ayant pour objectif de trouver une entreprise qui pourra valoriser une partie du gaz du sidérurgiste « *le pôle d'excellence se charge de la réalisation d'un bilan pour examiner et rechercher les synergies de gaz avec des entreprises voisines intéressées par notre gaz* » (entretien n°1).

- mobilisation de la recherche, (par ex. partenariat avec un laboratoire de recherche)

La majorité des grandes entreprises interrogées ont des relations étroites avec l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO). Toutefois ces relations restent orientées vers de la recherche appliquée qui prennent la forme de prestations et non de réels programmes de recherche à long terme, comme cela a été mentionné plus haut. Ces relations prennent aussi la forme d'accueil de stagiaires. Le fabricant d'aluminium travaille avec l'ULCO principalement sur les problématiques de retombées de poussières sur Gravelines. La centrale nucléaire est partenaire de l'ULCO, elle recrute des stagiaires qui suivent des formations à l'université et recrute également des doctorants dans le cadre de projets de thèses. Pour une partie de ses activités de recherche & développement, le sidérurgiste dispose d'un service interne (notamment au niveau du groupe) mais elle a également des relations avec l'université. Comme la centrale nucléaire et d'autres industriels, elle recrute des stagiaires sur des thématiques environnementales et travaille sur des programmes de recherches avec des chercheurs de l'université. Le port travaille également en collaboration avec l'ULCO mais aussi avec l'Ecole des Mines de Douai, le CEREMA (le centre d'expertise publique pour le développement et la cohésion des territoires) dans le cadre du développement de filières de valorisation de flux (notamment les sédiments).

- services d'aide à la décision (bureaux d'études, conseil, juriste...)

Le rôle des bureaux d'études auxquels l'industriel peut faire appel est très important parce qu'il dispose de l'ingénierie administrative, de la connaissance du territoire. D'après nos résultats, certaines entreprises font appel à des bureaux d'études sur l'aspect technique de l'écologie industrielle. Par exemple, le fabricant d'emballage métallique fait appel à deux bureaux d'études situés à Lille et Lyon pour l'identification des flux de déchets. Le fabricant d'aluminium travaille en collaboration avec plusieurs bureaux d'étude sur les aspects environnementaux, notamment, pour les risques sanitaires, pour la réalisation d'études sur les risques et dangers. Elle réalise des suivis de l'impact du fluor (qu'elle intègre dans la production d'aluminium) sur l'environnement avec un autre partenaire. Elle fait appel à une société pour le conseil de l'environnement naturel. Elle travaille également avec des laboratoires de recherche sur les mesures des taux de carbone. Malgré la multitude de prestataires de service avec lesquels l'entreprise collabore, notre interlocuteur souligne la présence d'un besoin en

termes de prestataires pour l'établissement de cahiers de charge précis sur les problématiques environnementales.

Une autre entreprise interrogée est partenaire de la fédération des Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air en France (ATMO) avec laquelle elle travaille sur des analyses de la qualité de l'air « *Nous sommes partenaires à ATMO réseau régional qui analyse la qualité de l'air. Lorsqu'il y a des pics de pollution nous sommes informés la veille et nous informons nos salariés pour réduire les émissions des véhicules* » (entretien n°2).

- Services de formation

Pour ce qui est des services de formation, peu d'entreprise organisent des formations directement liées à l'écologie industrielle. De plus, les formations sont réalisées au niveau interne. Cependant, nous citons l'exemple de l'entreprise sidérurgiste qui fait appel au service du Conservatoire d'espaces naturels (situé à Bailleul) pour des formations sur la biodiversité.

Dans le cadre de notre étude de terrain sur les services, nous avons également interrogé les nouvelles entreprises sur leurs besoins en matière d'éco-services. Il découle des entretiens que celles-ci collaborent principalement avec des entreprises de services sur les phases de construction des usines, notamment pour l'installation et maintenance des équipements. Elles font aussi appel à des entreprises de formations du personnel nouvellement recruté. Par exemple, l'entreprise de traitement de déchets chlorés fait appel à des entreprises locales sur des aspects techniques de maintenance (pompages tuilerie), formation des techniciens. Mais elle prend en charge certaines formations qu'elle réalise en interne « *dans cette phase de construction nous avons des contact avec des entreprises de construction mais pendant l'exploitation nous aurons des liens et contrats avec des prestataires de services maintenance et livraison de produits* » (entretien n°27).

L'une des nouvelles entreprises travaille avec des entreprises de service pour le transport de déchets et des eaux usées. Pour la formation des salariés, elle fait appel à certains prestataires externes ainsi qu'à un partenaire spécialisé dans le conseil en maîtrise des risques. Une autre entreprise a des projets de valorisation de déchets comme les peintures polluantes, elle envisage de faire appel à des prestataires externes dans les mois à venir.

Pour la quasi-totalité des entreprises interrogées, les services à l'industrie sont présents à Dunkerque. Le tissu de services apparaît comme suffisamment développé, en raison de la présence de la zone industrialo-portuaire. Néanmoins, malgré cette présence d'offres servicielles, elles ne sont pas assez impliquées dans l'écologie industrielle. L'un de nos

interlocuteurs considère que cela est lié au manque d'information et de sensibilisation sur l'écologie industrielle « *Ils font leur métier mais pas plus. Mais l'information n'est pas toujours disponible. Il manque encore des efforts pour que cela se développe. Certaines entreprises font leur "job" mais ne font pas assez de propositions d'amélioration dans le cadre de l'écologie industrielle* » (entretien n°1). Pour creuser cette problématique et élargir notre analyse sur l'implication des activités de service dans l'écologie industrielle nous présentons dans le point suivant les résultats d'une étude quantitative réalisées sur le tissu de service dunkerquois.

2.1.2. Implication des entreprises de service dans la symbiose industrielle de Dunkerque

Les activités de service aux entreprises proposent un certain nombre de fonctions qui peuvent participer au bon fonctionnement des processus d'écologie industrielle et à la réduction des difficultés inhérentes. Les résultats des entretiens menés nous ont permis d'avoir une vision générale sur les besoins des entreprises en matière de services dans le cadre de l'écologie industrielle. Cependant, cette analyse reste limitée aux prestataires mobilisés par les entreprises de la symbiose industrielle et ne permet pas de comprendre l'implication du tissu de services dunkerquois dans les démarches d'écologie industrielle. Pour élargir notre analyse nous avons mené une étude quantitative des liens entre les services aux entreprises et la mise en place d'une démarche d'écologie industrielle. Il s'agit plus particulièrement d'évaluer dans quelle mesure les entreprises de services à l'industrie de l'agglomération dunkerquoise intègrent la question de l'écologie industrielle et quelles offres de services en matière d'écologie industrielle développent-elles. L'analyse repose sur un recensement des entreprises de services concernées et fait l'objet d'une analyse de leurs sites web. La base de données analysée contient toutes les entreprises de services à l'industrie à Dunkerque. Elle a été fournie par la Chambre de Commerce et d'Industrie de Dunkerque (CCI). Une sélection a été effectuée sur la base des codes NAF pour limiter l'analyse à des entreprises qui appartiennent à des secteurs d'activités susceptibles d'intégrer la question de l'écologie industrielle. De fait, la population cible est constituée de 455 entreprises. 20% de ces entreprises font partie du secteur ingénierie et études techniques ; 15% appartiennent au secteur conseil pour les affaires et conseil de gestion ; 10% sont des entreprises d'affrètement et d'organisation de transport ; 7% sont des entreprises de transport routier de fret. Plusieurs entreprises de traitement de déchets (dangereux et non dangereux) composent également la base de données (annexe 30). Nous exposons, de manière détaillée, l'ensemble des groupes de secteurs dans l'encadré ci-dessous.

Encadré 12 : Classification des secteurs d'activités dans des groupes homogènes selon leurs fonctions et rôles

- 1) Le groupe le plus important est celui qui concentre les activités en rapport avec le transport, à savoir : affrètement et organisation des transports, transports routiers de fret de proximité, transports routiers de fret interurbains, services auxiliaires des transports par eau, manutention portuaire, transports fluviaux de fret, manutention non portuaire, location de camion avec chauffeur, services auxiliaires des transports terrestres, location et location-bail de camions, et transports par conduites.
- 2) Le deuxième groupe regroupe les activités qui sont en rapport avec les formations et conseils à savoir : conseils pour les affaires et autres conseils de gestion, formation continue d'adultes, autres enseignements, et recherche-développement en autres sciences physiques.
- 3) Le troisième groupe rassemble les activités de commerce en gros, on trouve : commerce de gros (commerce interentreprises) non spécialisé ; commerce de gros (commerce interentreprises) de minerais et métaux ; commerce de gros (interentreprises) de combustibles et de produits annexes ; commerce de gros (interentreprises) de produits chimiques ; et commerce de gros (commerce interentreprises) de déchets débris.
- 4) Le quatrième groupe regroupe les activités en relation avec les déchets, à savoir : récupération de déchets triés, traitement et élimination des déchets non dangereux, traitement et élimination des déchets dangereux, collecte des déchets non dangereux, démantèlement d'épaves, collecte et traitement des eaux usées, et captage, traitement et distribution d'eau.
- 5) Le cinquième groupe rassemble les activités qui peuvent être liées à la collecte et à la mise à disposition d'informations : telles que : ingénierie et études techniques, évaluation des risques et dommages, supports juridiques de gestion et patrimoine mobilier, activités spécialisées, scientifique et techniques divers, et autre service d'information.
- 6) Le dernier groupe c'est celui du stockage, qui contient des entreprises spécialisées dans l'entreposage et stockage non frigorifique et l'entreposage et stockage frigorifique.

Le cadre d'échantillonnage comprend les entreprises possédant un site internet permettant de fournir des informations sur la nature de leurs offres de service. Il s'agit en effet d'une méthode d'échantillonnage non probabiliste par quotas. Les informations fournies dans la base de données ont permis d'identifier 105 entreprises disposant d'une adresse de site internet. Sur les 350 entreprises restantes, une recherche par le nom de l'enseigne sur le moteur de recherche Google, (en vérifiant les cinq premières pages de résultats obtenus) a été réalisée. De cette recherche 119 autres entreprises ayant un site internet ont été identifiées. En prenant en compte seulement les entreprises disposant de sites web la population cible se réduit à un échantillon de 224 entreprises, ce qui représente 49,2% de la base de données.

Pour comprendre si l'entreprise propose des services liés de manière générale au développement durable ou en particulier à l'écologie industrielle, la recherche sur les sites internet s'est basée sur l'identification des mots clés suivants : environnement, écologie ou le

développement durable. Lorsque l'un de ces mots clés apparaît sur le site, nous considérons que l'entreprise se préoccupe des problématiques environnementales. Inversement, si aucun mot n'apparaît sur le site, nous considérons que les services proposés n'intègrent pas la dimension environnementale. Le traitement des données a été effectué par le biais de l'outil d'analyse statistique SPSS. Ceci qui a permis dans un premier temps de donner les fréquences des différentes variables étudiées et en second lieu d'associer ou de créer des liens entre les différentes variables. En effet, les trois variables sont les suivantes : Nom (de l'entreprise), Secteur (38 modalités), Ecologie : pour répondre à la question suivante : « l'enseigne a-t-elle des préoccupations environnementales ? » (3 modalités : 1 « elle a des préoccupations environnementales et elle offre des solutions écologiques », 2 « elle n'a pas des préoccupations environnementales », et 3 « elle a des préoccupations environnementales mais elle n'offre pas des solutions écologiques »).

D'après les résultats, plus de la moitié, soit 120 entreprises de services à l'industrie n'ont pas de préoccupations environnementales, ce qui représente 53,6 % de notre échantillon et 26,4 % de notre population cible. 52 entreprises ont des préoccupations environnementales et offrent des solutions écologiques, ce qui représente 23,2 % de notre échantillon et 11,4 % de notre population cible. 52 entreprises, également moins d'un quart du total, ont des préoccupations environnementales, mais n'offrent pas de solutions écologiques.

Les activités liées aux déchets sont le seul groupe qui affiche très majoritairement (83% des entreprises) une offre de solutions écologiques, tandis que les activités de transport, de stockage ainsi que la formation et le conseil n'en offrent que rarement (15% ou moins). Dans les activités de formation et conseil ainsi que dans le commerce, les préoccupations environnementales sont largement absentes, puisque près de 70% des entreprises n'en affichent pas du tout. Cependant, certaines activités se distinguent puisque 30% des entreprises offrent des solutions écologiques. Les activités d'ingénierie et d'information se situent près de la moyenne des secteurs de services étudiés.

En effet, parmi les 35 entreprises du secteur « ingénierie, études techniques », 10 ont des préoccupations environnementales et offrent des solutions écologiques, telles que la société Girus qui élabore un plan régional de prévention des déchets. D'un autre côté, 14 entreprises n'ont pas des préoccupations environnementales, et 11 ont des préoccupations environnementales mais n'offrent pas des solutions écologiques aux autres entreprises. Dans le secteur « activités spécialisées, scientifiques et techniques divers » qui comprend 12 entreprises,

deux entreprises ont des préoccupations environnementales et proposent des solutions écologiques aux autres entreprises comme la société Contrôles Métallurgiques Tests qui a des propositions liées au respect de l'environnement avec la récupération des déchets et la mise en place de tri sélectif. Pour le secteur « conseil pour les affaires et autres conseils de gestion », trois entreprises sur 32 ont des préoccupations environnementales et offrent des solutions écologiques aux autres entreprises comme la société No Risque Management qui réalise des actions d'audit, de conseil et de formation dans le domaine du management de l'environnement.

Dans le domaine du transport, l'offre de services et les préoccupations environnementales varient selon les activités. Par exemple dans le secteur « affrètement et organisation des transports » quatre entreprises sur 30 ont des préoccupations environnementales et offrent des solutions écologiques aux autres entreprises telles que la société Horn Logistic Services qui apporte des solutions vertes permettant d'aider les clients à réduire leur empreinte environnementale. Dans le secteur « transports routiers de fret de proximité », aucune entreprise ne prend en compte les préoccupations environnementales. Une seule entreprise parmi les six de ce secteur fait référence aux problématiques environnementales, mais n'offre pas de services environnementaux aux entreprises. Il s'agit de la société Hautier Région Nord qui affiche une prise en compte de l'impact de ses activités sur l'environnement.

De même, pour le secteur « transports routiers de fret interurbains », on ne trouve aucune entreprise parmi les 11 entreprises de ce secteur, qui offre des solutions écologiques aux autres entreprises, mais six entreprises qui affichent des préoccupations environnementales, comme, par exemple, la société Transports Delcroix de Douai qui s'engage dans une politique alliant la réduction de ses émissions polluantes, et la préservation de l'intégralité de l'environnement.

Parmi les 10 entreprises du secteur « formation continue d'adultes », on ne trouve qu'une seule entreprise qui a des préoccupations environnementales, mais qui n'offre pas des solutions écologiques aux autres entreprises, deux entreprises qui ont des préoccupations environnementales et qui offrent des solutions écologiques aux autres entreprises, notamment la société Format Concept qui parmi ses formations, propose la formation « Analyse des impacts environnementaux » qui a pour objectif d'identifier les dangers, évaluer les impacts environnementaux et mettre en œuvre les moyens de maîtrise nécessaires pour toutes les activités ayant ou pouvant entraîner une dégradation de l'environnement.

C'est, logiquement, dans le domaine de la récupération et du traitement des déchets que l'on trouve le plus grand nombre d'entreprises qui développent une offre de services écologiques. Concernant le « commerce de gros (commerce interentreprises) de minerais et métaux », on trouve que parmi les 4 entreprises de ce secteur, deux ont des préoccupations environnementales et qui offrent des solutions écologiques aux autres entreprises comme la société Baudalet Métaux qui se présente comme expert en gestion des déchets liés aux activités des entreprises et des industries, le groupe Baudalet apporte des solutions pérennes et innovantes tout en garantissant la traçabilité et la conformité avec la réglementation, grâce à une gestion personnalisée des déchets produits. Le secteur « récupération de déchets triés » contient 7 entreprises, 4 d'entre elles ont des préoccupations environnementales et offrent des solutions écologiques aux autres entreprises, telle que la société Galloo Littoral qui récupère les déchets et réalise le traitement nécessaire afin de les recycler, et dans le but de respecter l'environnement, elle propose des conseils pour les projets de ses clients. Les 4 entreprises du secteur « traitement et élimination des déchets non dangereux » ont des préoccupations environnementales et offrent des solutions écologiques aux autres entreprises, telle que la société Sita Nord qui met son expertise au service des objectifs environnementaux de ses clients. Parmi les 4 entreprises du secteur « traitement et élimination des déchets dangereux », on trouve 3 entreprises qui offrent des solutions écologiques aux autres entreprises, et une seule entreprise qui a des préoccupations environnementales, mais qui n'offre pas des solutions écologiques. Pour le secteur « commerce de gros (interentreprises) de combustibles et de produits annexes » on ne trouve qu'une seule entreprise sur trois qui a des préoccupations environnementales et qui offre des solutions écologiques aux autres entreprises, c'est la société Dalkia France qui se positionne comme un partenaire privilégié des collectivités et des industriels pour concevoir et mettre en oeuvre des solutions pour le développement durables. Les 3 entreprises du secteur « collecte des déchets dangereux et non dangereux » ont des préoccupations environnementales et offrent des solutions écologiques aux autres entreprises telles que la société Medical Waste qui collecte et traite les déchets d'activités de soins, les déchets mercuriels et les déchets toxiques en petites quantités.

Les 3 entreprises du secteur « collecte et traitement des eaux usées » ont des préoccupations environnementales et offrent des solutions écologiques aux autres entreprises, telles que l'entreprise Saninord qui gère les déchets industriels. Enfin, les secteurs « évaluation des risques et dommages », « captage, traitement et distribution d'eau », « démantèlement d'épaves », «

commerce de gros (commerce interentreprises) de déchets débris », contiennent, chacun, une seule entreprise, et chacune offre des solutions écologiques aux autres entreprises.

L'analyse détaillée des sites web permet de mieux comprendre la façon dont les entreprises de services à l'industrie intègrent l'écologie dans leurs activités, ainsi que de vérifier les fonctions ou les rôles qui participent activement ou non au bon fonctionnement des processus d'écologie industrielle et la manière selon laquelle les services à l'industrie peuvent répondre aux limites de la mise en oeuvre de l'écologie industrielle.

Les activités de transport, commerce, déchets et stockage peuvent jouer un rôle d'intermédiaire ou facilitateur entre les parties prenantes. En effet, leur rôle est relatif à l'organisation des relations marchandes. Particulièrement, les transports sont certainement un exemple d'activité de services ayant un rôle important dans l'écologie industrielle, ils permettent une coordination en aval de la production. Cependant, les résultats de l'étude montrent que, mises à part les activités liées à la récupération et au traitement des déchets où l'on trouve la plus forte proportion d'entreprises affichant des préoccupations environnementales et une offre de service correspondante, les entreprises sont peu impliquées dans les préoccupations environnementales et l'écologie industrielle. Dans le domaine du transport, en particulier, l'offre de services adaptés aux problèmes de l'écologie industrielle ne semble se développer que timidement.

Les services intensifs en connaissances, telles que « ingénierie, information » et « formation, conseil » peuvent aussi jouer un rôle de coordination mais en amont. Ils permettent d'améliorer la prise de décision. C'est un rôle relatif à l'acquisition ou au maintien de capacités par les agents. Ils ont une fonction d'aide à la décision et de conseil, ou d'amélioration de la phase recherche nécessaire à la mise en place de l'écologie industrielle. Cependant, dans nos résultats, nous trouvons que la plupart des entreprises de ces secteurs à Dunkerque, n'intègrent pas des pratiques écologiques et environnementales. Ce n'est que dans le domaine de l'ingénierie et des études techniques qu'une offre de services en lien avec l'écologie industrielle existe, mais elle ne provient que d'un quart des entreprises.

Globalement, on note donc la question environnementale est intégrée de manière limitée dans les préoccupations et dans l'offre des entreprises de service. En effet, la plupart des entreprises de service à l'industrie n'adoptent pas une démarche écologique. Ceci est démontré par le fait que parmi les 224 entreprises de l'échantillon, 120 entreprises n'ont pas des préoccupations environnementales. Parmi les 104 entreprises restantes, seule la moitié a un rôle ou une fonction qui participe au bon fonctionnement de la démarche écologique et à la réduction des

difficultés/limites de la mise en place de l'écologie industrielle en offrant des solutions écologiques aux autres entreprises. Tandis que l'autre moitié se limite à une stratégie qui respecte l'environnement sans avoir aucun effet sur les autres entreprises.

En définitive, les résultats obtenus à l'issue de l'analyse du tissu de services dunkerquois sont en adéquation avec les dires de certains de nos interlocuteurs. Les services aux entreprises sont bien présents à Dunkerque et couvrent des domaines assez diversifiés. Leurs fonctions peuvent être porteuses d'un nombre important de possibilités d'interventions dans la mise en place de l'écologie industrielle. Cependant, d'un côté une grande partie des prestataires de service n'est pas sensibilisée aux préoccupations environnementales ou ne propose pas des offres de services liées à l'écologie industrielle. D'un autre côté ces offres de services sont de nature marchande. Cela constitue donc un obstacle financier supplémentaire pour les entreprises. Le développement de services non marchands (service de coordination) semble nécessaire pour favoriser le bon fonctionnement des synergies éco-industrielles. Les services non marchands sont proposés par des acteurs publics ou semi-publics et nécessitent donc une gouvernance territoriale adaptée. Nous nous intéressons dans le point suivant à la question de la gouvernance territoire de la symbiose industrielle à Dunkerque.

2.2. Le rôle de la gouvernance territoriale dans le développement d'un milieu éco-innovateur

2.2.1. Les caractéristiques de la gouvernance des projets d'écologie industrielle à Dunkerque : atouts et limites

Nous faisons l'hypothèse que la gouvernance territoriale peut contribuer à la réduction des limites de l'écologie industrielle et permettre ainsi le développement du milieu éco-innovateur. Pour étudier le cas de la symbiose industrielle de Dunkerque, nous allons tout d'abord analyser les caractéristiques de la gouvernance des projets d'écologie industrielle existants en se basant sur les formes publique, privée et mixte de celle-ci, tels que nous les avons identifiées dans la littérature (voir chapitre 2, section 4). Nous nous sommes basés sur les caractéristiques et les difficultés de l'écologie industrielle mises en avant par nos interlocuteurs au cours des entretiens pour comprendre les actions de gouvernance mises en place à Dunkerque.

La gouvernance publique repose sur un ensemble d'outils et dispositifs mis en place par les acteurs publics pour faciliter l'élaboration et la coordination d'une action collective. L'ensemble de règles et lois liées aux problématiques environnementales s'intègre dans les processus de coordination des projets d'écologie industrielle. À Dunkerque, les aspects liés à la réglementation environnementale sont gérés par la Direction Régionale Environnement Aménagement Logement (DREAL). Cet organisme a pour principal rôle la mise en œuvre des politiques publiques liées à l'aménagement durable des territoires, à l'énergie, à l'environnement et à la prévention des risques. Elle se charge de plusieurs missions. Notamment, l'inspection des installations classées¹⁰⁷ qui sont définies selon plusieurs nomenclatures et la gestion des demandes d'installations des nouvelles entreprises ou l'extension des unités existantes sur la zone industrielle. La DREAL s'occupe des procédures d'enregistrement des entreprises et l'attribution des autorisations d'implantation ou d'extension. L'inspection consiste en la réalisation de plusieurs actions de vérification de la mise en application des instructions que l'industriel doit respecter en matière de normes et lois environnementales. C'est au regard, de l'étude d'impact, de la réglementation européenne et nationale, et des contraintes liées à l'environnement local qu'un arrêté préfectoral est rédigé permettant à l'industriel d'exécuter ou non son activité. Cela concerne également la mise en

¹⁰⁷Selon l'article L 521 du code de l'environnement, les installations classées sont des installations qui sont susceptibles de générer des nuisances au sens large dans l'environnement : l'air, l'eau, les émissions lumineuses, les bruits, les vibrations, etc.

place des flux d'écologie industrielle. L'industriel doit obtenir une autorisation d'intégration d'un déchet dans son processus de production par exemple.

En plus de ces missions, la DREAL intervient en termes de communication. Elle est présente dans les instances de concertation au niveau local comme le secrétariat permanent pour la prévention des pollutions industrielles (SPPPI), les commissions de suivi. Les instances de concertations regroupent les industriels, l'Etat, les représentants des salariés, les représentants des élus, la société civile notamment les riverains, les associations de protection de l'environnement. La DREAL accompagne également les industriels notamment pour les demandes d'autorisations. Elle intervient dans la construction et l'établissement des dossiers. Selon notre interlocuteur les projets qui intègrent les approches de l'écologie industrielle et du développement durable sont privilégiées *« c'est notre devoir de faire appliquer les directives nationales et européennes. Un projet industriel doit raisonner en termes des trois piliers du développement durable (environnement-social-économique) pour qu'il soit acceptable sur le territoire »* (entretien n°23).

D'après les résultats de notre étude empirique, la réglementation environnementale constitue autant un cadre incitatif d'actions (la majorité des entreprises adoptent d'ailleurs un comportement proactif vis-à-vis de la réglementation) qu'une difficulté importante, en raison de sa complexité et des coûts engendrés par son application. Une grande partie de nos interlocuteurs estime que la réglementation peut rendre la mise en place des synergies éco-industrielles plus difficile. Néanmoins, selon l'un des interlocuteurs sans la présence de réglementation, les aspects environnementaux seront peu pris en compte par les entreprises *« ce que les industriels font en matière de recyclage le font sous la contrainte. C'est parce qu'il y a la contrainte réglementaire que l'industriel va vers la minimisation des déchets, la filtration des rejets ou le recyclage »* (entretien n°23). Ceci confirme l'importance du rôle joué par l'intervention publique dans la mise en place de l'écologie industrielle.

Au niveau local, les démarches d'écologie industrielle s'appuient également sur d'autres mesures et actions développées par les collectivités locales.

Les thématiques liées à la transition énergétique, l'économie circulaire et l'écologie industrielle sont au cœur des débats et politiques publiques de la ville. Mis à part les actions mises en place dès les années 1990 - comme la création du SPPP, l'élaboration du schéma de l'environnement industriel, etc.-, la communauté urbaine s'engage avec les autres acteurs du territoire ainsi que

régionaux et nationaux (comme le conseil régional, la DREAL et l'ADEME) dans de nouveaux schémas et plans stratégiques visant la mise en place du développement durable en misant sur l'écologie industrielle comme outil principal pour répondre à la crise climatique et économique. Le Plan Climat Air Energie Territorial 2015-2021 de l'agglomération dunkerquoise (PCAET), notamment, a pour objectif la création d'outil d'aide à la décision, la conduite d'actions collectives ou encore l'organisation d'événements annuels. L'accent est principalement mis sur les enjeux énergétiques. Il s'agit de passer aux énergies renouvelables et de récupération en exploitant les énergies disponibles localement : récupération de l'énergie fatale, éolien terrestre et off-shore, potentiel de valorisation énergétique de la biomasse et énergie solaire. L'objectif étant de réduire à 75% les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050 et d'atteindre une énergie 100% renouvelable. Nous reprenons également l'exemple de l'appel à manifestation TIGA « Territoire d'Innovation de Grande Ambition » cité plus haut (section 7) suite auquel le territoire dunkerquois a été retenu comme lauréat. Le projet soumis par la CUD porte l'intitulé « Transformation d'un écosystème industrialo-portuaire » et vise le développement d'innovation dans le cadre des objectifs suivant : la diversification économique et le développement de nouvelles filières liées à l'énergie renouvelable ; le développement de l'économie circulaire et la sobriété énergétique etc.

Les actions et politiques mises en place par les acteurs publics s'orientent de plus en plus vers les démarches d'écologie industrielle. Cependant, selon les dires de nos interlocuteurs, ces actions apparaissent peu coordonnées entre les différentes institutions et peu intégrées dans des démarches proactives. Ecopal est principalement en charge de l'écologie industrielle. Les institutions (chambre de commerce, agence de développement et de promotion des investissements par exemple) orientent les acteurs intéressés par la mise en place de flux d'écologie industrielle vers Ecopal, mais n'adoptent pas eux-mêmes une véritable stratégie. En d'autres termes, l'écologie industrielle est mise en avant lorsque le besoin est exprimé par un industriel (c'est-à-dire de manière réactive) et moins dans une démarche d'attractivité ou d'appui à la création d'entreprise. De plus, si les grandes entreprises interrogées soulignent les interactions faciles avec les collectivités locales, les petites entreprises regrettent leur faible implication dans les décisions locales.

La gouvernance privée de la symbiose industrielle, qui fait référence aux actions de coordination mise en œuvre par les acteurs privés à Dunkerque, est pilotée par les clubs de zones (industrielles) qui sont rattachés à la chambre de commerce et d'industrie, qui ont pour rôle de mettre en interaction les entreprises, afin par exemple de promouvoir les synergies éco-

industrielles. Néanmoins, les plus petites entreprises soulignent une communication et des interactions insuffisantes entre les petites et les grandes entreprises. Pourtant, de manière générale, selon les dires de nos interlocuteurs, les relations entre les entreprises (principalement les grandes entreprises) sont considérées comme positives pour la mise en œuvre de projets collectifs, facilitées par des événements sociaux favorisant les rencontres et les discussions. Dans le domaine de l'écologie industrielle, la réticence au partage des données, associée au secret industriel et aux aspects concurrentiels (plusieurs entreprises concurrentes se côtoient par exemple au sein de la structure chargée de l'écologie industrielle), freinent toutefois les initiatives. Selon notre interlocuteur de l'AGUR, une possibilité de synergie existe entre deux industriels présents sur le territoire dunkerquois. Néanmoins, ces derniers refusent de collaborer pour des raisons liées aux aspects concurrentiels.

La gouvernance horizontale ou mixte de la symbiose industrielle fait référence aux actions associant simultanément acteurs privés et publics. À Dunkerque, cette gouvernance mixte existe de longue date puisqu'elle s'est concrétisée dès 2001 par la naissance de l'association en charge de la promotion de l'écologie industrielle dans le territoire. Cette association est issue de la volonté des industriels et appuyée par les institutions publiques locales (financée à 20% par les cotisations des entreprises et à 80% par des fonds publics). Elle a pour rôle de promouvoir l'écologie industrielle et de permettre aux entreprises de mettre en place et de développer des synergies éco-industrielles (principalement des synergies de mutualisation). D'après nos interlocuteurs, les actions de cette entité ont plusieurs avantages. Elles permettent, en effet, de donner aux industriels une vision sur les volumes des déchets de chaque entreprise notamment avec l'inventaire des flux réalisé, de réduire le nombre de véhicules de récupération de déchets à travers les collectes mutualisées que l'association organise, d'inciter au respect de la réglementation, de réduire les coûts et optimiser le temps de recherche des prestataires, de sensibiliser les entreprises à acheter localement (développer la collecte et le tri localement), d'établir des synergies caractérisées par une proximité géographique pour réduire les émissions à effet de serre et enfin, de faciliter les échanges, la diffusion d'informations et de connaissances entre les industriels notamment par les visites de sites ainsi que les rencontres qu'elle organise. Cependant, cette structure de petite taille fait face à certaines limites. Elle ne dispose des moyens financiers et humains nécessaires au développement et à l'accompagnement des flux (notre interlocuteur de l'association, confirme qu'ils rencontrent des difficultés pour trouver les compétences humaines répondant à leurs besoins). Ses actions sont considérées comme incomplètes par nos interlocuteurs. Par exemple, l'inventaire des flux réalisé en 2007 reste

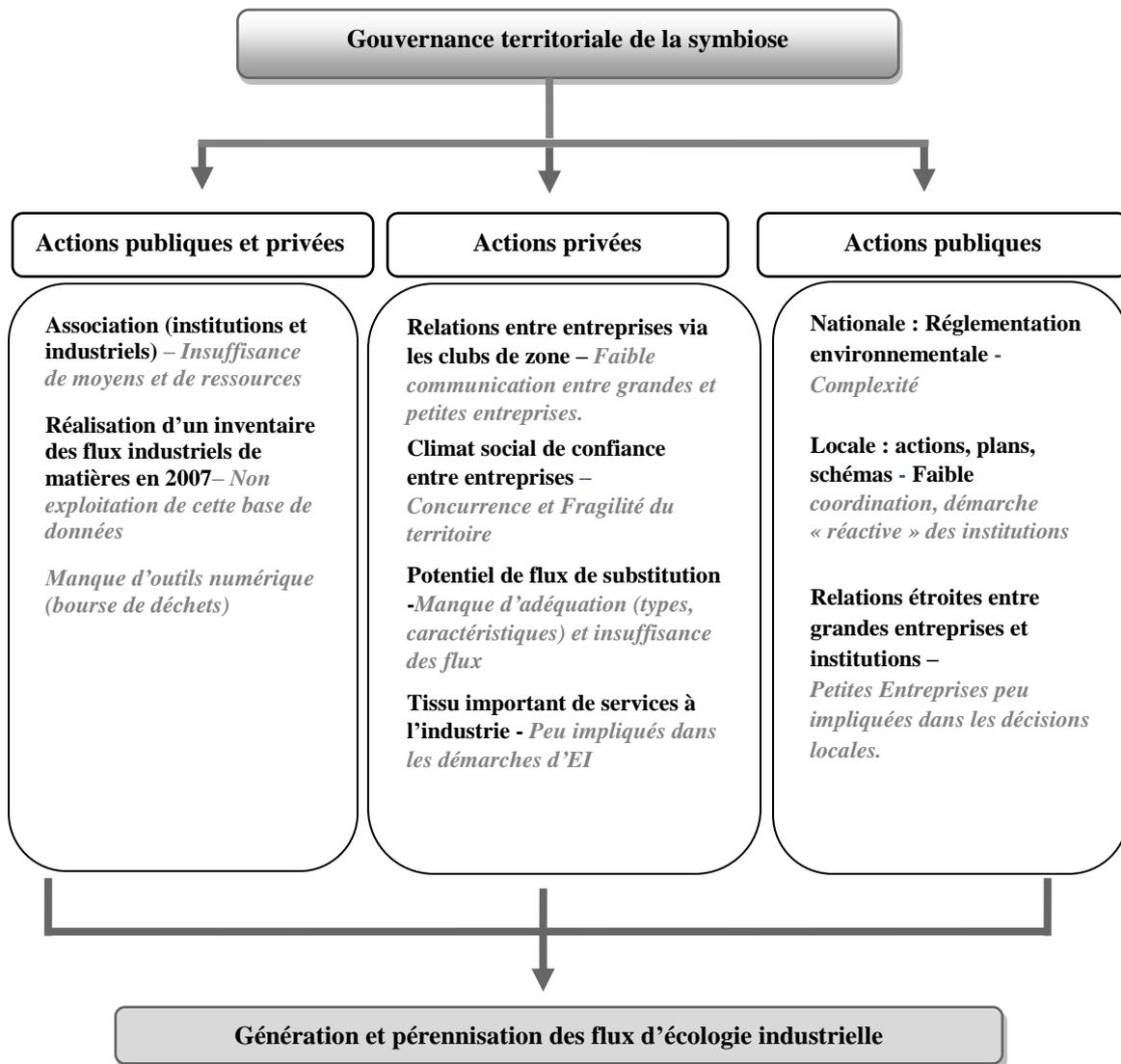
insuffisamment utilisé dans une optique de développement des pratiques et des activités liées à l'écologie industrielle, pour des raisons de confidentialité mais aussi de moyens financiers et humains. Les interlocuteurs réclament également l'absence d'outils numériques qui peuvent être proposés par l'association, facilitant notamment le partage de l'information sur les flux de matières. Certaines entreprises soulignent l'absence de ce qu'elles qualifient une « bourse aux déchets » (entretiens n°1, n°3 et n°6).

Comme nous l'avons évoqué précédemment les grandes entreprises estiment que les actions des structures en charge de la promotion de l'écologie industrielle ne sont pas adaptées à leurs besoins, elles répondent plus aux petites et moyennes entreprises. De fait, l'une des entreprises interrogées a par exemple cessé d'être membre d'une association « *avant il y avait des échanges de bonnes pratiques dans le cadre de la relation avec ce partenaire. Mais depuis 2014 ils se sont arrêtés. Entre l'énergie passée et le gain on a fait un choix. Nous sommes à la recherche de la performance et la réduction des coûts car nous faisons face à une concurrence mondiale* » (entretien n°3).

Il est important de souligner que d'une part l'association n'a pas d'échanges réguliers avec des acteurs clés dans la mise en place de politiques et réglementations environnementales « *pour moi, cette association est beaucoup plus dans l'opérationnel, on n'a pas besoin de les rencontrer très souvent* » (entretien n°23). D'autre part, les relations avec certains organismes locaux ne sont pas assez coordonnées. En effet, un projet de feuille de route d'écologie industrielle a été entamé par l'association avec différents acteurs publics et privés du territoire. L'association a réussi à réunir les acteurs autour de ce projet. Cependant une suite n'a pas encore été donnée au projet par les autres acteurs. Selon un interlocuteur, l'avancement du projet nécessite une coordination plus performante et efficace « *il manque un pilote dans l'avion. L'association n'est pas suffisamment dimensionnée cela n'avance pas à la vitesse nécessaire au développement de l'écologie industrielle sur le Dunkerquois* » (entretien n°1).

Une partie des nouvelles entreprises que nous avons interrogées et dont l'activité s'intègre dans l'écologie industrielle ne connaissent pas cette association. Ceci peut se justifier par l'insuffisance de la communication sur ces actions à l'échelle du territoire dunkerquois.

Schéma 18 : Caractéristiques de la gouvernance territoriale dans l'écologie industrielle à Dunkerque

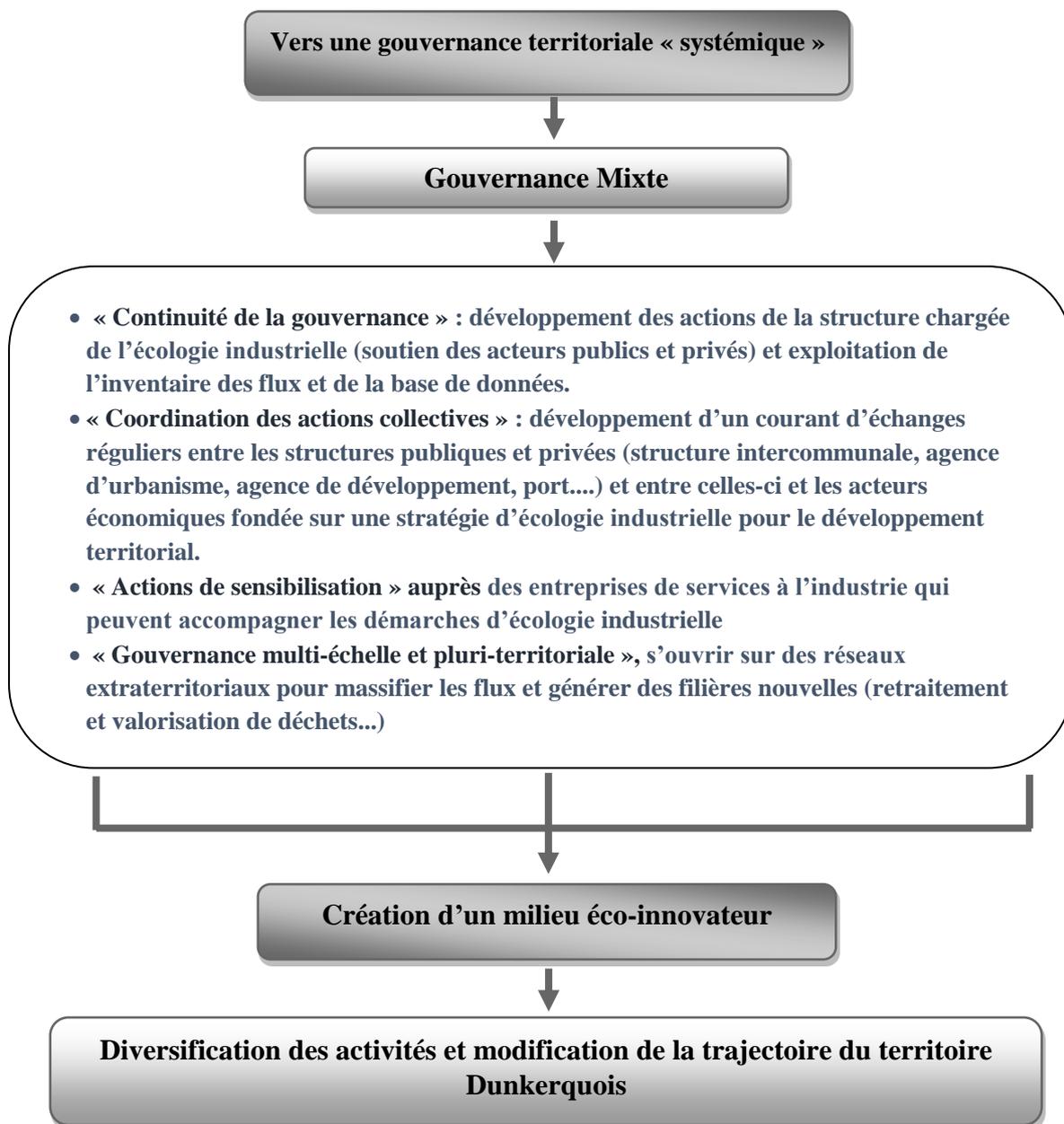


Source : Kasmi *et al.*, (2017)

2.2.2. Vers une gouvernance « systémique » du milieu éco-innovateur de Dunkerque

La gouvernance territoriale de la symbiose industrielle à Dunkerque est essentiellement orientée vers la génération et la pérennisation des flux d'écologie industrielle. Elle comporte des dimensions verticales et horizontales. La gouvernance verticale est à la fois d'origine publique et privée. Néanmoins elle reste « fragmentée » (schéma 18) dans la mesure où les acteurs de ce territoire s'intéressent essentiellement à l'établissement des interactions entre les acteurs économiques, mais ne considèrent pas assez cette démarche comme étant génératrice de dynamique économique, porteuse d'une capacité à modifier la trajectoire industrielle du territoire. Ceci nous amène à réfléchir à une nouvelle forme de gouvernance des projets d'écologie industrielle, qui peut être qualifiée comme une gouvernance « systémique » et qui ne se limite pas à la création et le développement des synergies, mais qui intègre l'organisation de nouveaux types de relations entre les acteurs territoriaux. Ceci afin d'engendrer de nouvelles activités sur le territoire, à partir de l'écologie industrielle. Cette gouvernance dynamique répond aux limites de la gouvernance fragmentée, elle est d'emblée une gouvernance horizontale/mixte et s'appuie sur les interactions entre les acteurs publics et privés.

Schéma 19 : Une gouvernance territoriale systémique



Source : Kasmi *et al.*, 2017

La mise en place d'une gouvernance territoriale systémique nécessite en premier lieu la continuité des actions de gouvernance : outre l'appui initial apporté à l'association de promotion d'écologie industrielle, le renforcement des moyens financiers et humains de celle-ci apparaît essentiel, non seulement dans une optique de gouvernance orientée vers l'initiation le développement des synergies mais aussi dans l'objectif de générer des activités nouvelles. L'actualisation et l'exploitation de l'inventaire des flux réalisé en 2007 et le développement de nouveaux moyens (notamment numériques), permettrait à terme de faciliter l'identification de nouvelles opportunités et de diversifier ainsi les activités par le développement d'éco-industries.

En second lieu et en conséquence, une gouvernance territoriale systémique impose la coordination des actions mises en place par les acteurs publics et privés. La mise en place d'une stratégie commune de développement du territoire fondée sur l'écologie industrielle, co-construite et appropriée par l'ensemble des institutions publiques et privées (la collectivité, l'agence de promotion des investissements étrangers, association d'écologie industrielle, la chambre de commerce et d'industrie, le port, l'agence d'urbanisme, etc.) semble essentielle pour faire de l'écologie industrielle non pas un outil parmi d'autres dans une démarche environnementale, mais un levier dans la construction d'un milieu innovateur. Une telle stratégie pourrait s'appuyer sur un ensemble d'innovations organisationnelles (outils d'information, séminaires et rencontres, etc.) destinés à développer un courant d'échanges réguliers entre les institutions publiques d'une part et entre celles-ci et les entreprises (de grande et petite taille) d'autre part.

En troisième lieu, dans le cas de Dunkerque, il paraît utile de développer des actions de sensibilisation auprès des entreprises de services à l'industrie et de les accompagner dans la mise au point d'offres de services qui pourraient intéresser les entreprises actives ou potentiellement actives en matière d'écologie industrielle. La question qui se pose ici reste néanmoins celle de la rentabilité d'une telle offre, de nombreuses entreprises préférant à l'heure actuelle, pour nombre des services concernés (information, conseil) bénéficier d'un service gratuit.

Enfin, pour aller plus loin et pour intégrer la limite essentielle liée à l'insuffisance des flux de déchets sur le territoire dunkerquois pour générer de nouvelles filières d'activité, l'élargissement du territoire concerné constitue une piste intéressante à explorer. En particulier le développement de l'écologie industrielle sur le territoire de la côte d'Opale (associant les ports de Dunkerque, Calais et Boulogne) peut être porteur de nouvelles synergies et de

nouvelles opportunités de création de filière d'activité. Pour cela, une gouvernance multi-échelle et pluri-territoriale, qui permet d'envisager de nouvelles relations synergiques avec les entreprises et institutions des territoires voisins, devrait être mise en place. Certes ce type projet se heurte notamment d'emblée à la question de la proximité géographique qui reste aujourd'hui un élément déterminant dans la mise en œuvre de l'écologie industrielle. Cependant, sa faisabilité devrait être étudiée.

Conclusion du quatrième chapitre

Ce quatrième et dernier chapitre avait pour objectif de mettre en évidence le rôle du milieu éco-innovateur dans le renforcement de la variété reliée des activités sur le territoire de Dunkerque. Nous avons développé l'idée selon laquelle synergies d'écologie industrielle peuvent relier les nouvelles entreprises aux entreprises existantes. Au travers de la réalisation d'une enquête de terrain nous avons obtenu les résultats suivants :

L'analyse de la variété reliée dans la symbiose industrielle de Dunkerque, s'appuyant sur l'appartenance sectorielle des entreprises, nous a montré que 67% des entreprises industrielles, créées entre 2014 et 2017, opèrent dans des activités similaires ou complémentaires aux activités des entreprises de la symbiose. Les 33% des entreprises restantes sont, quant à elles, non reliées, elles appartiennent donc à des secteurs différents. Ces résultats montrent qu'il y a une proximité cognitive très forte entre ces entreprises qui peut éventuellement permettre le développement de dynamiques d'apprentissage collectif. Les activités des nouvelles entreprises étudiées, sont donc largement liées aux filières du tissu industriel dunkerquois (filières sidérurgique, agro-alimentaire, énergétique...). La majorité de ces entreprises peuvent même être des sous-traitantes des entreprises locales. Elles accentuent davantage la spécialisation industrielle dans l'industrie lourde.

Les résultats de l'analyse de la variété reliée par les flux d'écologie industrielle ont montré qu'un certain nombre de nouvelles entreprises ont mis en place des démarches d'écologie industrielle. En effet, par l'analyse quantitative des sites web des entreprises, 25 entreprises sur les 96 étudiées (dont on dispose de site web) s'intéressent à l'écologie industrielle (ou pour certaines à la protection de l'environnement). Ceci permet de montrer l'intérêt de ces nouvelles entreprises à ces types de démarches et l'existence de potentielles opportunités d'extension de la symbiose de Dunkerque. Par l'analyse qualitative, au travers les entretiens semi-directifs, nous avons pu identifier, entre ces entreprises, celles ayant des synergies dans la symbiose industrielle de Dunkerque. 7 cas d'entreprises ont été étudiés, et sont reliées par les synergies avec les entreprises locales. Ces synergies mettent en relations des entreprises qui n'appartiennent pas forcément aux mêmes secteurs, elles ne se relient donc pas grâce aux similarités ou complémentarités des activités mais par les échanges de flux. Notre étude montre donc que l'écologie industrielle permet de développer une variété reliée basée non seulement sur la proximité cognitive et donc sur la similarités/complémentarité des connaissances et compétences mais aussi une proximité organisationnelle.

En résumé, les résultats de notre enquête ont mis en avant le rôle de l'écologie industrielle dans le développement d'une variété reliée dans la symbiose industrielle. *Ce constat nous permet de valider partiellement notre deuxième hypothèse dans la mesure où le nombre des nouvelles entreprises étudiées reste restreint.*

Il ressort des entretiens auprès des entreprises et institutions, l'existence de nombreuses limites qui empêchent la création des synergies, leur organisation mais aussi rend parfois difficile l'installation de nouvelles entreprises dans la symbiose industrielle. Les problèmes liés aux coûts à la rentabilité des synergies ainsi que la réglementation environnementale représentent les contraintes les plus importantes. Nous avons également pu identifier d'autres dont la source est la fragilité économique territoire. Celles-ci ont un impact sur la pérennité de la symbiose industrielle de Dunkerque (notamment à cause de la délocalisation des entreprises). D'un autre côté, les nouvelles entreprises attirées par les synergies d'écologie industrielle et dont les activités reposent sur l'écologie industrielle peuvent engendrer des impacts négatifs sur le territoire notamment par l'augmentation des risques (installation d'entreprises SEVESO) et des rejets polluants (effets rebond de l'attractivité des entreprises par l'écologie industrielle).

Nous avons étudié les possibilités qu'offrent les activités de service dans la réduction des limites de la symbiose industrielle mais aussi leur implication dans le fonctionnement et l'organisation des synergies. À partir des entretiens, nous avons pu constater que 81% des entreprises font appel à des prestataires externes pour la gestion des flux de déchets, principalement les prestataires de transport et logistique (service de coordination en aval). Mais ils font aussi appel à d'autres services notamment les services de coordination « en amont » (identification de partenaires, partage des connaissances, mobilisation la recherche, (par ex. partenariat avec l'université et les centres de recherche), les services d'aide à la décision (bureaux d'études, conseil, juriste...) et les services de formation. Ces résultats montrent donc l'importance des activités de services dans la symbiose industrielle et les opportunités qui peuvent offrir pour réduire les limites liées aux synergies. D'une part, les activités de service peuvent atténuer les problèmes de coûts et les problèmes techniques (maîtrise des processus de production en faisant appel à des bureaux d'étude, d'ingénierie etc.). D'autre part, elles peuvent améliorer l'organisation des synergies en réduisant les problèmes réglementaires, informationnels, relationnels etc. (fonctions de services permettant la mise à disposition des informations sur la réglementation, les types et caractéristiques des flux, l'identification de partenaires etc.).

En somme, les résultats obtenus à l'issue de l'analyse du tissu de service dunkerquois montrent que les services aux entreprises sont bien présents à Dunkerque et couvrent des domaines assez diversifiés. Leurs fonctions peuvent être porteuses d'un nombre important de possibilités d'interventions dans la mise en place de l'écologie industrielle. Cependant, d'un côté, une grande partie des prestataires de service n'est pas sensibilisée aux préoccupations environnementales ou ne propose pas d'offres de services liées à l'écologie industrielle. D'un autre côté lorsque des offres existent, elles sont marchandes (proposées par des acteurs privés). Or, la majorité des interrogés réclament la nécessité de développer des services non marchands. La réussite des expériences d'écologie industrielle semble dépendre d'une gouvernance territoriale adaptée qui permettra d'organiser les synergies et mettra en relation des différents acteurs. Si la plupart des travaux insistent sur la mise en œuvre d'une gouvernance orientée vers l'initiation et le développement des synergies (appelée ici « gouvernance fragmentée »), nous avons souligné la nécessité de la mise œuvre d'une « gouvernance systémique », mettant en avant le rôle important des acteurs publics et semi-publics dans le développement de la symbiose industrielle. Pour aboutir à cette gouvernance systémique, nous avons mises en avant quelques moyens d'actions fondés sur la continuité et la coordination des actions mis en œuvre mais aussi sur la mise en œuvre d'actions de sensibilisation et de réflexion sur le périmètre territorial adapté à une massification des flux (et la gouvernance multi-échelle et pluri-territoriale qu'elle engendre). *En définitive, la faible implication des activités de services dans la symbiose industrielle de Dunkerque et la gouvernance fragmentée des synergies nous mènent à valider partiellement notre troisième hypothèse.*

Conclusion générale

En cherchant à comprendre les atouts de l'écologie industrielle pour le développement et la transformation d'un territoire industriel, ce travail de thèse s'inscrit dans une approche territoriale. Nous avons en effet étudié les opportunités que l'écologie industrielle peut offrir en termes de développement et de diversification économique des territoires industriels. Notre principale question de recherche a ainsi été la suivante : Par quels mécanismes l'écologie industrielle peut-elle être un moteur de développement et de diversification des activités économiques d'un territoire ?

Pour répondre à ce questionnement, nous avons développé un cadre théorique et conceptuel. Celui-ci se base sur le concept de milieu éco-innovateur qui peut être défini comme un espace géographique, déterminé par un collectif d'acteurs et coordonné par un cadre institutionnel, dans lequel les réseaux d'acteurs se constituent grâce aux multiples interactions. Ce milieu se caractérise par la présence d'externalités positives permettant l'apprentissage collectif à l'origine des dynamiques d'éco-innovation. Cette définition est le résultat d'une combinaison des travaux sur l'écologie industrielle (symbioses industrielles et synergies éco-industrielles) et des théories qui traitent de l'analyse économique du territoire (milieu innovateur, dynamiques de proximité, effets d'agglomération et économies externes). Ce concept permet d'expliquer les mécanismes par lesquels l'écologie industrielle peut contribuer à la création de dynamiques d'innovations sur le territoire. Nous avons pu comprendre que la symbiose industrielle, telle que définie dans la littérature, possède des caractéristiques qui font d'elle un environnement potentiellement propice au développement de l'innovation, en particulier de l'éco-innovation (éco-innovations technologiques et non technologiques). Cette dynamique d'innovation se déclenche par l'activation des logiques d'apprentissage et d'interaction des acteurs renforcées par les formes de proximité (géographique, organisationnelle et cognitive).

La symbiose industrielle, prenant forme d'un milieu éco-innovateur, se caractérise par la présence d'effets d'agglomération et d'externalités positives dont les entreprises peuvent bénéficier. L'existence de ces externalités favorise le maintien et le développement des entreprises qui la composent et renforce l'attractivité de nouvelles entreprises qui s'installeront sur le territoire pour en profiter. Ainsi, le milieu éco-innovateur pourra être à l'origine d'une plus forte attractivité territoriale.

Le milieu éco-innovateur, construit à partir de l'écologie industrielle peut favoriser, selon notre réflexion, l'attractivité de nouvelles entreprises reliées aux entreprises locales. En effet, les

nouvelles entreprises qui s'installent dans le milieu établissent des relations symbiotiques avec les entreprises déjà présentes. Les synergies éco-industrielles peuvent ainsi apparaître comme des indicateurs de variété reliée. Les travaux sur la variété reliée que nous avons mobilisés montrent, en effet, que les dynamiques d'innovations émergent à partir d'un socle pré-existant de connaissances et de compétences. Le concept de variété reliée a mis en évidence que les territoires peuvent se développer en tirant avantages des actifs spécifiques qui dessinent leur trajectoire et donc en s'appuyant sur leurs forces pour développer de nouvelles dynamiques. Les nouvelles opportunités entrepreneuriales porteuses d'externalités positives sont identifiées par les acteurs privés et soutenues par les acteurs publics. L'écologie industrielle pourrait ainsi être considérée comme une activité clé sur laquelle peut s'appuyer une stratégie de spécialisation intelligente pour les territoires industriels.

Pour autant, la réussite ou l'échec des projets d'écologie industrielle dépend de plusieurs facteurs (techniques, économiques, réglementaires, organisationnels, relationnels, humains). Ceux-ci peuvent freiner l'émergence et bloquer les dynamiques propres aux milieux éco-innovateurs. Mais selon nous, le développement d'activités de service et d'une gouvernance territoriale adaptée peut contribuer à la réduction de ces limites et assurer la pérennité du milieu éco-innovateur.

Dans la présente thèse, nous avons appliqué ce modèle d'analyse au complexe industrialoportuaire de Dunkerque. Ce territoire porte un double intérêt pour notre étude. Premièrement, ce territoire se caractérise par la présence d'un ensemble d'actifs spécifiques et secondaires liés à la nature industrielle de ses activités. L'industrialisation planifiée par l'intervention publique a été à l'origine, sur le plan économique, d'une dépendance de sentier issue de la spécialisation (des infrastructures, compétences et connaissances orientées vers des secteurs à faible valeur ajoutée) mais aussi d'externalités négatives en termes de risques et pollutions environnementales qui nuisent tant au bien-être de la population qu'à l'attractivité. Face à ces enjeux, l'écologie industrielle pourrait être considérée comme une voie intéressante pour la modification de la trajectoire vers une diversification des activités économiques. Deuxièmement, le territoire dunkerquois dispose d'un certain nombre d'atouts pour faire de l'écologie industrielle une activité prépondérante dans la construction d'un milieu éco-innovateur. Tout d'abord les pratiques d'écologie industrielle sont anciennes à Dunkerque (elles remontent au début des années 1960) ce qui devrait permettre au territoire de capitaliser les expériences déjà menées. Sur le plan institutionnel également, les collectivités locales ont très tôt intégré les préoccupations environnementales dans leurs actions ; ce qui doit être un élément

clé de l'incitation à la mise en œuvre de pratiques effectives. Pour étudier notre terrain, nous avons mené une enquête basée sur une méthodologie de recherche mixte (analyse quantitative et qualitative) et constituée de trois volets. Chaque volet d'enquête correspond à une hypothèse. De manière générale, le travail de thèse a suivi une démarche scientifique hypothético-déductive qu'il est possible de présenter dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Cadre théorique et méthodologie scientifique de la thèse

Éléments	Commentaire
Problématique de la thèse	L'écologie industrielle peut-elle être un vecteur de développement ou de reconversion d'un territoire industriel ?
Concepts théoriques	<ul style="list-style-type: none"> • Écologie industrielle et symbiose industrielle • Système productif local (SPL) • Milieu innovateur • Dynamiques de proximité • Effets d'agglomération • Économies externes • Trajectoire territoriale (actifs spécifiques et secondaires) • variété reliée • gouvernance territoriale
Démarche scientifique	Démarche hypothético-déductive
Hypothèses de recherche	<p>Hypothèse 1 : L'écologie industrielle permet la création d'un milieu « éco-innovateur »</p> <p>Hypothèse 2 : Par la création d'un milieu « éco-innovateur », l'écologie industrielle oriente la trajectoire économique d'un territoire industriel vers une diversification basée sur la variété reliée</p> <p>Hypothèse 3 : Les activités de service et la gouvernance territoriale des projets d'écologie industrielle réduisent</p>

	les difficultés liées au développement d'un milieu « éco-innovateur »
Terrain d'analyse	Complexe industrialo-portuaire de Dunkerque
Méthodologie empirique	<p>Méthodologie en recherche mixte :</p> <p>Réalisation d'une enquête de terrain constituée de trois volets par des analyses quantitatives et qualitatives:</p> <p><u>Premier volet</u> : analyse qualitative, réalisation d'entretiens semi-directifs via un guide d'entretien auprès des entreprises de la symbiose industrielle.</p> <p><u>Deuxième volet</u> : analyse quantitative et qualitative (bases de données et entretiens) pour étudier les entreprises nouvellement installées.</p> <p><u>Troisième volet</u> : exploitation des résultats des analyses qualitatives (volets 1 et 2) et analyse quantitative (base de données des entreprises de service) pour étudier la contribution des services et de la gouvernance territoriale dans l'organisation de la symbiose industrielle.</p>

La première question à laquelle nous avons tenté de répondre en menant une enquête de terrain est de savoir si la symbiose industrielle de Dunkerque prend la forme d'un milieu éco-innovateur (section 6). Les résultats de notre enquête (premier volet) nous ont tout d'abord permis d'identifier le périmètre de cette symbiose industrielle. En effet, les démarches d'écologie industrielle ont été mises en place à Dunkerque dès les années 1960 avec l'installation de la première unité sidérurgique. Les échanges de flux de matières et d'énergie se sont multipliés peu à peu pour former un réseau composé de synergies éco-industrielles entre différents acteurs du territoire (privés, publics et semi-publics). Les pratiques d'écologie industrielle prennent, principalement, deux formes à Dunkerque : elles se traduisent par des flux de mutualisation (gestion et transport en commun des déchets, comme le carton, plastique, déchets de bureaux etc.) et des flux de substitution/valorisation. Cette dernière forme est la plus porteuse sur le plan économique dans la mesure où les activités des entreprises de la symbiose permettent de générer des flux diversifiés (flux de gaz, flux de chaleur et de vapeur, rejets

d'eaux usées etc.). Dans cette symbiose industrielle, les synergies sont portées par les acteurs privés mais aussi publics (institutions locales) et semi-publics (associations et clubs d'entreprises). Ces derniers interviennent principalement par l'accompagnement des industriels dans la mise en place et surtout dans la promotion des pratiques d'écologie industrielle. La présence de ce réseau de synergies éco-industrielles portées par les différents acteurs témoigne de l'existence d'un collectif d'acteur diversifié et d'un cadre institutionnel qui encadre ce dernier.

Nous avons par la suite montré que la symbiose industrielle de Dunkerque s'est constituée autour de l'industriel sidérurgique qui joue le rôle d'un acteur pivot ou d'unité motrice au sein de celle-ci. Les effets d'entraînement générés par cet acteur se traduisent par : sa contribution à l'initiation des premières synergies sur le territoire (ex : réseau de chaleur urbain), la présence de flux diversifiés donnant la possibilité à d'autres acteurs d'en bénéficier (bénéfices économiques et environnementaux) et la participation à la création de nouvelles activités. La présence de ces effets d'entraînement est un exemple montrant l'existence des effets d'agglomération dans la symbiose industrielle. Ces effets d'agglomération ont joué un rôle dans le développement de dynamiques d'apprentissage. En effet, certains acteurs de la symbiose ont développé leurs capacités d'apprentissage grâce à la mise en place de l'écologie industrielle, notamment, par l'acquisition de nouvelles connaissances et compétences, l'adaptation des processus de production et la mise en place de nouvelles pratiques (organisationnelles notamment). Toutefois, les dynamiques d'apprentissage sont principalement développées au niveau individuel (interne) des entreprises ou des institutions.

Enfin, nous avons examiné l'impact de l'écologie industrielle dans la symbiose, notamment en termes d'éco-innovations. Nous avons montré qu'un certain nombre d'entreprises ont développé différentes formes d'éco-innovations, qui restent néanmoins modestes en nombre et en termes d'impact environnemental. D'une part, les acteurs privés ont mis en place des éco-innovations de produit (écoproduits fabriqués à partir de déchets, comme le biocarburant), de procédé (nouvelles technologies augmentant les possibilités de valorisation) et des éco-innovations organisationnelles (nouvelles pratiques de *benchmark*, nouvelles méthodes de communication). D'autre part, les acteurs publics ont mis en place des moyens et actions pour accompagner les acteurs privés à innover en matière d'écologie industrielle. Ces actions portent en elles des opportunités de changement permettant d'aboutir au développement de dynamiques d'éco-innovations dans le territoire.

En définitive, l'ensemble de ces résultats nous permet de valider partiellement notre première hypothèse. La symbiose industrielle peut être considérée comme un milieu éco-innovateur dans la mesure où elle se caractérise par la présence d'un collectif d'acteurs coordonnés par d'un cadre institutionnel. Les interactions de ces acteurs grâce aux échanges de flux de matières et d'énergie ont formé un réseau éco-industriel autour d'un acteur pivot. Néanmoins, le caractère systémique du milieu éco-innovateur reste insuffisamment présent à Dunkerque. Les dynamiques d'apprentissage sont principalement individuelles et les activités de recherche et développement développées en commun et permettant l'innovation sont peu présentes. De même les actions institutionnelles restent le plus souvent isolées les unes des autres. Les caractéristiques du milieu éco-innovateur sont bien identifiées mais les dynamiques d'éco-innovations qu'il doit générer restent modestes.

L'identification des caractéristiques du milieu éco-innovateur nous a permis d'entamer notre deuxième démarche qui consiste à étudier son rôle dans la diversification des activités du territoire et en particulier dans le développement d'une variété reliée (section 7). Les résultats de notre étude quantitative (deuxième volet), fondée sur la parenté sectorielle entre les nouvelles entreprises et celles de la symbiose industrielle, ont mis en évidence que les nouvelles activités industrielles créées à Dunkerque (entre 2014 et 2017) sont surtout complémentaires ou similaires aux activités des entreprises de la symbiose. Ce type de variété est, selon la littérature, porteur de retombées de connaissance et de dynamiques de développement d'innovation dans la mesure où l'ensemble des secteurs partagent une base de connaissance et compétence commune. Toutefois, pour le cas de Dunkerque la nature des nouvelles activités est largement liée aux filières du tissu industriel (filières sidérurgique, agro-alimentaire, énergétique...) et sont pour une part des entreprises qui répondent aux besoins des entreprises locales (sous-traitance). Ces activités accentuent ainsi davantage la spécialisation industrielle dans l'industrie lourde et renforcent la dépendance au sentier. Ce constat suscite le questionnement suivant : est-ce que la variété reliée étudiée par l'angle de l'appartenance sectorielle et donc reposant principalement sur la proximité cognitive peut être atout pour tous les types de territoires ? Ou bien en particulier pour les territoires intenses technologies à haute valeur ajoutée ?

Face à cette limite, nous avons examiné le rôle de l'écologie industrielle dans le développement de la parenté entre les nouvelles entreprises et les entreprises du milieu. Par l'analyse qualitative, au travers des entretiens semi-directifs, nous avons montré que certaines nouvelles entreprises sont reliées par les synergies d'écologie industrielle aux entreprises du milieu. L'étude des facteurs qui ont déterminé leur installation sur le territoire de Dunkerque a montré

que l'écologie industrielle a joué un rôle important. En effet, en plus des facteurs d'attractivité conjoncturelle et structurelle et donc des externalités qui existent dans le milieu éco-innovateur de Dunkerque (notamment, l'infrastructure adaptée et spécialisée, la main d'œuvre spécialisée, l'accompagnement par les acteurs locaux etc.), la présence de flux de matières et les opportunités de synergies ont été des éléments essentiels dans la localisation de ces nouvelles entreprises. Les synergies éco-industrielles offrent à ces entreprises des possibilités de création de nouveaux marchés et de développement de nouvelles technologies. Ce résultat confirme la contribution de l'écologie industrielle dans le renforcement de l'attractivité territoriale et donc de la diversification des activités. De plus, ces nouvelles activités/entreprises sont reliées aux activités du milieu par les synergies éco-industrielles. Ces synergies mettent en relation des entreprises qui n'appartiennent pas forcément aux mêmes secteurs. Elles ne se relient donc pas grâce aux similarités ou complémentarités des activités seulement mais également par les échanges de flux de matières et d'énergie. *Ce résultat nous permet, ainsi de valider également en partie notre deuxième hypothèse : de nouvelles entreprises s'installent sur le territoire afin de se relier par des synergies éco-industrielles aux entreprises de la symbiose. Pour autant les résultats en matière de diversification (fondée sur une variété reliée) sont pour l'instant embryonnaires, et restreints à quelques nouvelles unités.*

La littérature sur l'écologie industrielle nous enseigne que la constitution des symbioses industrielles se heurte à de nombreuses difficultés. Dans le cas de notre analyse, ces difficultés peuvent freiner le développement et la constitution d'un milieu éco-innovateur. Les deux premiers volets qualitatifs de notre enquête nous ont permis de vérifier ce constat (section 8). Les entretiens auprès des acteurs de la symbiose industrielle ont révélé les nombreuses limites qui contraignent la création des synergies, leur organisation mais aussi l'installation de nouvelles entreprises dans la symbiose industrielle. Ces difficultés sont assez classiques par rapport à celles que l'on trouve dans la littérature : difficultés liées à l'aspect opérationnel des synergies (économiques, techniques, quantitatives (insuffisance de flux...) et à l'organisation des synergies (informationnelles, relationnelles, réglementaires etc.). Elles sont ici renforcées par la fragilité du territoire dont les unités de production installées, y compris l'acteur pivot de la symbiose, sont soumises aux décisions de localisation/délocalisation prises au niveau des centres de décision des groupes multinationaux. La frilosité des industriels pour s'engager dans des projets à long terme et coûteux (comme ceux que nécessitent les flux d'écologie industrielle) est renforcée par cet état de fait. Les problèmes liés aux coûts et à la rentabilité des synergies représentent les contraintes les plus importantes. Ce facteur est primordial dans les

décisions d'établissement des synergies entre les acteurs. De plus, le problème des coûts ressort dans la majorité des entretiens (coûts liés : à la réglementation environnementale, aux processus techniques, à la recherche d'information etc.). Pour les nouvelles entreprises de la symbiose, les limites sont principalement liées aux autorisations de constitution des usines et aussi aux règles liées aux statuts des déchets destinés à être intégrés aux processus de production. Face à cet ensemble de contraintes nous avons formulé l'hypothèse que les fonctions de service et une gouvernance adaptée des synergies éco-industrielles peuvent atténuer les difficultés et contribuer au bon fonctionnement des échanges en assurant une meilleure coordination des synergies dans le milieu éco-innovateur.

En effet, en tant que complexe industrialo-portuaire, le territoire dispose d'un vaste tissu de service à l'industrie. Ce constat est doublement confirmé par le biais d'une part des résultats de l'analyse qualitative réalisée auprès des entreprises et institutions membres de la symbiose industrielle. Ces derniers confirment que les services aux entreprises sont bien présents à Dunkerque et couvrent des domaines assez diversifiés. D'autre part, l'analyse quantitative portant sur l'implication des entreprises de service à Dunkerque (455 entreprises potentiellement impliquées dans l'écologie industrielle) montre également la richesse du tissu industriel à Dunkerque et les nombreuses possibilités offertes par leurs fonctions pour la réduction des contraintes liées au bon fonctionnement des synergies. Or, les deux analyses aboutissent à un même résultat selon lequel ces activités de services sont faiblement impliquées dans la symbiose industrielle. Les interrogés, de fait, mettent en avant la nécessité de développer davantage des services non marchands (accompagnement par les acteurs publics et semi-publics) car les services marchands augmentent les contraintes liées aux coûts qui sont un frein important aux synergies.

Pour approfondir notre compréhension des moyens présents à Dunkerque pour résoudre les difficultés liées à la construction du milieu éco-innovateur et des dynamiques qu'il engendre, nous avons étudié la symbiose industrielle sous l'angle de sa gouvernance. Les résultats montrent que la gouvernance territoriale de la symbiose industrielle à Dunkerque est essentiellement orientée vers la génération et la pérennisation des flux d'écologie industrielle. Elle est à la fois d'origine publique et privée (ce type de gouvernance est qualifiée de mixte dans la littérature). Néanmoins, elle reste « fragmentée » dans la mesure où les acteurs de ce territoire interviennent de manière relativement indépendante. Ils s'intéressent de plus essentiellement à l'établissement des interactions entre les acteurs économiques, mais ne considèrent pas assez cette démarche comme étant génératrice de dynamique collective,

porteuse d'une capacité à modifier la trajectoire industrielle du territoire. Ce constat confirme la nécessité de développer des formes de gouvernance plus systémiques. Une gouvernance territoriale systémique impose la coordination des actions mises en place par les acteurs publics et privés. La mise en place d'une stratégie commune de développement du territoire fondée sur l'écologie industrielle, co-construite et appropriée par l'ensemble des institutions publiques et privées semble essentielle. Une telle stratégie pourrait s'appuyer sur un ensemble d'innovations organisationnelles (outils d'information notamment numériques : bourse de déchets, toiles de déchets et d'énergie interactives, séminaires et rencontres, etc.) destinés à renforcer le courant d'échanges réguliers entre les institutions publiques d'une part et entre celles-ci et les entreprises (de grande et petite taille) d'autre part.

En résumé, les difficultés qui freinent le développement d'un milieu éco-innovateur à Dunkerque sont liées d'une part aux aspects opérationnels des synergies et d'une autre part à l'organisation de celles-ci par les acteurs. Notre hypothèse concernant le rôle que peuvent jouer les services et la gouvernance dans la réduction de ces difficultés n'est elle aussi qu'en partie confirmée dans le cas de Dunkerque. En effet les activités de services marchands (services aux entreprises), bien qu'ils soient très présents à Dunkerque, ne sont pas impliquées dans le fonctionnement de la symbiose industrielle. D'un autre côté la gouvernance de la symbiose industrielle est bien identifiée à Dunkerque mais nécessite d'être de nature plus systémique pour enclencher les dynamiques propres au milieu éco-innovateur (c'est-à-dire favoriser l'attractivité et le développement d'éco-innovations). L'ensemble de ces constats nous permettent de considérer que dans le cas de Dunkerque, les activités de services marchands interviennent peu et que la gouvernance ne joue qu'un rôle partiel dans la réduction des difficultés liées à la construction du milieu éco-innovateur.

L'apport théorique de cette thèse est double et s'inscrit dans les approches territoriales et de l'innovation. Premièrement la proposition du concept de milieu éco-innovateur, qui est au centre de notre modèle d'analyse, peut contribuer à l'enrichissement à la fois de la littérature sur l'écologie industrielle mais aussi de la littérature sur le milieu innovateur. Deuxièmement, ce modèle d'analyse contribue également à apporter une tentative de réponse au débat sur les atouts de la spécialisation ou de la diversification industrielles pour le territoire, en montrant que dans le milieu éco-innovateur, ces deux formes peuvent se compléter en donnant lieu à une variété reliée fondée sur l'écologie industrielle.

L'apport empirique, quant à lui, réside dans un premier temps dans l'application de ce nouveau modèle d'analyse sur un territoire industriel lourd engagé dans une situation de dépendance de sentier et cherchant de nouvelles voies de développement. Dans un deuxième temps, il réside dans l'analyse de ce territoire en s'appuyant sur un travail empirique quantitatif et qualitatif porteur d'enseignements potentiellement utiles aux acteurs publics et privés de ce territoire pour l'établissement de nouvelles politiques de développement et la découverte de nouvelles opportunités entrepreneuriales.

Parmi ceux-ci réside la nécessité de mettre en place une gouvernance plus systémique de la symbiose industrielle (voir plus haut), mais aussi d'actions de sensibilisation auprès des entreprises. En particulier, le tissu de services à l'industrie pourrait permettre d'accompagner la mise au point d'offres de services intéressantes pour le bon fonctionnement du milieu éco-innovateur. D'autant plus que le développement de nouvelles activités de service s'inscrit dans la dynamique d'attractivité de nouvelles entreprises/activités de service grâce à l'écologie industrielle. La question qui se pose ici reste néanmoins celle de la rentabilité d'une telle offre marchande.

Enfin, pour aller plus loin et pallier à la contrainte liée à l'insuffisance des flux de déchets que certaines entreprises rencontrent sur le complexe industrialo-portuaire de Dunkerque, l'élargissement et l'ouverture du territoire à l'extérieur semble intéressant. Ceci pourrait permettre de générer de nouvelles synergies et de nouvelles filières d'activité. Ceci pourrait prendre la forme du développement d'une stratégie d'écologie industrielle associant plusieurs ports français et/ou de la mer du Nord. D'autant plus que la littérature sur les milieux innovateurs souligne l'importance des réseaux extraterritoriaux dans le développement des innovations et de l'apprentissage. Pour cela, une gouvernance multi-échelle et pluri-territoriale devrait être mise en place, d'abord pour étudier la faisabilité d'un tel projet. Celui-ci se heurte notamment d'emblée à la question de la proximité géographique qui reste aujourd'hui un élément déterminant dans la mise en œuvre de l'écologie industrielle.

La méthodologie proposée dans le cadre de cette thèse peut potentiellement ouvrir de nouvelles perspectives permettant l'élargissement de l'étude empirique à de nouveaux complexes industrialo-portuaires. La réalisation d'une comparaison avec d'autres territoires permettra de tirer de nouveaux enseignements, enrichissant la littérature grâce à l'appréhension d'un phénomène (ici, la contribution de l'écologie industrielle au développement territorial) dans des contextes différents. Par exemple, une confrontation du cas de Dunkerque avec les ports du Havre (France), Terneuzen (Pays-Bas) et Zeebruges (Belgique) nous semble intéressante du

fait de leur expérience dans le domaine de l'écologie industrielle et de la taille relativement comparable de leurs complexes industrialo-portuaires (en comparaison des grands ports néerlandais par exemple). En effet, le port de Terneuzen est un complexe industrialo-portuaire situé en Zélande sur l'estuaire de l'Escaut occidental entre Rotterdam et Anvers. Il dispose d'une connexion ouverte avec la mer du Nord et le canal Rhin-Scheldt. Sur le port s'est constitué un Biopark dans lequel les entreprises épaulées par l'autorité portuaire ont développé des synergies éco-industrielles autour d'un ensemble de flux de matières et d'énergie diversifiés (synergies de CO₂, biomasse, énergie etc.). Sous l'appellation «Smart Link», l'autorité portuaire incite et facilite l'exploitation des synergies entre les entreprises.

Le port du Havre (HAROPA) se caractérise également par la présence d'activité industrielle notamment pétrolière. Avec le port de Rouen et de Paris, le Havre a développé une stratégie de développement durable basée sur l'écologie industrielle. En 2007, le port du Havre a initié une démarche d'écologie industrielle qui vise à identifier et mettre en œuvre des synergies entre les différents industriels. L'objectif du port est d'inciter les entreprises à limiter la consommation de ressources et favoriser la valorisation des déchets.

Enfin, le port de Zeebrugge est situé sur le littoral de la mer du Nord en Belgique. Il se caractérise par la présence d'un parc industriel qui relie le port maritime de Zeebrugge au port intérieur de la ville de Bruges. Il dispose d'un certain nombre d'entreprises qui intègrent les démarches d'écologie industrielle, notamment une centrale à turbine à gaz à cycle combiné, une centrale de valorisation énergétique ainsi qu'un incinérateur de déchets solides municipaux. Les travaux sur les initiatives d'écologie industrielle dans ce territoire sont peu importants. Ainsi, il serait intéressant de réaliser des études de recensement des synergies existantes ainsi que de l'implication des différents acteurs dans l'organisation de ces synergies.

Ce travail de comparaison pourrait permettre d'enrichir, en le confortant ou en l'amendant, notre modèle d'analyse du rôle que peut jouer l'écologie industrielle dans le développement et la diversification des territoires industriels.

Bibliographie

ADEME., 2013, *Economie Circulaire : Notions. Fiche technique*. Direction Economie circulaire et déchets, ADEME, Angers.

ADOUE C., 2007, *Mettre en œuvre l'écologie industrielle*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.

AGUR., 2013, *Le Manuel 3 de la région Flandre-Dunkerque, Des clés 2013-2014 pour comprendre le territoire*. AGUR, Dunkerque

AGUR., 2015, *L'éconographe Flandre-Dunkerque 2016 – 2017*. AGUR, Dunkerque

AGUR., 2017, *Tableau de bord trimestriel de l'emploi*. AGUR, n°4 septembre, Dunkerque.

AGUR., 2018, *Tableau de bord trimestriel de l'emploi*. AGUR, n°5 juin, Dunkerque.

ALLENBY B. R., ALLEN D. T., DAVIDSON C. I., 2007, Teaching sustainable engineering. *Journal of Industrial Ecology*, Vol 11, n°1, pp. 8-10.

ALLENBY B. R., RICHARDS D. J., 1994, (éd.), *The Greening of Industrial Ecosystems*, National Academy Press, Washington (DC).

ALLENBY B., 1995, *Industrial Ecology*, Prentice Hall, New Jersey.

ALLENBY B., 1999, Culture and industrial ecology. *Journal of Industrial Ecology*, Vol 3, n°1, pp. 2-4.

ALLENBY B., 1999. Culture and industrial ecology. *Journal of Industrial Ecology*, Vol 3, n° 1, pp. 2-4.

ALLENBY B., 2006, The ontologies of Industrial Ecology? Progress in Industrial Ecology. *An International Journal*, Vol. 3, n° 1/2, pp. 28-40.

ALLENBY B.R., 1992, Industrial Ecology: The Materials Scientist in an Environmentally Constrained World », *MRS Bulletin*, Vol. 17, n° 3, p. 46–51.

AMABLE B., 2000, International specialisation and growth. *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol 11, n° 4, pp. 413 – 431.

ARROW K. J., 1962, The Economic Implications of learning by Doing. *Review of Economic Studies*. Vol 29, pp. 155-73.

ASHEIM B., BOSCHMA R., COOKE P., 2011, Constructing regional advantage. Platform policies based on related variety and differentiated knowledge bases. *Regional Studies*, Vol 45 n° 06, pp. 1-12.

ASHTON W. S., BAIN A.C., 2012, Assessing the "Short Mental Distance" in Eco-Industrial Networks. *Journal of Industrial Ecology*, Vol 16, n° 1, pp. 70-82.

ATMO., 2017, *Bilan territorial de la qualité de l'air 2017*. Conseil Départemental du Pas-de-Calais, ATMO, Dunkerque.

AUDRETSCH D.B., 2006, (eds) *entrepreneurship, innovation and economic Growth*, Edward Elgar.

AUREZ V., LEVY J. C., 2013, (éd.) *Économie circulaire, écologie et reconstruction industrielle ?* CNCD, Paris.

AYDALOT P., 1986a, *Les milieux innovateurs en Europe*, GREMI, Paris.

AYDALOT P., 1986b, Trajectoires technologiques et modèles régionaux d'innovation, in *actes du colloque de l'ASRDLF*, septembre, Paris, pp. 9-18

AYDALOT P., Note sur les économies externes et quelques questions connexes, *Revue économique*, Vol 16, n°6, pp. 944-973.

AYRES R. U., 1989, Industrial Metabolism, in AUSUBEL H., SLADOVICH H. E. (éd.), *Technology and Environnement*, National Academy of Engineering, National Academy Press, Washington, DC, pp. 23 - 49.

AYRES R. U., 1995, Thermodynamics and process analysis for future economic scenarios. *Environmental and Resource Economics*, Vol 6, n° 3, pp. 207-230.

AYRES R. U., 1997, Industrial metabolism: work in progress, *working paper*, INSEAD, Centre for the Management of Environmental Resources, pp. 1-35.

AYRES R. U., NORBERG-BOHM V., PRINCE J., STIGLIANI W. M., YANOWITZ J., 1989, *Industrial metabolism, the environment, and application of materials-balance principles for selected chemicals*. Research report RR-89-1 1, IIASA, Laxenburg.

AYRES R. U., SIMONIS U. E., 1994, *Industrial Metabolism, Restructuring for Sustainable Development*. United Nations University Press, Tokyo, New York, Paris.

BADOT O. 1998. *Théorie de l'entreprise agile*. L'Harmattan, Paris.

BAGNASCO A., TRIGILIA G., 1990, Entrepreneurship and Diffuse Industrialization, *International Studies of Management and Organization*, Vol. 20, n° 4, pp. 22-48.

BAGOULLA C., 2006, Localisation industrielle et spécialisation. Les rôles des infrastructures, des coûts de production et de la taille de marché dans un cadre Nord Sud. *Revue économique*, Vol 57, n° 4, pp. 705-726.

BALLAND P. A., BOSCHMA R., CRESPO J., RIGBY, D., 2017, Smart Specialization policy in the EU: Relatedness, Knowledge Complexity and Regional Diversification, *Papers in Evolutionary Economic Geography*, n°17, pp. 1-33.

BANQUE MONDIALE, 2002, *Rapport sur le développement dans le monde. Des institutions pour le marché*, Washington DC.

BARLES S., 2011, Les chiffonniers, agents de la propreté et de la prospérité urbaine au XIXème siècle, in CORTEEL D., LE LAY S., (dir.), *Les travailleurs des déchets*, Erès, Toulouse, pp. 45-68.

BARLES, 2010, Ecologies urbaine, industrielle et territoriale, in COUTARD O., LEV J. P., *Ecologies urbaines*, Economica-Anthropos, Paris.

BAUCHET P., 1962, *La Planification française, quinze ans d'expérience*. Éd. du Seuil, Paris.

BEAURAIN C., 2008, La Construction d'un territoire à partir des ressources environnementales: L'exemple de l'agglomération dunkerquoise, *Géographie, Economie, Société*, 10, pp. 65-384.

BEAURAIN C., BRULLOT S, 2011, L'écologie Industrielle Comme Processus De Développement Territorial : Une Lecture Par La Proximité, *Revue D'économie Régionale Et Urbaine*, n°2, pp.313-340.

BECATTINI G., 1990, The Marshallian industrial district as a socio-economic notion, in PYKE BECATTINI G., SENGERBERGER W. (Eds.), *Industrial districts and inter-firm co-operation in Italy*, International institute for labour studies, Geneva, pp. 37-51.

BECATTINI G., 1992, Le district marshallien: une notion socio-économique, in BENKO G.B., LIPIETZ A., *Les régions qui gagnent, districts et réseaux*, PUF, Paris.

BEFFA J. L., 2005, *Pour une nouvelle politique industrielle*. La documentation Française. Rapports officiels.

BEGUIN M., 2013, L'histoire des ordures : de la préhistoire à la fin du dix-neuvième siècle. [VertigO] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, Vol 13, n°3, pp. 1-18.

BENUYS J., 2002, *Biomimicry : Innovation Inspired by Nature*, Harper Collins, Londres.

BERNARD C., 1865, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Bailliere, Paris

BERNARD G, LAPOINTE A, LAURIN F., 2003, Les économies d'agglomération et la croissance des régions dans l'union européenne. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, vol. avril, n°2, pp. 209-234.

BERNARD P. J., 1964, La planification française. In, *Annales. Économies, Sociétés, Civilisations*. 19^e année, n° 3. pp. 558- 568.

BILLEN G., TOUSSAINT F., PEETERS P., SAPIR M., STEENHOUT A., VANDERBORGH J. P., 1983, *L'écosystème Belgique : Essai d'écologie industrielle*, Centre de recherche et d'information socio-politiques (CRISP), Bruxelles.

BISHOP P., GRIPAIS P., 2010, Spatial externalities, relatedness and sector employment growth in Great Britain, *Regional Studies*, Vol 44, n°4, pp. 443-454.

BLANCHET A., GOTMAN A., 1992, *L'enquête et ses méthodes : l'entretien*. Nathan Université, Paris.

- BOIRAL O., 2005, Concilier environnement et compétitivité ou la quête de l'éco-efficience. *Revue française de gestion*, Vol 158, pp. 163-186.
- BOIRAL O., KABONGO J. (2004), Le management des savoirs au service de l'écologie industrielle. *Revue française de gestion*, Vol 149, pp. 173-191.
- BONIN B., 1959, Planification indicative et développement économique, par J. BÉNARD et J.-W. HACKETT. Un cahier, 8¾ po. x 11, broché, 73 pages. Paris (2e), 1958. *L'Actualité économique*, Vol 35, n°1, pp. 168-169.
- BOONS F. A., BAAS L. W., 1997, Types of industrial ecology: the problem of coordination. *Journal of cleaner production*. Vol 5, pp.79-86.
- BOONS F., ROOME N., 2001, Industrial Ecology as a Cultural Phenomenon. On Objectivity as a Normative Position. *Journal of Industrial Ecology*, Vol 4, n° 2, pp. 49-54.
- BOSCHMA R. A., 2005, Proximity and innovation: a critical assessment. *Regional Studies*, Vol 39, n°1, pp. 61-74.
- BOSCHMA R. A., FRENKEN K., 2010, The spatial evolution of innovation networks. A proximity perspective, in BOSCHMA R. A. and MARTIN R. (Eds) *Handbook of evolutionary economic geography*. Edward Elgar, Cheltenham, pp. 120-35.
- BOSCHMA R., 2004, Competitiveness of Regions from an Evolutionary Perspective. *Regional Studies*, Vol 38, n°9, pp. 1001-1014.
- BOSCHMA R., 2016, Relatedness as driver of regional diversification: a research agenda. *Regional Studies*, Vol 51, n°3, pp. 1-14.
- BOSCHMA R., BALLANDY P. A., KOGLER D. F., 2014, Relatedness and technological change in cities: the rise and fall of technological knowledge in US metropolitan areas from 1981 to 2010. *Industrial and Corporate Change*, Vol 24, n° 1, pp. 223-250.
- BOSCHMA R., FRENKEN K., 2006, Why is Economic Geography not an Evolutionary Science? Towards an Evolutionary Economic Geography. *Journal of Economic Geography*, n° 6, pp. 273-302.
- BOSCHMA R., FRENKEN K., 2011, Technological Relatedness, Related Variety and Economic Geography, in COOKE P., ASHEIM B., BOSCHMA R., MARTIN R., SCHWARTZ D., TÖDTLING F., *Handbook of Regional Innovation and Growth*, Edward Elgar, Cheltenham, pp.187-210.
- BOSCHMA R., GIANELLE C., 2014, Regional Branching and Smart Specialization Policy, *SRC Technical Reports*, S3 Policy Brief Series, N° 6.
- BOSCHMA R., IAMMARINO S., 2007, Related variety and regional growth in Italy, *SPRU Electronic Working Paper Series*, Paper n° 162, Utrecht University, pp. 1-25.
- BOSCHMA R., LAMBOOY J., 1999, Evolutionary economics and economic geography. *Journal of Evolutionary Economics*, Springer, Vol 9, n°4, pp. 411-429.

- BOSCHMA R., MINONDO A., NAVARRO M., 2013, The emergence of new industries at the regional level in Spain: A proximity approach based on product relatedness. *Economic Geography*, Vol 89, n°1, pp. 29-51.
- BOSCHMA R., 2004, Proximité et innovation. *Économie Rurale*, n° 280, pp. 8-24.
- BOSSILKOV A., VAN BERKEL R., CORDER G., 2005, *Regional synergies for sustainable resource processing: a status report*. Centre for Sustainable Resource Processing, Perth, Western Australia
- BOURG D, BUCLET D, 2005, L'économie de la fonctionnalité. *Futuribles*, n°313, pp. 27-37.
- BOURG D., 2005, La préservation des services écologiques rendus par la nature, in MC Smouts, *Le développement durable, les termes du débat*, Paris, A. Colin, pp. 19-25.
- BOUTILLIER S., BURMEISTER A., LAPERCHE B., MERLIN-BROGNIART C., UZUNIDIS D., KASMI F., 2014, *Le territoire entrepreneurial durable. Étude du Cas de Dunkerque*. Réseau de Recherche sur l'Innovation, Rapport final.
- BOUTILLIER S., LEVRATTO N., DENIS C., 2016, *Les écosystèmes entrepreneuriaux, rencontre entre entreprise et territoire*, Série Smart innovation, Editions ISTE, London.
- BOUTILLIER S., UZUNIDIS D., 1995, *L'ENTREPRENEUR. Une analyse socio-économique*, Economiaca.
- BOUTILLIER, S., UZUNIDIS, D., 1998, *Port et industries du Nord. Clichés Dunkerquois*, L'Harmattan, collection Economie et Innovation, Paris.
- BRAZI R, 2011, PME et agilité organisationnelle : étude exploratoire. *Innovations*, Vol 35, n°2, pp. 29-45.
- BRESCHI S., LISSONI F., MALERBA F., 2003, Knowledge-relatedness in firm technological diversification. *Research Policy*, n°32, pp. 69–87.
- BRULLOT S., 2009, *Mise en œuvre de projets territoriaux d'écologie industrielle en France : vers un outil méthodologique d'aide à la décision*, Thèse de doctorat en aménagement, UTT, Troyes.
- BRULLOT S., MAILLEFERT M., JOUBERT J., 2014, Propositions méthodologiques pour l'analyse de la stratégie des acteurs et des modes de gouvernance de projets d'EI sur des parcs d'activité, *Revue Développement durable et territoires*, Vol. 5 n°1, pp. 1-31.
- BRULLOT, S., M. MAILLEFERT ET J. JOUBERT. 2014. Stratégies D'acteurs Et Gouvernance Des Démarches D'écologie Industrielle Et Territoriale, *Développement Durable Et Territoires*, Vol.5, n°1, pp. 1-26.
- BRUNNER P., RECHBERGER H., 2004, *Practical handbook of Material Flow Analysis*. Lewis Publishers New York.

BUCLET N., 2011, *Ecologie industrielle et territoriale, Stratégies locales pour un développement durable*, Presses Universitaires du septentrion, Lille.

BUSSON F., VILLA P., 1994, Croissance et spécialisation. *Document de travail 94-12*, CEPII, Paris.

CABY J., HIRIGOYEN G., *La création de valeur de l'entreprise*, 3^e édition, Economica, 2005, Paris.

CAMAGNI R., 1991, Introduction : from the local « milieu » to innovation through cooperation networks, in R. CAMAGNI (ed), *Innovation Networks, spatial perspectives*, GREMI, Belhaven Press, pp. 1-9.

CAMAGNI R., 2004, Natural and cultural ressources and the role of the local milieu : towards a theoretical interpretation, in CAMAGNI R., MAILLAT D., MATTEACCIOLI A., (éds), *Ressources naturelles et culturelles, milieu et développement local*, GREMI, EDES, Neuchâtel pp. 291-298.

CARL J. DAHLMAN, 1979, The Problem of Externality. *The Journal of Law and Economics*, Vol 22, n°1, pp. 141-62.

CARRE D., LEVRATTO N., 2012, La problématique de la spécialisation territoriale dans le contexte francilien, Table – Ronde Spécialisation économique des territoires ? Enjeux et opportunités, IAU, 15 mars, Ile-de-France.

CCI, 2016, *Portrait de territoire*, Dunkerque. CCI Hauts de France, édition 2016.

CCI., 2010, *Observatoire des défaillances - bilan de l'année 2016*. Horizon Eco n° 227, CCI, Hauts de France.

CERCEAU J. N., MAT N., JUNQUA G., LIMING G., LAFOREST V., GONZALEZ C., 2014, Implementing industrial ecology in port cities: international overview of case studies and cross-case analysis. *Journal of Cleaner Production*, Vol 74, pp. 1-16.

CERCEAU J., DONSIMONI M., LABARONNE D., MAT N., 2013, Écologie industrielle dans les territoires portuaires du Maghreb, in LABARONNE D., *Villes portuaires au Maghreb : acteurs du développement durable*, Presses des Mines, pp.213-236

CERCEAU J., JUNQUA G., GONZALEZ C., LAFOREST V., LOPEZ-FERBER M., 2014, Quel territoire pour quelle écologie industrielle ? Contribution à la définition du territoire en écologie industrielle, *Développement durable et territoires*, Vol. 5, n°1, pp. 1-21.

CERCEAU J., MAT N., JUNQUA G., 2018, Territorial embeddedness of natural resource management: A perspective through the implementation of Industrial Ecology, *Geoforum*, Vol 89, pp.29–42.

CHENERY H. B., WATANABE T., 1958, International Comparisons of the Structure of Production, *Econometrica*, Vol 26, n°4, October, pp.487-521.

CHERTOW M., 2000, Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, Vol. 25, pp. 313-337.

CHERTOW M., 2004, Industrial Symbiosis, in CLEVELAND C.J. (DIR.), *Encyclopedia of Energy*, Elsevier, Oxford, pp. 407–415.

CHERTOW M., 2007, ‘Uncovering’ Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*. Vol 11, pp. 11-30.

CHESBROUGH H., 2003, *Open Innovation: the New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business School Press, Boston.

CHIA E., TORRE A., REY VALETTE H., 2008, Conclusion : Vers Une Technologie De La Gouvernance Territoriale ! Plaidoyer Pour Un Programme De Recherche Sur Les Instruments Et Dispositifs De La Gouvernance Des Territoires, *Norois*, Vol 4, n°209, pp. 167-177.

CHRISTENSEN J., 2006, The History of the Industrial Symbiosis at Kalundborg, Danemark. Scientific Workshop ‘Frontiers of Research in Industrial Ecology, University of, November 27 – December 1th, Lausanne.

COASE R. H., 2005, *L’entreprise, le marché et le droit, recueil d’articles*, traduit et présenté par Boualem Aliouat, Editions d’organisation.

COASE R. H., 1937, *The nature of the firm*, *Economica*, Vol 4, pp. 386-405.

COMMISSARIAT GENERAL AU DEVELOPPEMENT DURABLE., 2014, Comparaison internationale des politiques publiques en matière d’économie circulaire, *Etudes et Documents*, n° 101.

COPPIN O., 1999, L’ouvriérisation de l’emploi dunkerquois, les impasses d’une marche forcée vers l’industrie lourde dans *Innovations, Cahiers d’économie de l’innovation*, n°10, L’Harmattan, Paris.

COPPIN O., ZIEL J., MUDARD N., 2000, Développement portuaire et milieu innovateur. Le cas de Dunkerque, *Document de travail Lab.RII, ULCO*, n°31.

COPPIN O., 2002, Le milieu innovateur : une approche par le système, *Innovations*, Vol 2, n° 16, pp. 29-50.

COURLET C., 2002, Les systèmes productifs localisés : Un bilan de la littérature. *Études et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, INRA Editions, pp.27-40.

CREVOISIER O., 2001, L’approche par les milieux innovateurs : état des lieux et perspectives. *Revue d’Économie Régionale et Urbaine*, n° 1, pp. 153-166.

CUD., 2015, *Développement durable communauté urbaine de Dunkerque*. CUD, Rapport annuel, Dunkerque.

CUD., 2015, *Intégration d’un volet « Air » au Plan Climat*. CUD, Dunkerque.

D'ARCIMOLES CH.A., TREBUCQ S., 2003, Une approche du rôle de l'actionnariat salarié dans la performance et le risque des entreprises françaises. *Revue de Gestion des Ressources Humaines*, n°48, pp.2-15

DALY H., 1992, *Steady-State Economics*, Earthscann Publications, London.

DANNEQUIN F., DIEMER A., 1999, De l'entropie à la constitution d'un programme bioéconomique. Le grand projet de Nicholas Georgescu-Roegen. *Cahiers du CERAS*, n° 42, décembre 1999, pp. 1-9.

DAUMAS, J-C, LESCURE M., 2014, Les territoires de l'entreprise. *Entreprises et Histoire*, n° 74, pp. 6-21.

Davin L., Deeger L., Paelinck J., 1959, *Dynamique économique de la région liégeoise*. P.U.F.

DE KETELE J. M., ROEGIERS X., 1996, *Méthodologie du recueil d'informations. Fondements des méthodes d'observations, de questionnaires, d'interviews et d'études de documents. Méthodes en sciences humaines*. 3e édition, De Boeck Université, Paris.

DEBREF R, 2016, Pour une approche systémique de l'innovation « environnementale », *Revue d'économie industrielle*, n°155, pp 71-98.

DECOUZON, C., MAILLEFERT, M., 2013, La gouvernance des démarches d'écologie industrielle. Un point de vue institutionnaliste. 3ème Congrès l'Association Française d'Economie Politique, Bordeaux. p. 1-16.

DEMIREL P., KESIDOU E, 2011, Stimulating different types of eco-innovation in the UK: Government policies and firm motivations, *Ecological Economics*, Vol 70, n°8, pp. 1546- 1557.

DENZIN N. K. (1978). *The research act : a theoretical introduction to sociological methods*. McGraw-Hill, New York.

DESROCHERS P., 2002, Industrial ecology and the rediscovery of inter-firm recycling linkages: historical evidence and policy implications, *Industrial and Corporate Change*, Vol 11, n° 5, p. 1031-1057.

DESTANNE DE BERNIS G., 1966, Industries industrialisantes et contenu d'une politique d'intégration régionale. *Économie appliquée*, t. XIX, n°3-4, pp. 415-475.

DESTANNE DE BERNIS G., 1968, Industries industrialisantes et contenu d'une politique d'intégration régionale, *Économie appliquée*, t. XXI, n° 1, pp. 415-475.

DEUTZ P., GIBBS D., 2008, Industrial ecology and regional development: eco-industrial development as cluster policy, *Regional studies*, Vol 10, n°42, pp. 1313-1328.

DIEMER A., 2012, La technologie au cœur du développement durable : mythe ou réalité ? *Innovations*, n° 37, p. 73-94.

- DIEMER A., LABRUNE S., 2007, L'écologie industrielle : quand l'écosystème industriel devient un vecteur du développement durable, *Développement durable et territoires*, pp. 1-26.
- DIMAGGIO P., POWELL W., 1983, The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in Organizational Fields. *American Sociological review*, n°48, p.147-160.
- DIRECCTE., 2014, *Trajectoire socio-économique de la zone d'emploi de Dunkerque*. Les Synthèses de la Direccte n° 34, Nord - Pas-de-Calais.
- DITTER J., 2005, Clusters et terroirs : les systèmes productifs localisés dans la filière vitivinicole. *Reflets et perspectives de la vie économique*, tome XLIV, n° 4, pp. 35-51.
- DJELLAL F., GALLOUJ F., 2009, Innovation dans les services et entrepreneuriat : au-delà des conceptions industrialistes et technologistes du développement durable, *Innovations*, Vol 1, n° 29, pp. 59-86.
- DOVE, R. 1999. Knowledge management, response ability, and the agile enterprise. *Journal of Knowledge Management*, Vol 3, n° 1, pp. 18-35.
- DUMAIS G., ELLISON G., GLAESER E., 1997, Geographic Concentration as Dynamic Process. National Bureau of Economic Research (NBER), Cambridge, MA, *NBER Working Paper* n° 6270.
- DUNKERQUE PROMOTION., 2018, *Innovante et ambitieuse. Etat de la recherche et de l'innovation sur le territoire*. Dunkerque Promotion, AGUR. Dunkerque
- DUNN B. C., STEINEMANN A., 1998, Industrial ecology for sustainable communities. *Journal of environmental planning and management*, n°41, pp.661-972.
- DUPRIEZ P., VANDERLINDEN B., 2010, Une thèse en économie et en gestion : Les voies ouvertes à la création de connaissance, in HADDAR M., *Méthodologie de la recherche doctorale en économie*, Editions des archives contemporaines, Agence Universitaire de la Francophonie, Paris.
- DURANTON G., PUGA D., 2005, From sectoral to functional urban specialization. *Journal of Urban Economics*, n° 57, pp, 343-370.
- DURET B., 2007, Premiers retours d'expériences en écologie industrielle : études de cas en Europe et en Amérique du Nord, Synthèse et perspectives, *Cahiers de la Chaire d'Ecologie industrielle*, pp. 1-60.
- EHRENFELD J., GERTLER N., 1997, Industrial ecology in practice: the evolution of interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology*, Vol 1, n°1, pp. 67-79.
- ELLAWANGER N, BOSCHMA, R., 2013, Who acquires whom? The role of geographical proximity and industrial relatedness in Dutch domestic M&A between 2002 and 2008. *Papers in Evolutionary Economic Geography* (PEEG) 1319, Utrecht University.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, Towards the circular economy. Vol 1: an economic and business rationale for an accelerated transition.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013, Towards the circular economy. Vol. 2: opportunities for the consumer goods sector.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2014, Towards the circular economy. Vol. 3: Accelerating the scale-up across global supply chains.

ELLWANGER N., BOSCHMA R., 2013, Who acquires whom? The role of geographical proximity and industrial relatedness in Dutch domestic M&As between 2002 and 2008. *Papers in Evolutionary Economic Geography* (PEEG), n°1319, Utrecht University,

ELOUAER-MRIZAK S., PICARD F., 2017, Évaluer les stratégies régionales d'innovation et innovation méthodologique. *Revue d'économie Régionale et Urbaine*, n°2, pp. 27-352.

ERHENFELD J., 2004, Industrial ecology: a new field or only a metaphor?. *Journal of Cleaner Production*, n° 12, pp. 825-831.

ERKMAN S., 1997, Industrial ecology: an historical view. *Journal of Cleaner Production*, Vol 5, n°1-2, pp. 1-10.

ERKMAN S., 1998, *Vers une écologie industrielle*, éditions Charles Léopold Mayer.

ERKMAN S., 2001, L'écologie industrielle, une stratégie de développement, *Le débat*, n°113, pp.106-121.

ERKMAN S., 2004, *Vers une écologie industrielle : comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle (2nd édition)*, Editions.

ESSLETZBICHLER J., 2015, Relatedness, Industrial Branching and Technological Cohesion in US Metropolitan Areas. *Regional Studies*, Vol. 49, N° 5, pp. 752–766

EUROSTAT, 2001, Economy-wide Material Flow Accounts and Derived Indicators. A Methodological Guide, *Statistical Office of the European Union*, Luxembourg.

FAN J. P., LANG L. H., 2000, The measurement of relatedness: an application to corporate diversification. *Journal of Business*, n°73, pp. 629–660.

FARJOUN M., 1994, Beyond industry boundaries: human expertise, diversification and resource related industry groups, *Organization Science*, n°5, pp. 185–199.

FLANQUART H., FRERE S. (dir.), 2017, *La ville et ses risques, habiter Dunkerque*. Environnement et Société, Presses universitaires du septentrion

FORAY D., 2009. *Knowledge for growth. prospects for science, technology and innovation*. Technical report, Research Commissioner Janez Potočnik's Expert Group.

FORAY D., 2013, Smart specialization and the New Industrial Policy agenda, Policy Brief n°8, European commission, *Innovation for Growth – i4g*.

FORAY D., 2014, Smart specialization, an Industrial Renaissance in Europe. Federation of Austrian Industries. *Chair of Economics and Management of Innovation*, June 6th, Vienna.

FORAY D., 2015, *Smart specialization: Opportunities and Challenges for Regional Innovation Policy*, Routledge/Regional Studies Association, New York.

FORGER G., MERAL P. (dir), 2002, *Gouvernance 2. Action collective et politique d'environnement*, Bâle, Helbing & Lichtenhahn, Genève, Munich.

FRENKEN K. VAN OORT F., VERBURG T., 2007, Related Variety, Unrelated Variety and Regional Economic Growth, *Regional studies*, Vol 41 n° 5, pp. 685-697.

FRENKEN K., VAN OORT F., VERBURG T., 2007, Related Variety, Unrelated Variety and Regional Economic Growth, *Regional studies*, Vol 41, n°5, pp. 685-697.

FROSCH R. A., GALLOUPOLOS N. G., 1989, Strategies for Manufacturing. *Scientific American*, Vol 261, n°3, pp. 144-152.

FROSCH, R.A., GALLOUPOLOS N.G. 1989, Des stratégies industrielles viables, *Pour la science*, n° 145, pp. 106-115.

FUJITA M., KRUGMAN P., VENABLES A., 2001, *The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade*. Cambridge, MA: MIT Press.

FUJITA T., 2006, *Ecotown Projects. Environmental Industries in Progress*. The Ministry of Economy, Trade and Industry,

GADREY J., 1996, *L'économie des services*, coll. Repères, éd. La découverte.

GAGLIO G., LAURIOL J., DU TERTRE C., 2011, *L'économie de la fonctionnalité : une voie nouvelle vers un développement durable ?*, Octares.

GALIEGUE X., 2012, Le regard de l'économiste : portée et limites de l'innovation environnementale. *Vie & sciences de l'entreprise*, Vol 2, n°191-192, pp. 39-58.

GALLAUD D., LAPERCHE B., 2016, *Economie circulaire et circuits courts écologique industrielle*, ISTE éditions Ltd.

GALLIANO D., NADEL S., 2013, Les déterminants de l'adoption de l'éco-innovation selon le profil stratégique de la firme : le cas des firmes industrielles françaises. *Revue d'économie industrielle*, Vol 142, n° 2, pp. 77-110.

GALLIANO, D., MAGRINI, M. B., TRIBOULET, P., 2015, Marshall's versus Jacobs' Externalities in Firm Innovation Performance: The Case of French Industry, *Regional Studies*, Vol 49, n°11, pp. 1840-1858.

GALLOUJ C., KAABACHI S., 2011, La place des services aux entreprises dans les politiques d'aménagement et de développement régional : typologies, interrogations et contradictions. *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, n°2, pp. 389-409.

GALLOUJ C., LELOUP F., MERENNE-SCHOUMAKER B., MOYART L. (dir), 2006, *Services aux entreprises et développement régional, Bilan et perspectives*, De Boeck, Bruxelles.

- GAROFOLI G., 1985, Industrialisation diffuse en petite entreprise : le modèle italien des années 70, *Cahiers IREP Développement*, n° 9, pp.245–256.
- GAULIER G., 2003, Spécialisation Et Productivités Des Régions Européennes, *Région et Développement*, Vol 17, pp. 161-180.
- GELDRON A., 2012, Peut-on recycler à l'infini ? *Pour la Science*, n°421.
- GERTLER N., 1995, *Industrial ecosystems: Developing sustainable industrial structures*. Master's thesis, Massachusetts Institute of Technology.
- GIBBS D., 2008, Industrial symbiosis and eco-industrial development: an introduction. *Geography Compass*, Vol 2, n°4, pp.1138–1154.
- GIBBS D., DEUTZ P., 2007, Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development. *Journal of Cleaner Production*, vol. 15, p. 1683-1695.
- GIBBS D., DEUTZ P., PROCTOR A., 2005, Industrial ecology and eco-industrial development: A Potential paradigm for local and regional development? *Regional studies*, vol.39 n°2, pp.171-183.
- GIBOUT C., ZWARTEROOK I., 2013, Gérer les risques industriels et la pollution dans le Dunkerquois : une double échelle transactionnelle. *Pensée Plurielle - Parole, pratiques et réflexions du social*, Haute École Charleroi-Europe / De Boeck Supérieur, Vol 33-34, n°2, pp. 131-148.
- GIEC, 2013, *Changements climatiques 2013, Les éléments scientifiques*, Résumé à l'intention des décideurs, Rapport du Groupe de travail I du GIEC.
- GILLY J. P., LUNG Y., 2005, Proximités, secteurs et territoires ; *Cahiers du GRES*, n°09, pp. 1-21.
- GILLY J. P., TORRE A., (eds.), 2000, *Dynamiques de proximité*, L'Harmattan, Paris.
- GILLY J.P., WALLET F., 2005, Enchevêtrement des espaces de régulation et gouvernance territoriale. Les processus d'innovation institutionnelle dans la politique des pays en France. *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, N°5, pp. 699-722.
- GIROUX S. et TREMBLAY G., 2002, *Méthodologie des sciences humaines. La Recherche en action*, Québec, ERPI
- GLAESER E. L., KALLAL H. D., SCHEINKMAN J. A., SHLEIFER A., 1992, Growth in Cities. *Journal of Political Economy*, Vol 200, n°6, pp. 1126-1152.
- GOLDMAN S, NAGEL R, PREISS K, 1995, *Agile competitors and virtual organizations: Strategies for enriching the customer*, New York by Van Nostrand Reinhold.
- GONZALEZ-LAFAYASSE L., 2010, Les chiffonniers bordelais à la fin du XIXe siècle, *Ethnologie française*, Vol 40, n° 3, pp. 521-530.

GRABHER G., 1993, *The Embedded Firm: On the Socio-economics of Industrial networks*. Routledge, London.

GRAEDEL T. E., 1996, On the concept of industrial ecology. *Annual Review of Energy and the Environment*, Vol. 2, pp. 69-98.

GRAEDEL T., ALLENBY E., 1994, *Industrial Ecology*, Prentice Hall, New York.

GRANOVETTER M., 1985, Economic Action and Social Structure: The Problem of embeddedness. *American Journal of Sociology*, Vol 91, n°3, pp. 481-510.

GRAVIER, J. F., 1947, *Paris et le désert français*. Le Portulan, Paris.

GUESNIER B., 1998, Innovative Milieu and regional Development. *Cybergeo : European Journal of Geography*, n°48, pp. 1 – 11.

HACKETT J., HACKETT A. M., 1963, *Economie planning in France*. Allen and Unwin, Londres.

HAMDOUCH A., DEPRET M. H., 2008, La dynamique d'émergence et de développement des clusters et réseaux d'innovation dans les nouvelles technologies et les nouveaux services liés à l'environnement , 3e Forum « L'esprit de l'innovation » - Colloque international « Services, innovation et développement durable », 26-28 mars, pp. 43, Poitiers

HAMMAR H., LÖFGREN A., 2010, Explaining adoption of end of pipe solutions and clean technologies-Determinants of firms' investments for reducing emissions to air in four sectors in Sweden. *Energy Policy*, n°38, pp. 3644–3651.

HAMMER M., GILJUM S., BARGIGLI S., HINTERBERGER F., 2003, Material Flow Analysis On The Regional Level: Questions, Problems, Solutions, *NEDS Working Paper*, n°2, SERI, Hamburg.

HARPET C., GULLY E., 2013, Écologie industrielle et territoriale : quels outils d'aide à la décision ? De l'analyse des flux à l'approche intégrée, Déchets sciences et techniques. *Revue francophone d'écologie urbaine et industrielle*, n°63, pp. 1-11.

HEERES R.R., VERMEULEN W.J.V., DE WALLE F.B., 2004, Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands : first lessons. *Journal of Cleaner Production*, Vol 12, n°8-10, pp. 985-995.

HEIMERIKS G., BALLAND P. A., 2015, How Smart is Specialisation? An Analysis of Specialisation Patterns in Knowledge Production, *Papers in Evolutionary Economic Geography (PEEG) 1531*, Utrecht University.

HENDERSON V., 1997, Externalities and Industrial Development. *Journal of Urban Economics*, Vol 42, n°3, pp. 449-470.

- HÉRAUD J. A., 2017, Vers une approche créative des politiques territorialisées d'innovation : enseignements tirés de la lecture néo-autrichienne de la « découverte entrepreneuriale ». *Innovations*, vol 53, N° 2, 2017, pp. 195-215.
- HERAUD J. A., KAHN R., 2012, L'apport de l'économie géographique et de l'économie de la connaissance à l'analyse des stratégies urbaines, *Programme POPSU2*, pp. 1-23.
- HESHMATI A., 2015, A Review of the Circular Economy and its Implementation, *IZA Discussion*, Paper n° 9611, pp. 1- 61.
- HEWES A. K, LYONS D. I., 2008, The humanistic side of eco-industrial parks: champions and the role of trust. *Regional Studies*, Vol 42, n°10, pp. 1329-1342.
- HIDALGO C. A., KLINGER B., BARABASI A. L., HAUSMANN R., 2007, The product space conditions and the development of nations, *Science*, n°317, pp. 482–487.
- HILDE N., KEITSCH M., 2006, Une approche objective de la durabilité ? Théorie des implications scientifiques et politiques de l'écologie industrielle », *Ecologie & politique* 2006/1, n°32, p. 141-152.
- HOHMEYER O., KOSCHEL H. 1995, *Umweltpolitische Instrumente zur Förderung des Einsatzes integrierter Umwelttechnik*, Mannheim, Deutschen Bundestag.
- HOOVER E. M., 1937, *Location Theory and the Shoe and Leather Industries*. Harvard University Press: Cambridge MA.
- HORVATH G.A., HARAZIN P., 2016, A framework for an industrial ecological decision support system to foster partnerships between businesses and governments for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, Vol 114, pp. 214-223.
- HUMMELS D., KLENOW P., 2005, The variety and quality of a nation's exports. *American Economic Review*, Vol 95, n°3, pp. 704-723.
- INSEE., 2015, NAF RÉV. 2 et CPF RÉV. 2 : guide d'utilisation. INSEE, <https://www.insee.fr/fr/information/2406147>
- JACOBS J., 1969, *The economies of cities*, Vintage, New York.
- JACOBS J., 1984, *Cities and the Wealth of Nations*, New York, Vintage Books.
- JOHNSON R. B., ONWUEGBUZIE A. J., 2004, Mixed Methods Research : A Research Paradigm Whose Time Has Come, *Educational Researcher* N°3, pp.14-26.
- JUGIE J. H., 1993, *Poubelle-Paris : 1883-1896 : la collecte des ordures ménagères à la fin du XIXe siècle*, Sélection du Reader's digest, Paris.
- JUNQUA G., MOINE H., BOUZIDI Y., ABRIAK N. E., DAMIDOT D., 2005, L'écologie industrielle, outil de l'intelligence économique et territoriale. *Conférence Internationale d'Ingénierie Urbaine – technologies innovantes pour les infrastructures et l'habitat*, Lille, October, 12–13, pp. 385-393

KEMP R, PEARSON P., 2008eds, *Final report MEI project about measuring eco-innovation*. STREP, pp, 1 -120. <https://www.oecd.org/env/consumption-innovation/43960830.pdf>.

KIDD T. P., 1994, *Agile Manufacturing: Forging New Frontiers*, London, Addison-Wesley.

KOOIMAN J., 1993, Findings, Speculations and Recommendations, in *Modern Governance*, Londres, Sage.

KORHONEN J., 2000, Completing the industrial ecology cascade chain in the case of a paper industry – SME potential in industrial ecology. *Eco-Management and Auditing*, n°7, pp. 11-20.

KORHONEN J., 2001, Co-production of heat and power: an anchor tenant of a regional industrial ecosystem. *Journal of Cleaner Production*, n°9, pp. 509–517.

KORHONEN J., 2004, Industrial ecology in the strategic sustainable development model: strategic applications of industrial ecology. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 12, pp. 809-823.

KORHONEN J., WIHERSAARI M., SAVOLAINEN I., 1999, Industrial ecology of a regional energy supply system: the case of Jyväskylä region, Finland *Greener Management International*, Vol 26, pp. 57-67.

KORHONEN, J., 2000, *Industrial ecosystem. Using the material and energy flow model of an ecosystem in an industrial system*. Thèse de doctorat, Université de Jyväskylä, Jyväskylä.

KRUGMAN P., 1990, *Rethinking International Trade*. MIT Press.

KRUGMAN, P., 1991, *Geography and Trade*, MIT Press, Cambridge.

LAJUGIE J., 1985, L'élaboration de la théorie économique spatiale et l'apparition de la politique d'aménagement du territoire et de développement régional, in : LAJUGIE J., DELFAUD P., LACOUR C., *Espace régional et aménagement du territoire*, Paris, Dalloz, 2e édition, 987 p., 1er Partie, pp. 5-166.

LAPERCHE B, LEVRATTO N., 2012, The emergence of ecological opportunities and firm's behavior. in LAPERCHE B., LEVRATTO N., UZUNIDIS D. (eds), *Crisis, Innovation And Sustainable Development. The Ecological Opportunity*, Edward Elgar, Cheltenham, pp. 37-66.

LAPERCHE B, PERRIN BOULONNE H, 2017, La dynamique d'évolution du territoire Entrepreneurs et capital savoir territorial, in BOUTILLIER S. (dir.) *Entrepreneuriat et innovation : Contextes et concept*, Business and Innovation, Peter Lang, Bruxelles.

LAPERCHE B., FOURMENTIN S., 2017, *La valorisation de la recherche dans les petites et moyennes universités : le cas de l'Université du Littoral Côte d'Opale*. Ecole d'été RRI, 28 août, Nancy.

LAPERCHE B., Le capital savoir de l'entreprises. *Série Smart Innovation*, Vol 16, Edition ISTE, London.

- LAPERCHE B., LOREK M., UZUNIDIS D., 2011, Crise et reconversion des milieux industrialo-portuaires : dépendance de sentier ou renouveau économique ? Les exemples de Dunkerque (France) et de Gdansk (Pologne). *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, pp. 341-368.
- LAPERCHE B., MERLIN-BROGNIART C., 2016, Ecologie industrielle et développement territorial durable le rôle des services, *Marché et organisations*, Vol 1, n° 25, p. 87-118.
- LAPERCHE B., MERLIN-BROGNIART C., 2016, Ecologie industrielle et développement territorial durable le rôle des services, *Marché et organisations*, Vol 25, n°1, pp. 87-118.
- LAPERCHE B., PICARD F., 2013, Environmental constraints, Product-Service Systems development and impacts on innovation management: learning from manufacturing firms in the French context, *Journal of Cleaner Production*, Vol 53, n°15, August 2013, pp. 118-128
- LAPERCHE B., UZUNIDIS D., 2011, Crise, innovation et renouveau des territoires : dépendance de sentier et trajectoires d'évolution. *Innovations*, Vol 35, n°2, pp. 159-182.
- LAPERCHE B., UZUNIDIS D., 2011a, Responsabilité sociale de l'entreprise et profit. Repenser les objectifs de l'entreprise. *La revue des Sciences de Gestion*, n°247-248, pp. 111-120.
- LECOQ B., 1993, Dynamique industrielle et localisation : Alfred Marshall revisité. *Revue française d'économie*, Vol 8, n°4, pp. 195-234.
- LELOUP F., MOYART L., PECQUEUR B., 2005, La gouvernance territoriale comme nouveau mode de coordination territoriale ?, *Géographie, économie, société*, Vol 7, n°4, pp. 321-332.
- LENHART J., B., VAN VLIET B., MOL P.H., 2015. New roles for local authorities in a time of climate change: the Rotterdam Energy Approach and Planning as a case of Urban Symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, Vol 107, n°16, pp. 593-601.
- LETEN, B., BELDERBOS R., VAN LOOY B., 2007, Technological diversification, coherence and performance of firms. *Journal of Product Innovation Management*, n°24, pp. 567-579.
- LEVY R., FERRU, M., 2016, *Ron Boschma - L'apport de la géographie à la compréhension des mécanismes d'innovation collective*, éditions EMS Management & société.
- LINDBERG, P., 1990, Strategic manufacturing management: a proactive approach. *International Journal of Operation and Production Management*, Vol 10, n°2, pp. 94-106.
- LOISEAU E., JUNQUA G., ROUX P. H., BELLON-MAUREL V., 2012, Environmental assessment of a territory: An overview of existing tools and methods. *Journal of Environmental Management*, Vol 112, n°15, pp. 213-225.
- LOREK M., 2013a, *Pôles de croissance et reconversion des territoires industriels dans une nouvelle économie de marché : étude appliquée au cas de l'économie de Gdansk (Pologne)*, thèse de doctorat, soutenue le 10 décembre 2013.

LOREK M., 2009, Système de production local en transition : état et marche Le cas de Gdansk (Pologne). *Document de travail, Lab.RII ULCO*, n° 222.

LOREK M., UZUNIDIS D., 2013, Transition économique, système de production local et l'entreprise : une approche théorique, *La Revue des Sciences de Gestion*, Vol 259-260, n°1, pp. 143-152

LOREK. M., 2013b, Innovations environnementales et transition des territoires industriels et portuaires : le cas de gdansk (pologne). *Document de travail du lab.RII*, n°273.

LOWE E., MORAN S., HOLMES D., 1996, *Fieldbook for the development of eco-industrial parks*. Indigo Dev.2, final report.

LOWE E.A., 1997. Creating by-product exchanges: strategies for eco-industrial park. *Journal of Cleaner Production*, Vol 5, pp. 57–65.

MAGRINI M. B., GALLIANO D., 2012, Agglomeration Economies, Firms' Spatial Organization and Innovation Performance: Some Evidence from the French Industry. *Industry and Innovation*, Vol 19, n°7, pp.607–630.

MAILLAT D., 1992a, Milieux et dynamique territoriale de l'innovation, *Revue canadienne des sciences régionales*, Vol XV, n°2, pp. 199-218.

MAILLAT D., 1992b, Introduction : la relation des entreprises avec leur milieu, in MAILLAT D., PERRIN J-C. (éds), *Entreprises innovatrices et développement territorial*, Neuchâtel, GREMI, EDES, pp. 3-20

MAILLAT D., 1995, Milieux innovateurs et dynamique territoriale, in RALLET A., TORRE A. (dir) *Economie industrielle et économie spatiale*, Economica, pp. 211-231.

MAILLAT D., 1996, Systèmes territoriaux de production et milieux innovateurs. in *Réseaux d'entreprises et développement local*, Les Éditions de l'OCDE, pp. 75-90.

MAILLAT D., CREVOISIER O., LECOQ B., 1993, Réseaux d'innovation et dynamique territoriale : le cas de l'Arc jurassien, in MAILLAT D., QUEVIT M., Lanfranco Senn (éd.), *Réseaux d'innovation et milieux innovateurs : un pari pour le développement régional*, GREMI/EDES.

MAILLAT D., CREVOISIER O., VASSEROT J. Y., 1992, Innovation et district industriel : l'arc jurassien suisse, in MAILLAT D. et PERRIN J. C. (éds) *Entreprises innovatrices et développement territorial*, Neuchâtel, GREMI, IRER, EDES, pp.105-124.

MAILLAT D., KEBIR L., 1999, Learning region, et systèmes territoriaux de production. *RERU* n°3, pp. 429-448.

MAILLAT D., PERRIN J. C. (94.), 1992, *Entreprises innovatrices et Développement territorial*, Neuchâtel, GREMI, EDES.

- MAILLEFERT M., ROBERT I., 2014, Écologie industrielle, économie de la fonctionnalité, entreprises et territoires : vers de nouveaux modèles productifs et organisationnels ?, *Développement durable et territoires*, Vol. 5, n°1, pp. 1-6.
- MAKI Y., 2009, Kawasaki Eco-Town. Asia 3R Forum, November 11. http://www.uncrd.or.jp/env/spc/docs/1st_3r_forum_presentation/Session2-2g2_Maki.pdf
- MAMELI F., IMMARINO S., BOSCHMA R., 2012, Regional variety and employment growth in Italian labour market areas: services versus manufacturing industries. *CIMR Research Working Paper Series Working Paper N°4*, pp. 1-23.
- MANTOVANI A., TAROLA O., VERGARI C., 2017, End-of-pipe or cleaner production? How to go green in presence of income inequality and pro-environmental behavior. *Journal of Cleaner Production*, Vol 160, n°1, pp. 71-82.
- MARSHALL A., 1890, *Principles of Economics*, Macmillan, Londres.
- MARSHALL A., 1920, *Principles of Economics*. Macmillan, London.
- MARTIN P, OTTAVIANO G. I. P., 1999, Growing locations: Industry location in a model of endogenous growth. *European Economic Review*, n°43, p.281-302.
- MARTIN R., 2011, Regional economies as path-dependent systems: some issue and implications. in COOKE P. et al., *Handbook of Regional Innovation and Growth*, Cheltenham, Edward Elgar, pp.198 – 210.
- MASSE P., 1962, *Histoire, méthode et doctrine de la planification française*, La Documentation française, Paris.
- MASSE P., 1964, Les principes de la planification française, *Weltwirtschaftliches Archiv*, Bd. 92, pp. 113-140.
- MAT N., 2015, Dynamiques de transition dans les territoires portuaires : apport de l'écologie industrielle et territoriale aux processus d'adaptation vers une société bas-carbone. Thèse de doctorat en Sciences et Génie de l'Environnement, ENSM l'École, Saint-Étienne
- MAT N., CERCEAU J., ALIX Y., 2015, *Economie circulaire et stratégies portuaires. Note stratégique et prospective*, Institut Mines-Télécom, Pacte, Fondation Séfacil.
- MATHIEU A., CHANDON J. L., REYNAUD E., 2010, Le développement durable en action: approche par l'éco innovation, Acte de la XIXème Conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique, 2-4 juin, Luxembourg.
- MCDONOUGH W., BRAUNGART M., 2002, *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, North Point Press, New York.
- MEADE J., 1952, External economies and diseconomies in a competitive situation. *Economic Journal*, n° 62, pp. 54-67.

- MENDRAS H., 2002, Les systèmes locaux de production en Europe, *Revue de l'OFCE*, Vol 80, n° 1, pp. 181-186.
- MERLIN-BROGNIART, C., 2017, Nature et dynamique de l'innovation des nouveaux modèles de croissance : le cas de l'écologie industrielle et de l'économie de la fonctionnalité. *Innovations*, Vol 54, n°3, pp. 65-95.
- MILES M.P., COVIN J.G., 2000, Environmental marketing: a source of reputational, competitive and financial advantage. *Journal of Business Ethics*, n°23, pp. 299-311.
- MIRATA, M., EMTAIRAH, T., 2005, Industrial symbiosis and the contribution to environmental innovation: The case of the Landskrona symbiosis programme. *Journal of cleaner production*, Vol. 13, pp. 993-1002.
- MITSCH, W. J., JORGENSEN S. E., 2003, *Ecological Engineering and Ecosystem Restoration*. New York, Wiley.
- MOREAU DEFARGES P., 2011, *La gouvernance*. Presses Universitaires de France, 2011.
- MUDARD N., 2004, *Approches et réalités économiques de l'entrepreneuriat. Etude appliquée aux régions anciennement industrielles, le cas de Dunkerque*. Thèse de doctorat en sciences économiques. Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque.
- MURRAY A., SKENE K., HAYNES K., 2017, The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *Journal of Business Ethics*, Vol 140, n° 3, pp. 369–380.
- NAVE F., 1993, Industrie et environnement : le projet de schéma industriel de la région dunkerquoise. In: Hommes et Terres du Nord, numéro hors-série, *Environnement urbain*. pp. 41-44.
- NEFFKE F., HENNING M., 2008, Revealed Relatedness: Mapping Industry Space. Working Paper Series Number 08.19. *Papers in Evolutionary Economic Geography*, Utrecht University, Utrecht.
- NEFFKE F., HENNING M., BOSCHMA R. A., 2011, How do regions diversify over time? Industry relatedness and the development of new growth paths in regions. *Economic Geography* Vol, 87, pp. 237-265.
- NEFFKE F., HENNING M., BOSCHMA R., 2011, How do regions diversify over time? Industry relatedness and the development of new growth paths in regions. *Economic Geography*, Vol 87, pp. 237–265.
- NELSON R., WINTER S.G., 1982, *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge (Mass.), Belknap Press/Harvard University Press
- NOOTEBOOM B., 2000, *Learning and innovation in organizations and economies*. Oxford University Press, Oxford.
- OCDE, 2005, *Manuel d'Oslo*. 3rd edition.

- OCDE, 2010, *L'éco-innovation dans l'industrie, favoriser la croissance verte : favoriser*, Paris.
- OCDE., 2011, *Spécialisation sectorielle, dans Science, technologie et industrie : Tableau de bord de l'OCDE 2011*, Éditions OCDE, Paris.
- ODUM H. T., SILER W. L., BEYERS R. J., ARMSTRONG N., 1963, Experiments with engineering of marine ecosystems. *Publications of the Institute of Marine Science*, University of Texas 9, pp. 323-403.
- OECD, 2009, *Eco-innovation in industry, Enabling Green Growth*, Paris.
- OECD, 2013, *Innovation-driven growth: The Role of Smart Specialisation*, OECD Publishing.
- OHLIN B., 1933, *Interregional and International Trade*. Harvard University Press: Cambridge, MA.
- OREE, 2008, *Guide, Mettre en œuvre une démarche d'écologie industrielle sur un parc d'activités*. Environnement, Paris.
- OREE, 2016, *Le recueil des démarches d'écologie industrielle et territoriale*, Orée Entreprise, territoire et environnement, mars.
- OREE., 2009, *Mettre en œuvre une démarche d'écologie industrielle sur un parc d'activités*. Guide d'écologie industrielle, Environnement. Paris
- OREE., 2009, *Mettre en œuvre une démarche d'écologie industrielle sur un parc d'activités*. Guide d'écologie industrielle, Environnement. Paris.
- PARSONS S., KRIWOKEN L. K., 2010, Report: Maximising recycling participation to reduce waste to landfill: a study of small to medium-sized enterprises in Hobart, Tasmania, Australia. *Waste Management & Research*, pp. 472-477.
- PAULI G., 2010, *The Blue Economy - 10 years, 100 innovations, 100 million jobs: Report to the Club of Rome*. Paradigm Publications, Taos, New Mexico
- PEARCE D. W., ATKINSON G., 1995, Measuring sustainable development, in Bromley, D-W. (ed.), *The handbook of environmental economics*, Blackwell, Oxford.
- PECQUEUR B., 1997, Processus cognitifs et construction des territoires économiques, in GUILHON B., HUARD P., ORILLARD M., ZIMMERMANN J.B., (dir.), *Economie de la connaissance et organisations. Entreprises, territoires, réseaux*, L'Harmattan, pp. 154-176.
- PECQUEUR B., 2004, Le tournant territorial de l'économie globale, Congrès ACFAS, UQAM, 10, mai.
- PECQUEUR B., 2005, Territoire et gouvernance : quel outil pertinent pour le développement? In FERGUÈNE A., (eds), *Gouvernance locale et développement territorial : le cas des pays du Sud*, L'Harmattan, Paris, p. 27- 48.

PEREIRA A., VENCE X., 2012, Key business factors for eco-innovation: an overview of recent firm-level empirical studies. *Cuadernos de Gestión*, Vol 12, pp. 73-103

PERRIN J-C., 1992, Dynamique industrielle et développement local : un bilan en termes de milieu, in MAILLAT D., PERRIN J-C. (éds), *Entreprises innovatrices et développement territorial*, Neuchâtel, GREMI, EDES, pp. 223-255.

PERROUX F., 1955, Note sur la notion de pôle de croissance, *Economie appliquée*, janvier-juin, pp. 307-320.

PERROUX F., 1955a, Note sur la notion de pôle de croissance, *Economie appliquée*, pp. 307-320.

PERROUX F., 1961, La firme motrice et la région motrice, in *Cahiers de l'ISEA*, Série AD.

PERROUX F., 1982, *Dialogue des monopoles et des nations: équilibre ou dynamique des unités actives*, PUG, Grenoble.

PESQUEUX Y., 2010, Souveraineté et gouvernance. *Prospective et stratégie*, n°1, pp.13-33.

PIICTO, 2018, *Plateforme industrielle & innovation de Caban Tonkin*. Piicto by marseille Fos, Marseille.

PLANQUE B., GAUSSIÉ N., 1998, Milieux innovateurs et développement durable : des mésologies complémentaires, communication au colloque du GREMI, Le paradigme de milieu innovateur dans l'économie spatiale contemporaine, 29 et 30 juin, Paris.

PLUYE P., HONG QN., 2013, Combining the power of stories and the power of numbers: mixed methods research and mixed studies reviews. *Annual Review of Public Health*, n°35, pp. 29-45.

POIROT J, GERARDIN H, 2010, L'attractivité des territoires : un concept multidimensionnel, *Mondes en développement*, Vol 1, n° 149, pp. 27-41.

POIROT J., 2007, De la symbiose industrielle à la ville durable : incidences de la création des écosystèmes industriels et urbains sur la structuration et la gouvernance des territoires. XLIIIème colloque de l'ASRDLF 11-12-13 juillet, Grenoble.

PORTER M. E., 1990, *The Competitive Advantage of Nations*, Macmillan, London.

PORTER M. E., VAN DER LINDE C., 1995, Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, Vol 9, n°4, pp. 97-118.

PORTES A., LANDOLT P., 1996, Unsolved Mysteries: The Tocquevielle Files II, *The American Prospect*, Vol 7, n° 26, pp. 18-21.

PRAGER J. C., 2015, La dynamique économique des territoires. Une introduction. *Revue de l'OFCE*, Vol 7, n° 143, p. 13-74.

PREREZ R., 2003, *La gouvernance de l'entreprise*, nouvelle édition, La découverte, Paris.

PRESTON C., 1977, Entropy, materials, and posterity, *Geologische Rundschau*, Vol 66, pp. 678-696.

PRESTON F., 2012, *A Global Redesign? Shaping the Circular Economy*, Chatham House-The Royal Institute of International Affairs Briefing paper.

PROULX M., 1994, Milieux innovateurs: concept et application, *Revue internationale P.M.E.*, Vol 7, n°1, pp. 63-84.

RALLET A., TORRE A., 2001, Proximité Géographique ou Proximité Organisationnelle ? Une analyse spatiale des coopérations technologiques dans les réseaux localisés d'innovation. *Economie Appliquée*, LIV, 1, p. 147-171.

REGHEZZA-ZITT M., 2011, *La France dans ses territoires*, Armand Colin. Mer.

REY-VALETTE H., CHIA E., MATHE S., MICHEL L., NOUGAREDES B., SOULARD C. T., GUIHENEUF P.Y., 2014, Comment analyser la gouvernance territoriale ? Mise à l'épreuve d'une grille de lecture. *Géographie, économie, société*, Vol 16, n° 1, pp. 65-89.

RIGBY D. L., 2012, The Geography of Knowledge Relatedness and Technological Diversification in U.S. Cities. *Papers in Evolutionary Economic Geography (PEEG)*, n° 1218. Utrecht University, Utrecht.

ROMER P., 1986, Increasing Return and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, Vol 94, n°5, pp. 1002-1037.

RUBINSTEIN M., 2006, Le développement de la responsabilité sociale de l'entreprise. *Revue d'économie industrielle*, Vol. 113, n°1, pp. 5-5.

SCHALCHLI P. (Coord), 2011, *Rapport COMETHE*, Mémoire scientifique, Rapport pour l'ANR, miméo.

SCHUMPETER J.A., *Théorie de l'évolution économique : recherche sur le profit, le crédit, l'intérêt et le cycle de la conjoncture (traduction française 1935)*, UQAC, 1911, disponible à l'adresse : http://classiques.uqac.ca/classiques/Schumpeter_joseph/theorie_evolution/theorie_evolution.html

SCITOVSKY, T., 1954, Two Concepts of External Economies. *Journal of Political Economy*, Vol 62, pp. 143- 151.

SHARIFI H., ZHANG Z. 1999, A methodology for achieving agility in manufacturing operations: an introduction. *International Journal of Production Economics*, Vol 62, n° 1/2, pp. 7-22.

SILVERMAN D., 2006, *Interpreting Qualitative Data : Methods for Analysing Talk, Text and Interaction*. (2nd ed.), Sage, London ; Thousand Oaks ; New Delhi.

SILVERMAN D., 2009, *Doing qualitative research*. (3rd ed.), Sage, London ; Thousand Oaks ; New Delhi.

STAHEL W. R., REDAY-MULVEY G., 1981, *Jobs for tomorrow: The potential for substituting manpower for energy*, Vantage Press.

STAHEL W., 2006, *The Performance Economy*, Palgrave Macmillan.

SU B., HESHMATI A., GENG Y., YU X., 2013, A review of the circular economy in China: Moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 42, pp. 215-227.

TABARIES M., 2005, Les apports du GREMI à l'analyse territoriale de l'innovation ou 20 ans de recherche sur les milieux innovateurs, *Cahiers de la Maison des Sciences Economiques*, CNRS, pp. 1-22.

TIBBS H., 1992, Industrial Ecology: An Environmental Agenda for Industry, *Whole Earth Review*, pp. 4 -19.

TIBBS H., 1993, *Industrial ecology. An environmental Agenda for Industry*. Global Business Network, Emeryville, CA.

TILLEY D. R., 2003, Industrial Ecology and Ecological Engineering: Opportunities for Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, Vol 7, n° 2, pp. 13-32.

TORRE A., 2010, Jalons pour une analyse dynamique des Proximités, *Revue d'économie régionale et urbaine*, n° 3, pp. 409-437.

TORRE A., BEURET J.E., 2012, *Proximités territoriales. Construire la gouvernance des territoires, entre conventions, conflits et concertations*, Economica-Anthropos, Paris.

TORRE A., TANGUY C., 2014, Les systèmes territoriaux d'innovation : fondements et prolongements actuels, in Réseau de Recherche sur l'Innovation. *Principes d'économie de l'innovation*, Business & Innovation, Peter Lang, Bruxelles, pp. 307-320.

TRAIMOND P., 1968, Le renouvellement de la théorie du rôle des industries motrices dans le développement », *Revue économique*, Vol 19, n°2, pp. 268-301.

UZUNIDIS D., 2007, De la méthode de recherche économique, *Marché et organisations*, Vol 3, n° 5, pp. 101-106.

UZUNIDIS D., 2007, Entreprises, Entrepreneurs et milieux innovateurs : quelles politiques territoriales de compétitivité ?, *Humanisme et Entreprises*, n° 28, pp. 57-73.

UZUNIDIS D., 2010, Innovation et proximité. Entreprises, entrepreneurs et milieux innovateurs, *Revue des sciences de gestion*, n° 241, pp. 13-22.

VAN BEERS D., CORDER G., BOSSILKOV A., VAN BERKEL R., 2007, Industrial Symbiosis in the Australian Minerals Industry. The cases of Kwinana and Gladstone. *Journal of Industrial Ecology*, Vol 11, n°1, pp. 55-72.

VAN OORT F., DE GEUS S., DOGARU T., 2014, Related Variety and Regional Economic Growth in a Cross-Section of European Urban Regions, *European Planning Studies*, pp. 1-18.

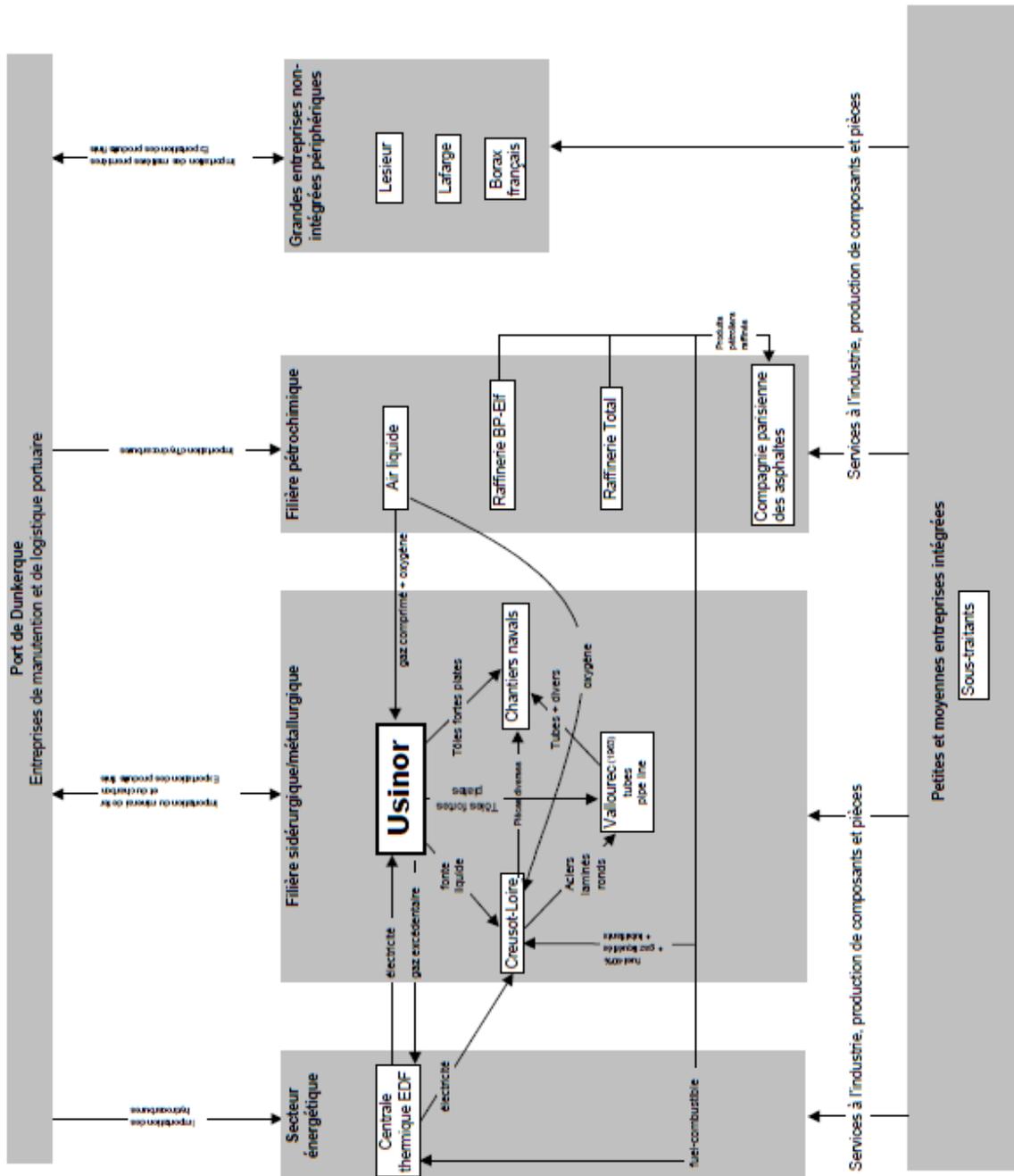
- VELENTURF A., JENSEN P., 2016, Promoting industrial symbiosis: using the concept of proximity to explore social network development. *Journal of Industrial Ecology.*, Vol 4, n°20, pp. 700-709.
- VELEVA V., TODOROVA S., LOWITT P., ANGUS N., NEELY D., 2014, Understanding and addressing business needs and sustainability challenges: lessons from Devens eco-industrial park. *Journal of Cleaner Production*, Vol 87, pp. 375–384.
- VENDETTE N., COTE V., 2008, *L'écologie industrielle en 42 mots*. In *Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTÉI)*. Qu'est-ce que l'écologie industrielle, pp. 5-49.
- VERMERSCH D., 2004, Cultures et élevage : entre échelle et gamme de production, quels enjeux économiques et éthiques ? *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, Vol 11, N°4, pp. 5- 9.
- WANG M. F., MING Y. M., HU P., LU S., Framework of eco-industrial park development based on circular economy: a case study of Ningbo chemical Industry zone. *Sciences. Geogr. Sin.*, Vol 28, n°5, pp. 624-630.
- WATANABE C., Industry-Ecology, 1972, *Introduction of Ecology into Industrial Policy*. Ministry of International Trade and Industry (MITI), Tokyo.
- WELLS P., ORSATO R. J., 2005, Redesigning the Industrial Ecology of the Automobile. *Journal of Industrial Ecology*, Vol 9, n°3, pp. 15-30.
- WILLIAMSON O.E., 1985, *The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets and Relational contracting*, The Free Press, a Division of Macmillan, Inc., New York, traduit en français (1994) *Les institutions de l'économie*, InterEdition, Paris.
- YANA S. D., 1993, Un essai de triangulation méthodologique : La recherche sur les relations entre la fécondité, la famille et l'urbanisation chez les Bamiléké et les Bèti (Cameroun). *Bulletin de l'APAD*, n°6, pp. 1-5.
- YOON S., NADVI, K, 2018, Industrial clusters and industrial ecology: Building 'eco-collective efficiency' in a South Korean cluster. *Geogorum*, Vol 90, pp. 159–173.
- ZIEL J., 1998, Attractivité et reconversion industrielle. Les investissements étrangers directs à Dunkerque, *Document de travail du Lab.RII- ULCO*, n°18.
- ZIMMERMANN J.B., L'entreprise et le territoire, partenaires pour créer et développer. *Annales des mines*, Création et espace, pp. 44 – 48.
- ZIMMERMANN J.B., 2008, Le territoire dans l'analyse économique, proximité géographique et proximité organisée, *Revue Française de gestion*, Vol 184, pp. 105-118.
- ZUKIN S., DI MAGGIO P., 1990, *The social organization of the economy*, Cambridge University Press, Cambridge.

Annexes

Annexes Chapitre 3

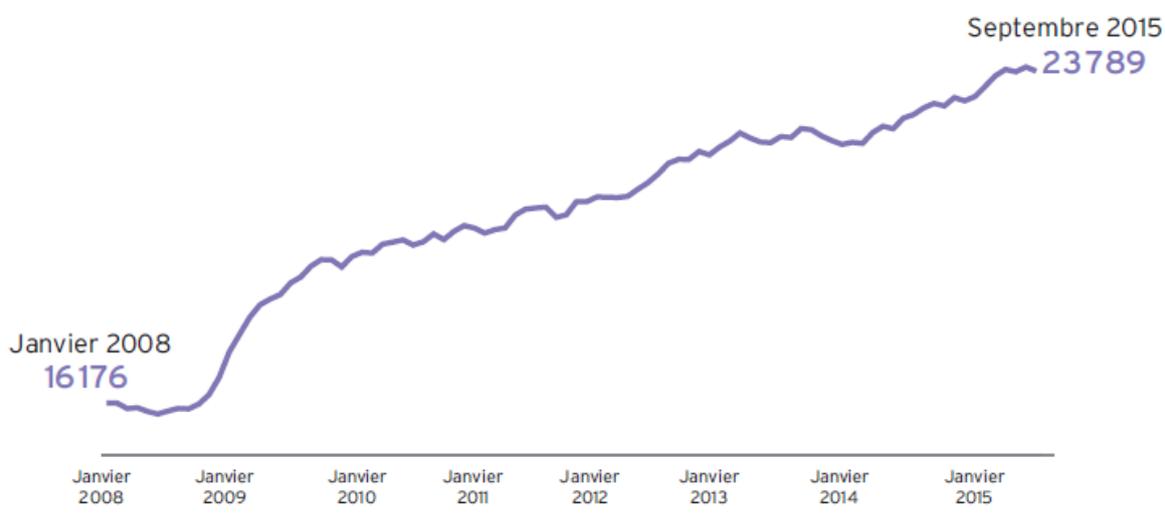
Section 5

Annexe 1 : Présentation des filières et grandes unités industrielles du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque (années 1970)



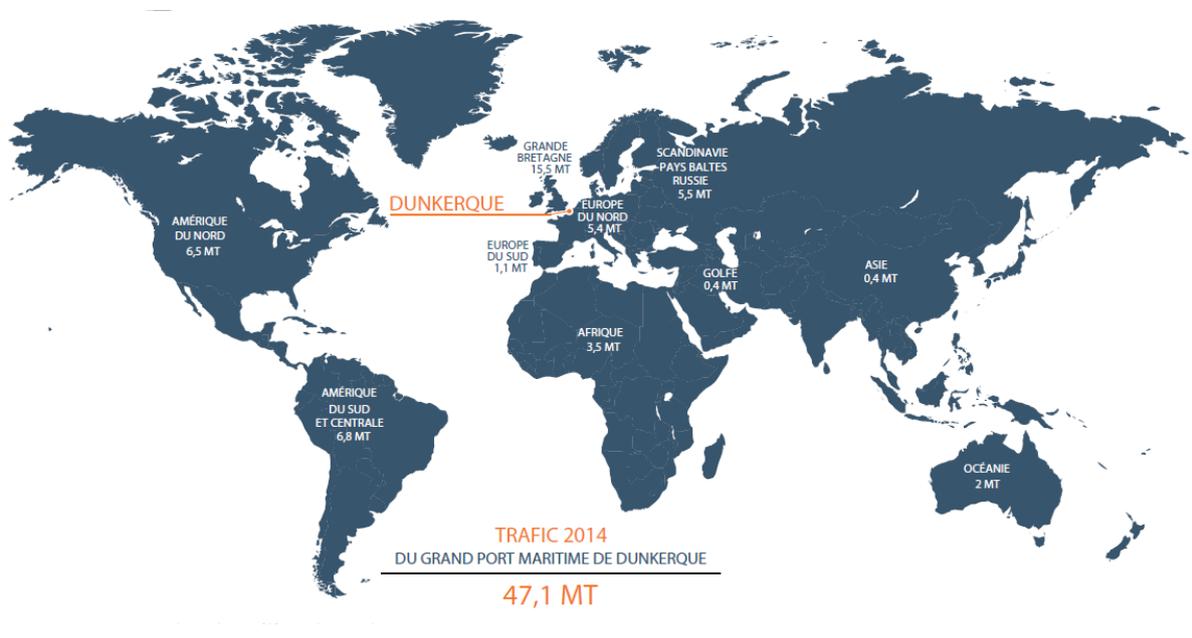
Source : Ziel (1998)

Annexe 2 : Évolution du nombre de demandeurs d'emploi dans la région Flandre-Dunkerque



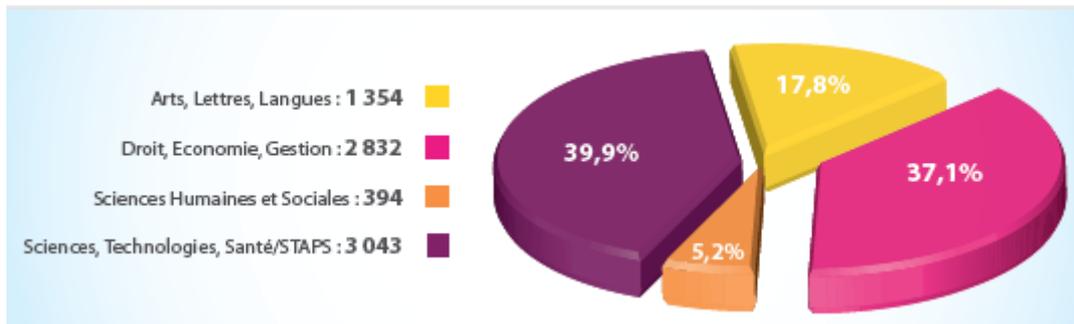
Source : AGUR (2015)

Annexe 3 : Répartition mondiale des trafics portuaires



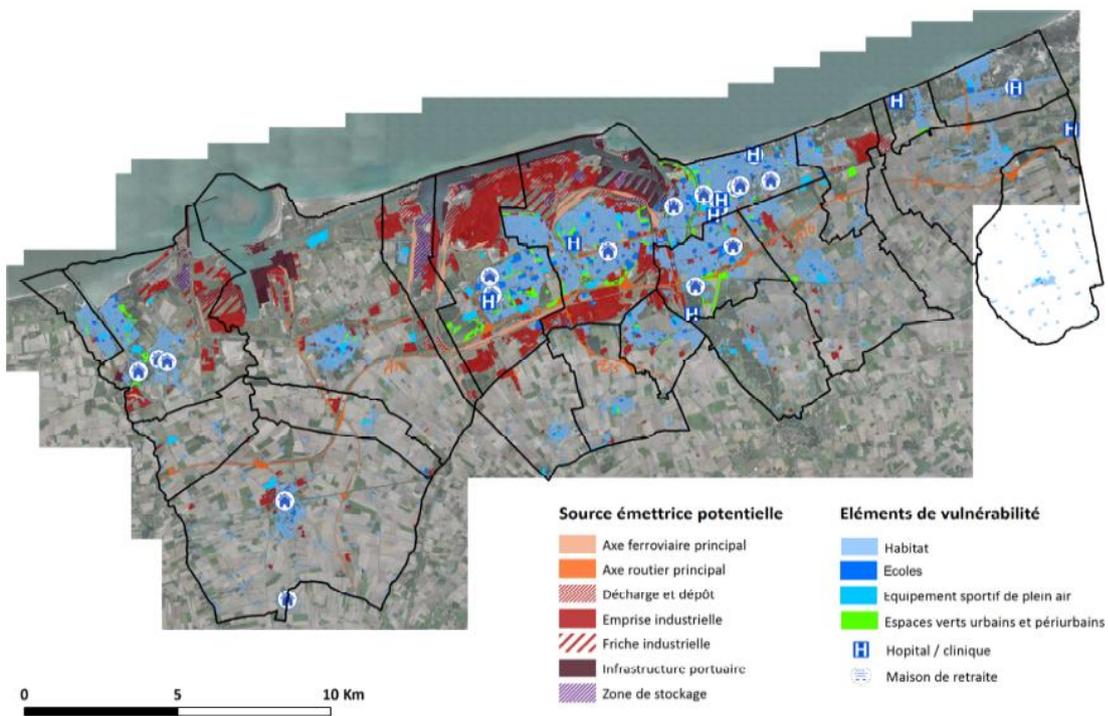
Source : AGUR (2015)

Annexe 4 : Domaines de formation de l'Université du Littoral Côte d'Opale de Dunkerque



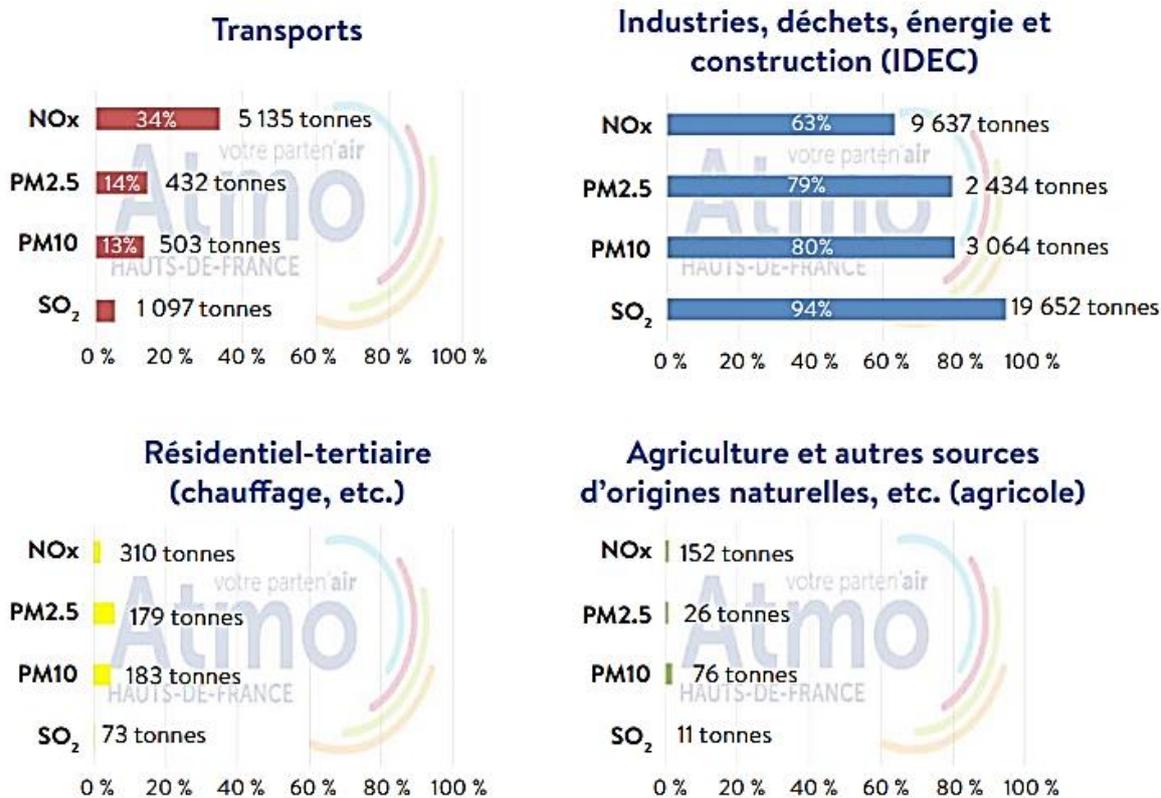
Source : ULCO (2015)

Annexe 5 : Localisation des zones industrielles et d'habitat de la CUD



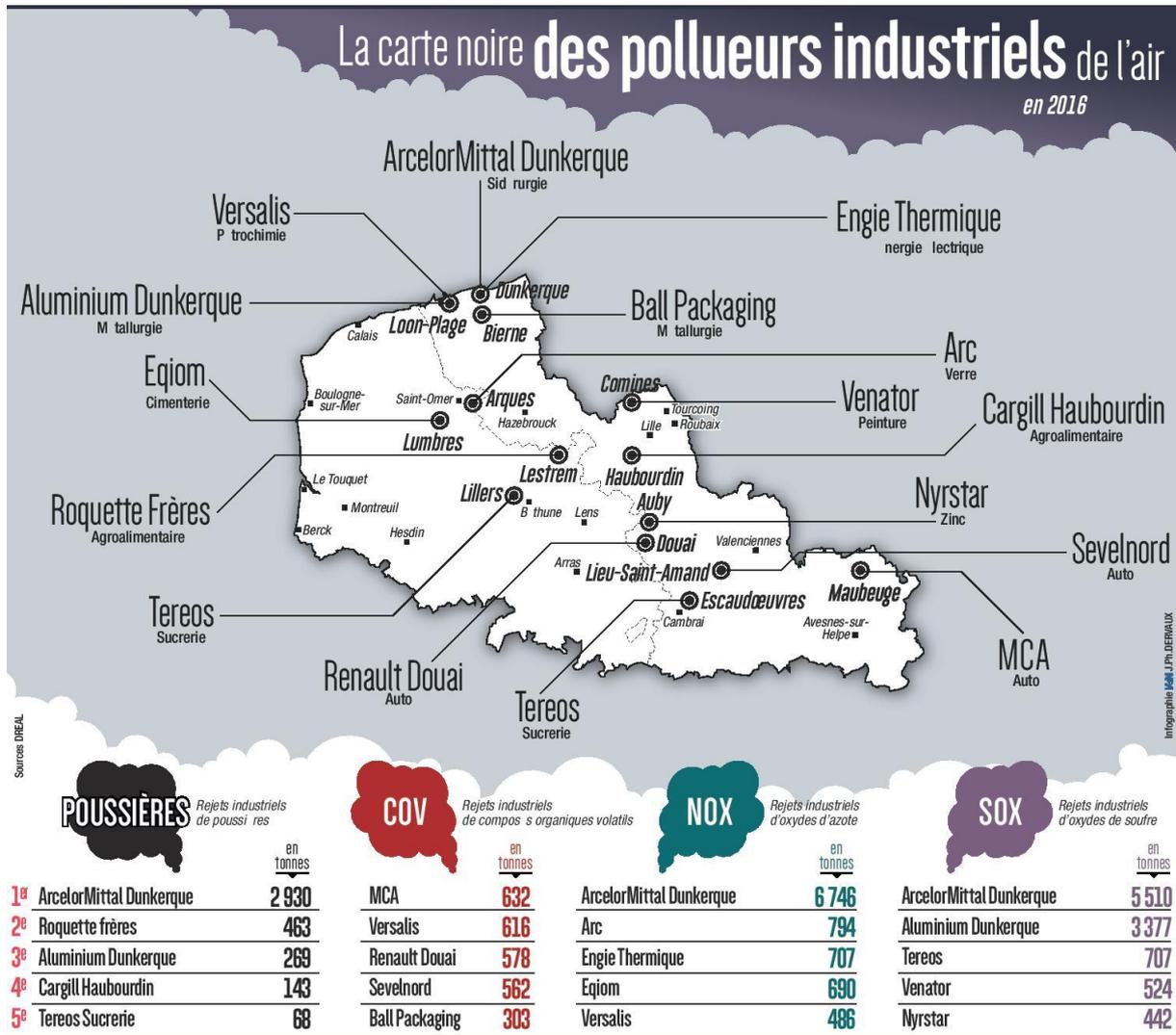
Source : CUD (2015)

Annexe 6 : Les principaux polluants atmosphériques à Dunkerque



Source : ATMO (2017)

Annexe 7 : Les grands polluants industriels de la région Hauts de France (2016)



Source : Dreal (2016)

Section 6

Annexe 8 : Guide d'entretien pour les entreprises de la symbiose industrielle de Dunkerque

Cible : Grande entreprise ou entreprise très impliquée dans l'EI

Objectif de l'entretien :

Problématique globale de l'enquête : Comment l'écologie industrielle peut être un moteur de développement et de diversification d'un territoire ?

- *Problématique générale : quelle stratégie de l'entreprise en matière d'écologie industrielle (valorisation des déchets comme ressources, minimisation des pertes par dissipation, dématérialisation, énergies décarbonées) ?*
- *Recenser les motivations et les difficultés liées à la mise en place de l'écologie industrielle*
- *Identifier l'impact de l'écologie industrielle sur l'entreprise et sur le territoire*
- *Recenser les services environnementaux utilisés par l'entreprise et ceux proposés aux clients*

1- IDENTITE DE L'ENTREPRISE

- *Nom :*
- *Adresse :*
- *Nombre de salariés :*
- *Appartenance à un groupe :*
- *Secteur d'activité :*
- *Date d'installation à Dunkerque :*
- *Pour quelles raisons (quels facteurs d'attractivité) ?*

2- HISTORIQUE ET CARACTERISTIQUES DE L'ECOLOGIE INDUSTRIELLE

- Est-ce que votre entreprise pratique l'écologie industrielle ou une stratégie environnementale (ex ACV, RSE, ...) ?
 - o Oui
 - o Non
- En quoi consiste l'écologie industrielle dans votre entreprise ?
(*Mutualisation, substitution et valorisation*)

Type de flux	Date	Partenaire (acteur privé ou public)
Mutualisation		
Substitution et valorisation		

- Comment avez-vous construit cette synergie (ou avez-vous eu l'information sur le type de déchets) ?
- Quels sont les facteurs qui ont favorisé la coopération ?

- Avez-vous cessé une synergie ?
- Si oui, pour quelles raisons ?

3- MOTIVATIONS DE LA MISE EN ŒUVRE D L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE

- Quelles sont vos motivations de la mise en œuvre de l'écologie industrielle ?

1 : pas important du tout...3 : très important

Motivations	1	2	3
Réduction de coûts			
Si oui, l'avez-vous chiffrée ?			
Nouveaux marchés (vente de déchets)			
Élimination de déchets encombrants ou dangereux, réduction des rejets			
Marketing-image			
Pression sociale			
Respect des réglementations environnementales ? (Avoir un comportement proactif par rapport aux réglementations)			
Répondre à une demande d'une partie prenante			
<i>Si oui, de quelle partie prenante s'agit-il ?</i>			
S'adapter à la stratégie de votre groupe			
Imiter d'autres entreprises du secteur			
Dépendance énergétique			
Autres raisons ? (précisez ci-dessous)			

- Commentaire :

4- DIFFICULTES RENCONTREES

- Quelles difficultés éventuelles avez- vous rencontrées (ou rencontrez-vous) dans la mise en œuvre de l'écologie industrielle ?

1 : pas important du tout...3 : très important

Difficultés	1	2	3
- Technique (stabilité des déchets, continuité des flux, nécessité de retraitement)			
- Économique - <i>Activité peu rentable,</i> - <i>Transport trop coûteux ou générant trop d'externalités),</i> - <i>Manque de financement</i>			
- Informationnelle (l'information nécessaire n'est pas disponible)			
- Infrastructurale (les infrastructures ne sont pas disponibles)			
- Réglementation (pas d'incitation)			
- Organisationnelle - manque de compétences en interne (lesquelles ?) - manque de prestataires externes			
- Relationnel (par ex. manque de confiance des autres entreprises)			

- Etre dépendant des flux d'une autre entreprise (degré de dépendance : Fort, moyen, faible)			
- Risques liés aux synergies			
- Autres ? (Précisez ci-dessous)			

- Commentaire :

5- IMPACTS DE L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE SUR L'ORGANISATION INTERNE

- Avez-vous développé des compétences en interne sur ce sujet ?
 - o Oui
 - o Non
- *Si oui, lesquelles ? Comment-ont-elles été développées ? (par expérience, par formation)*
- Avez-vous modifié des postes dans le cadre de cette stratégie ? (ex. commerciaux dédiés à cette activité, autres ?)
- L'échange de flux a-t-il permis de développer de nouveaux produits, services ou technologies éco-innovants ?
- Avez-vous développé de nouveaux modes de communication ou pratiques de gestion au sein de votre entreprise ? (organisation des échanges de flux)
- Avez-vous développé de nouvelles méthodes de commercialisation permettant d'assurer la rentabilité des produits/technologies ou services éco-innovants ?

6- PRESTATAIRES EXTERNES : GESTION DE FLUX

- Utilisez-vous des prestataires externes dans la gestion de flux (conseil, transport...) ?
 - o Oui
 - o Non
- *Si oui, s'agit-il d'un prestataire (public, privé, parapublic) ; Quel type de service offert ?*

*service de coordination notamment en aval (par ex. identification de partenaires, partage des connaissances) puis veille et diffusion d'information)	
* mobilisation de la recherche, (par ex. partenariat avec des laboratoires de recherche). Dans quels domaines scientifiques ?	
*Services logistique –fonction « support » dans la réalisation (transport-logistique - traitement des	

déchets, services des eaux, autres services proches de l'industrie)	
* service d'aide à la décision (conseil en environnement, en écologie industrielle, juridique, organisationnel...).	
* service de formation (formation des commerciaux, chercheurs ingénieurs...)	
*Autres (précisez)	

- Est-ce que ces prestataires de services répondent correctement à vos attentes ? Y-a-t-il des domaines non couverts ?

7- QUESTIONS D'OUVERTURE / RELATIVES EGALEMENT A ECOPAL

- Faites-vous partie d'un réseau d'acteurs qui pratique l'EI ? Avez-vous bénéficié de l'expérience d'autres entreprises ? En local, national ?
- Quels sont les atouts de l'écologie industrielle pour le territoire dunkerquois ?

Liens avec l'association ECOPAL :

Depuis quand êtes-vous chez Ecopal ? Historique

En quoi cette structure vous a aidé ?

- Quel est votre rôle au sein de cette institution (communication, partage d'expérience, rôle administratif...) ? A-t-il évolué au cours du temps ?
- Travaillez-vous en coordination avec d'autres institutions locales : CUD ? AGUR ? CCI-CO ? Dunkerque Promotion, etc. ?
- Quelles sont, selon vous, les limites de l'action de ce type de structure
- Pensez-vous que le tissu de services liés à l'écologie industrielle présent à Dunkerque est :
 - o Suffisant
 - o Insuffisant

En vous remerciant pour votre collaboration

Annexe 9 : Participation aux événements locaux liés à la thématique de l'écologie industrielle

Evénements	Institutions	Dates
Ateliers sur l'écologie industrielle	CUD	18 avril 2016
Visite du site Chimirec	ECOPAL	29 mai 2017
Rencontre CESER Centre-Val de Loire sur la thématique de l'écologie industrielle	ECOPAL	1 ^{er} juin 2017
Conférence de Suren Erkman	CUD	6 juillet 2017
Conférence sur L'histoire du port	Musée portuaire de Dunkerque	26 octobre 2017
Soirée à l'occasion du démarrage de l'entreprise Aliphos	Centre Des Jeunes Dirigeants D'entreprise (CJD) et Dunkerque Promotion	21 novembre 2017

Annexe 10 : Présentation détaillée des principales entreprises de la symbiose industrielle de
Dunkerque

ArcelorMittal est un leader mondial dans le domaine de l'acier et des mines. C'est un acteur important de l'industrie sidérurgique française. Il représente 70 % des emplois et de la production de ce secteur. Le Groupe emploie aujourd'hui 20 000 salariés à travers le pays. ArcelorMittal dispose de deux unités de production : l'usine de Sollac Mardyck et celle de Dunkerque qui est située à proximité du grand port maritime. Ce site s'étend sur 7 km² et emploie plus de 3300 salariés. Sa position stratégique sur les côtes de la Mer du Nord facilite l'accès aux matières premières nécessaires à la fabrication de l'acier.

Ball Packaging : Ball Packaging Europe s'est implanté en Europe fin 2002 suite au rachat de la société Schmalbach-Lubeca par la compagnie d'emballage américaine Ball. Le groupe est présent en France au travers de deux usines, une située à Bierne (près de Dunkerque) et l'autre située à la Ciotat près de Marseille. En effet, les deux usines françaises fabriquent des boîtes de boissons de 33cl destinées à contenir des sodas, jus de fruits et bières. L'usine de Bierne a été construite en 1989 et emploie 242 salariés. C'est une usine mono produit, elle fabrique uniquement le corps des boîtes de boisson d'une capacité de 33cl en acier.

Baudelet Environnement : Créé en 1964, le groupe Baudelet Environnement propose aux collectivités, entreprises et particuliers de la région Hauts de France des services en matière de collecte, de traitement et de valorisation des déchets. Il dispose d'un Eco-parc de 300 hectares, situé à Blaringhem (à 60 km de Dunkerque) où sont regroupés trois pôles d'activités : « déchets », « ferrailles et métaux », « matériaux » ainsi qu'un réseau régional de centres éco-tris et de déchetteries. Le groupe valorise environ 500 000 tonnes de matières par an. Il a implanté plusieurs points de collecte et de pré-tri dans toute la région (Dunkerque, Blaringhem, Calais...). Ces derniers sont principalement situés dans les zones de concentration industrielle.

Dalkia : En 2001, la société Dalkia devient l'une des filiales du groupe Veolia Environnement et signe un accord stratégique avec EDF. Elle offre des services énergétiques depuis 1998. Les prestations Dalkia visent à optimiser les performances techniques, économiques et environnementales des installations : ingénieries technique, financière et sociale, achats et transformation d'énergie, gestion déléguée, maintenance et services multi-techniques. L'entreprise opère dans plusieurs domaines : logements, bâtiments publics, immeubles de bureaux, plates-formes industrielles, ensembles hospitaliers.

Grand Port Maritime de Dunkerque : le port de Dunkerque est le 3ème port français. Il est réputé comme port de grands vracs destinés à ses nombreuses implantations industrielles. Classé 7ème port du Range nord européen qui s'étend du Havre à Hambourg. Situé sur la Mer du Nord, entre Paris, Londres et Bruxelles, il offre plus de 500 emplois. Ses installations permettent de recevoir tous les types de marchandises et les grands navires. Il s'étend sur une longueur de 17 km et comporte deux entrées maritimes : l'une à l'Est, la plus ancienne, limitée aux navires de 14,2 mètres de tirant d'eau (le Port Est), l'autre à l'Ouest, plus récente, qui permet d'accueillir des navires jusqu'à 22 mètres de tirant d'eau (le Port Ouest).

Dk6 GDF Suez : La centrale DK6 est née d'une convergence d'intérêt entre ArcelorMittal et GDF Suez. D'une part, Arcelor souhaitait valoriser ses gaz sidérurgiques issus de leur process, et d'autre part, GDF Suez souhaitait développer son offre de service suite à l'ouverture des marchés de l'énergie (gaz et électricité). Le chantier a débuté en Décembre 2003 pour une mise en service en Mai 2005. Le site occupé par la centrale thermique DK6 était auparavant occupé

par la société Gagneraud Industrie qui valorisait les laitiers et co-produits de la sidérurgie pour en faire des matériaux pour le BTP. Le site de DK6 partage une frontière avec le site d'Arcelor et emploie 47 salariés.

Ryssen Alcool : Ryssen Alcools est spécialisée dans la distillation d'alcool d'origine agricole depuis 1829. Elle est composée de 46 salariés. Sa capacité de production totale atteint les 6 000 hectolitres par jour. Le site de production se situe à Loon-Plage, dans le port de Dunkerque, et se divise en deux unités de rectification et de déshydratation. Ryssen Alcools exploite également son propre parc de stockage, dont la capacité permet d'entreposer sur site une large variété d'alcools et de répondre aux commandes de 150 clients répartis dans 36 pays du monde entier.

Daudruy : Daudruy Van Cauwenberghe fabrique et commercialise depuis plusieurs générations des graisses et huiles végétales, des huiles marines et des corps gras animaux. Ses compétences acquises au long de ces décennies lui ont permis de se développer constamment et de compter parmi ses clients les grandes entreprises alimentaires, Zootechniques, Oléochimiques et diverses autres industries.

Dillinger France, implantée depuis 1992 à Dunkerque, elle appartient au groupe allemand Dillinger spécialisé dans la Production de tôles fortes en Acier. Dillinger France fabrique des tôles fortes. Il s'agit de grandes plaques d'acier qui mesurent jusqu'à 28 mètres de long, 4 mètres 50 de large, sur 20 centimètres d'épaisseur. Ce sont des produits de niches. L'entreprise fabrique des pipelines qui sont destinées à être installées dans les mers, les zones froides, par exemple à l'Alaska et donc dans des conditions climatiques et techniques très contraignantes. L'entreprise est également spécialisée dans la production de plaques, ouvrages d'art, des ponts, des poutres.

Befesa Valera : est une filiale du groupe espagnol Befesa. C'est une entreprise spécialisée dans le traitement de résidus métallurgiques des aciéries inox. Elle fait le traitement de résidus riches en quantités importantes de métaux nobles comme le chrome, le nickel et le zinc. Installée à Gravelines (à proximité de Dunkerque) depuis 1997, cette entreprise a développé des procédés de recyclage de métaux sidérurgiques. Elle est composée de 80 salariés.

Suez Eau France : Lyonnaise des Eaux est devenue aujourd'hui Suez eau France, elle appartient au groupe Suez Environnement spécialisé dans le domaine de l'eau et de la gestion des déchets. Le groupe dessert 91 millions de personnes en eau potable et 63 millions en services d'assainissement, et assure la collecte des déchets de 57 millions de personnes dans le monde et les valorise sous toutes ses formes. La filiale de Dunkerque spécialisée dans la gestion et la distribution d'eau ainsi que l'exploitation des stations d'épuration du territoire. L'entreprise a été installée à Dunkerque pour répondre à des problématiques d'alimentation en eau. Elle a participé à la construction d'un réseau d'eau potable pour alimenter le Dunkerquois.

Annexe 11 : Les entreprises interrogées (16 entreprises)

Entreprises	Secteur d'activité	N° d'entretien(s)	Nombre de salariés	Date de son installation sur le Dunkerquois	Interlocuteurs	Date d'entretien
Sidérurgiste	Sidérurgie, Métallurgie	1	Plus de 3000	2001	Service environnement et risque technologique	03 juin 2014 <i>Actualisé le 18 janvier 2018</i>
Producteur d'électricité	Production d'électricité	2	1900	1980	Service ancrage territorial	10 avril 2018
Producteur d'aluminium	Production, transformation et négoce d'alliages et aluminium	3	1000	1991	Service coordination Environnement Aluminium Dunkerque	26 mai 2014 <i>Actualisé le 27 septembre 2017</i>
Sidérurgiste 2	Sidérurgie	4	540	1962	Service sécurité environnement	18 juillet 2017
Port	Trafic maritime, Entreposage, Plate-forme multimodale, stockage de produits généraux	5	300 à 399	1700	Direction	27 mai 2017
Entreprise de gestion et distribution d'eau	Captage, traitement et distribution d'eau	6	250	1996	Direction	02 novembre 2017
Entreprise de collecte et de traitement de déchets	Collecte, traitement et valorisation des déchets	7	240	1964	Service commercial du pôle déchets	27 mai 2014
Producteur d'emballage métallique	Fabrication d'emballages métalliques légers	8	242	1989	Service développement durable et Communication	04 juin 2014

Entreprise de valorisation de déchets métalliques	Sidérurgie – valorisation de résidus métallurgiques	9	80	1990	Direction générale	02 novembre 2017
Entreprise d'exploitation de chauffage	Exploitation de chauffage	10	20 à 49	1998	Ingénierie d'affaires	25 juin 2014
Centrale thermique	Production d'électricité	11	47	2002	Service QHSE	19 novembre 2014
Producteur d'huiles végétales	Fabrication graisses et huiles végétales	12	20 à 49	1829	Direction et service Sécurité & Environnement	17 novembre 2014 <i>Actualisé le 07 juillet 2017</i>
Producteur d'alcool	Production d'alcool	13	42	2006	Direction	06 novembre 2014
Entreprise de chaudronnerie	Chaudronnerie : fabrication tôlerie, tuyauterie, serrurerie industrielle, chaudronnier	14	20 à 49	1987	Direction	07 mai 2014
Entreprise de commerce de gros équipements automobiles	Vente des pneus, prise en charge des véhicules des clients	15	20 à 49	1981	Direction	17 juillet 2017
Entreprise de transport et logistique	Transports routiers de fret interurbains	16	20 à 49	1971	Direction	28 mai 2014

Annexe 12 : Les institutions interrogées (9 institutions)

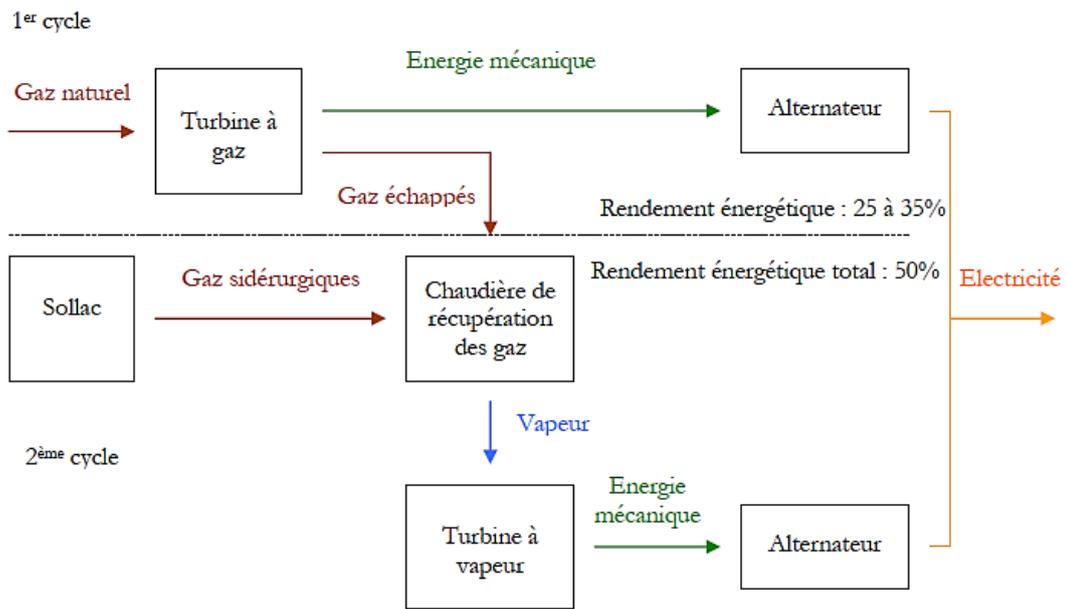
Institutions	Secteur d'activité	N° d'entretien	Date de création	Interlocuteurs	Date d'entretien
Agence de développement économique	Agence de Développement Économique	17	1991	Direction	28 mai 2014 Actualisé le 19 juillet 2017
Club d'entreprises 1	Le club permet, entre autre, aux chefs d'entreprise d'échanger leurs expériences et de mettre en place des projets collectifs	18	2008	Responsable	Mai 2014
Club d'entreprises 2	Redynamiser les zones industrielles de la Samaritaine et de Saint Gobain ainsi que la Chaussée des Darses	19	2002	Président	13 mai 2014
Structure intercommunale française	Collectivité française	20	1968	Service innovation et développement industriel	Novembre 2014
Structure chargée de l'écologie industrielle	Promotion et Développement de l'écologie industrielle	21	2001	Président	14 avril 2014
Commune	Commune française	22	1978	Service développement durable	10 juillet 2017
Direction régionale de l'environnement	Institution publique (direction régionale environnement aménagement logement)	23	2009	Département environnement	11 août 2017
Agence d'urbanisme	Agence d'urbanisme	24	1972	Direction	18 juin 2018
Université	Enseignement supérieur et recherche académique	25	1991	Vice-présidence	16 mai 2018

Annexe 13 : Réseau de Chaleur de Dunkerque



Source : Hampikian, 2015

Annexe 14 : Cycle combiné de fabrication d'électricité – Dk6

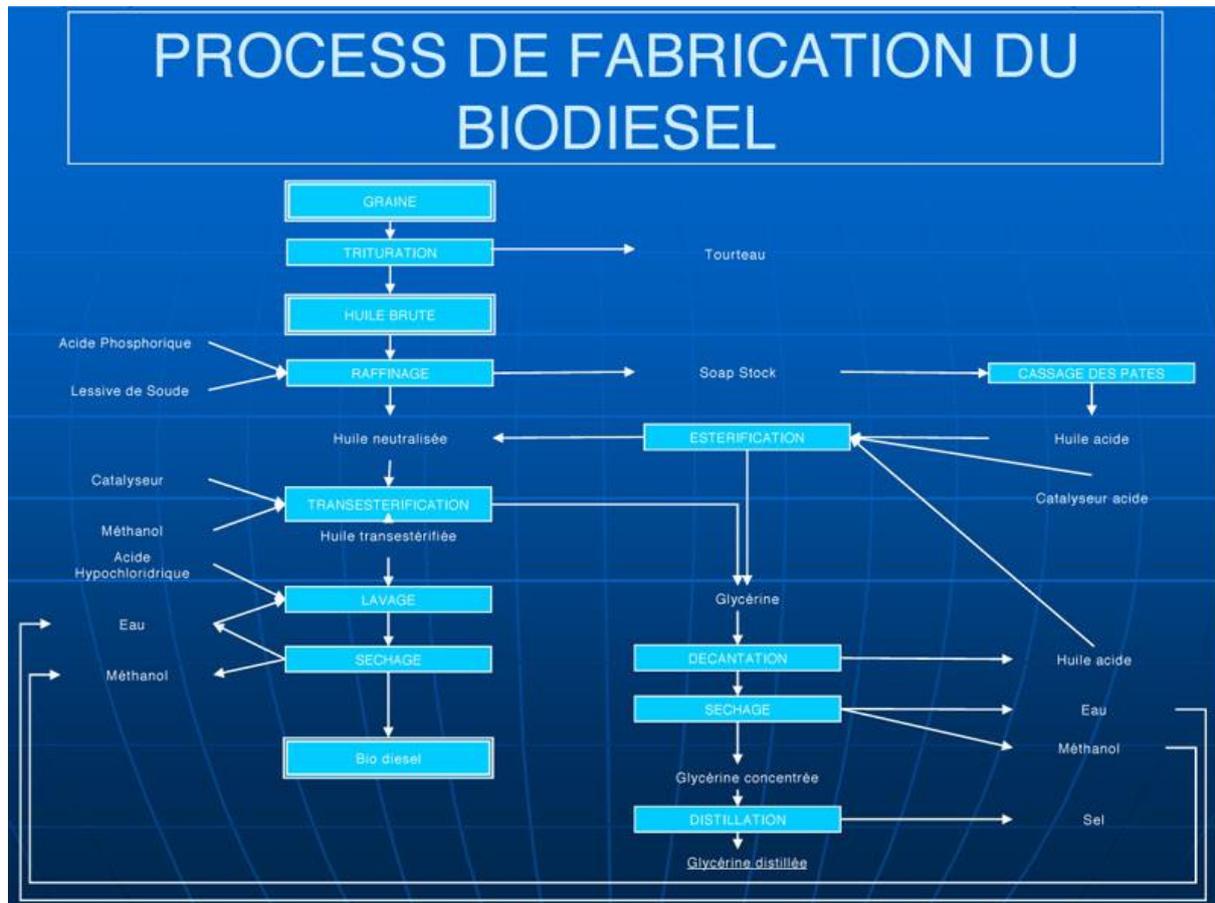


Légende :

- Combustible
- Energie thermique
- Energie mécanique

Source : Comité 21 (2008)

Annexe 15 : Processus de production de biocarburant chez Daudruy



Source : <http://www.daudruy.fr/>

Annexes Chapitre 4

Section 7

Annexe 16 : Indicateurs de mesure de la variété reliée

Littérature	Cas de Dunkerque
<ul style="list-style-type: none">- Classifications des codes SIC (Frenken et al., 2007, Boschma et Iammarino, 2009 ; van Oort et al., 2015),- la co-occurrence de la fréquence à laquelle deux industries sont regroupées dans la même entité économique (Hidalgo et al. Neffke et al., 2011)-la probabilité de coproduction de différents produits dans une même usine (Neffke et Henning, 2008, Neffke et al., 2011a), ou la co-occurrence de citations de brevets (Rigby, 2012)-la similitude dans l'utilisation des ressources ou la circulation des ressources entre les entreprises et / ou les secteurs : capital humain et la similarité des profils professionnels (Farjoun, 1994- Intensité des liens intrants-extrants, ou flux de main-d'œuvre interindustriels (Neffke and Henning, 2013).	<ul style="list-style-type: none">- Codes APE : les sociétés appartenant à la même industrie (même code APE) peuvent être considérées comme liées- Les liens établis entre les nouvelles entreprises et les entreprises existantes grâce à l'échange de flux de mutualisation et / ou de substitution (flux de matières : déchets, eau, vapeur ...)

Annexe 17 : Définition des codes NAF/APE

Le code NAF est une nomenclature des activités économiques productives. Elle décompose l'univers des activités économiques de telle sorte qu'un code de la NAF puisse être associé à une unité statistique exerçant l'activité qu'il désigne. Une activité ainsi définie peut consister en un processus unique (par exemple le tissage), mais peut également comporter différents sous-processus relevant chacun d'une autre catégorie de la classification (ainsi, la fabrication d'une voiture se décompose en activités spécifiques telles que la fonderie, le forgeage, le soudage, l'assemblage, la peinture, etc.). Si le processus de production est organisé de manière à constituer une série intégrée d'activités élémentaires au sein d'une même unité statistique, la combinaison de toutes ces activités est considérée comme une seule activité.

Les critères concernant la manière dont des activités sont combinées dans les unités de production et réparties entre celles-ci sont fondamentaux pour la définition des classes et sous-classes (à savoir, les catégories les plus détaillées de la NAF). Ils doivent garantir que les classes et sous-classes de la NAF permettent bien la classification sectorielle des unités et que les unités relevant d'une classe ou d'une sous-classe donnée exercent des activités aussi similaires que possible. En d'autres termes, des activités sont regroupées lorsqu'elles comportent un processus commun pour la production de biens ou de services, en utilisant des technologies similaires.

Source : Guide des codes NAF de l'INSEE, 2015, p.11.

Annexe 18 : Les secteurs d'activité sélectionnés

Code APE à deux chiffres	Activité
01	Culture et production animale chasse et services annexes
02	Sylviculture et exploitation forestière
03	Pêche et aquaculture
05	Extract. houille et lignite
06	Extract. d'hydrocarbures
07	Extract. de minerais métalliques
08	Autres industries extractives
10	Industries alimentaires
11	Fabrication de boissons
12	Fab. pdts à base de tabac
13	Fabrication de textiles
14	Industrie de l'habillement
15	Industrie du cuir et de la chaussure
16	Travail du bois et fab. d'art. en bois et en liège sauf des meubles. Fab. art. vannerie et sparterie
17	Industrie du papier et carton
19	Cokéfaction et raffinage
20	Industrie chimique
21	Industrie pharmaceutique
22	Fab. de pdts en caoutchouc et en plastique
23	Fab. d'autres produits minéraux non métalliques
24	Métallurgie
25	Fab. de produits métalliques sauf des machines et des équipements
27	Fabrication d'équipements électriques
28	Fabrication de machines et équipements n.c.a.
29	Industrie automobile
30	Fabrication d'autres matériels de transport
31	Fabrication de meubles
32	Autres industries manufacturières
33	Réparation et installation de machines et d'équipements
35	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné
36	Captage trait. dist. Eau
37	Collecte trait. eaux usées
38	Collecte traitement élimination des déchets récupération
39	Dépollution gestion déchets

Annexe 19 : Les nouvelles entreprises de la base de données et secteurs d'activité

APE à 2 chiffres	Code APE	Libellé APET	Activité établissement édition
01 Culture et production animale chasse et services annexes	0146Z	Élevage de porcins	EXERCICE D'ACTIVITES REPUTEES AGRICOLES
	0147Z	Élevage de volailles	L ELEVAGE DE VOLAILLES
	0147Z	Élevage de volailles	EXPLOITATION DE BIENS AGRICOLES ELEVAGE DE VOLAILLES
	0161Z	Activités de soutien aux cultures	ENTREPRISE DE TRAVAUX AGRICOLES
	0161Z	Activités de soutien aux cultures	PRESTATIONS DE SERVICES AUX AGRICULTEURS
	0321Z	Aquaculture en mer	SANS ACTIVITE
08 Autres industries extractives	0811Z	Extraction de pierres ornementales et de construction, de calcaire industriel, de gypse, de craie et d'ardoise	EXPLOITATION D'UNE CARRIERE
10 Industries alimentaires	1031Z	Transformation et conservation de pommes de terre	CONDITIONNEMENT ET COMMERCIALISATION DE POMME DE TERRE DE CONSOMMATION
	1031Z	Transformation et conservation de pommes de terre	VENTE AMBULANTE DE FRITERIE ET BOISSONS A EMPORTER
	1052Z	Fabrication de glaces et sorbets	GLACIER PATISSERIE SANDWICHERIE VENTE DE JOUETS
	1071A	Fabrication industrielle de pain et de pâtisserie fraîche	EXPLOITATION, BOULANGERIE INDUSTRIELLE
	1082Z	Fabrication de cacao, chocolat et de produits de confiserie	VENTE DE CONFISERIE, PRODUITS ALIMENTAIRES,
	1082Z	Fabrication de cacao, chocolat et de produits de confiserie	VENTE DE CONFISERIE, PRODUITS ALIMENTAIRES,

	1082Z	Fabrication de cacao, chocolat et de produits de confiserie	VENTE DE SUJETS GARNIS DE DRAGEES, CONFISERIES ET FOURNITURE DE SUPORTS DE PRESENTATION
	1083Z	Transformation du the et du café	SECHERIE DE CHICOREE ET DESHYDRATATION DE TOUS PRODUITS AGRICOLES
	1085Z	Fabrication de plats préparés	LA FABRICATION DE TOUS PLATS PREPARES
	1089Z	Fabrication d'autres produits alimentaires n.c.a.	PRODUCTION ET COMMERCIALISATION DE PRODUITS CHIMIQUES INDUSTRIELS OU AGRO ALIMENTAIRES, RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT
11 Fabrication de boissons	1105Z	Fabrication de bière	FABRICATION ET VENTE DE BIERE
	1105Z	Fabrication de bière	FABRICATION ET VENTE DE BIERE
13 Fabrication de textiles	1392Z	Fabrication d'articles textiles, sauf habillement	FABRICATION MODELAGE ET VENTE D'OBJETS DE DECORATION
	1392Z	Fabrication d'articles textiles, sauf habillement	CONCEPTION FABRICATION REPARATION VENTE DE TOUS TYPES DE VOILES A USAGE DES PARTICULIERS/PRO
14 Industrie de l'habillement	1413Z	Fabrication de vêtements de dessus	CREATION D'ACCESSOIRES EN COUTURE, BIJOUX. VENTE SUR DES MARCHES ET MANIFESTATIONS LOCALES. CHAMBRES D'HOTES
	1419Z	Fabrication d'autres vêtements et accessoires	FABRICATION D ACCESSOIRES
16 Travail du bois et fab. d'art. en bois et en liège sauf des meubles. Fab.	1624Z	Fabrication d'emballages en bois	FABRICATION REPARATION LOCATION NEGOCE DE PALETTES DE

art. vannerie et sparterie			CAISSES ET DE TS ARTICLES EN BOIS
	1629Z	Fabrication d'objets divers en bois, fabrication d'objets en liège,	CREATION, ACQUISTION, EXPLOITATON DE TOUS FONDS DE RESTAURATION
20 Industrie chimique	2015Z	Fabrication de produits azotes et d'engrais	FABRICATION D'AUTRES PRODUITS CHIMIQUES INORGANIQUES, (PHOSPHATES POUR L'ALIMENTATION ANIMALE)
22 Fab. de pdts en caoutchouc et en plastique	2221Z	Fabrication de plaques, feuilles, tubes et profils en matières plastiques	CREATION, FABRICATION ET COMMERCIALISATION DE PLAQUES FUNERAIRES, OBJETS EN PLEXIGLASS ET ARTICLES DIVERS
23 Fab. d'autres produits minéraux non métalliques	2319Z	Fabrication et façonnage d'autres articles en verre, y compris verre technique	FABRICATION ET VENTE D OBJETS ET BIJOUX EN VERRE
	2351Z	Fabrication de ciment	FABRICATION DE CIMENT ECOLOGIQUE
	2363Z	Fabrication de béton prêt a l'emploi	PRODUCTION ET LIVRAISON DE BETON GRAVE TRAITE SABLE STABILISE TRANSPORT STOCKAGE DE MATIERES PREMIERES CONCASSAGE RECYCLAGE MATERIAUX DE CONSTRUCTION
25 Fab. de produits métalliques sauf des machines	2511Z	Fabrication de structures métalliques et de parties de structures	REALISATION D ESCALIERS DE RAMPES D ESCALIER DE GARDE CORPS DE MOBILIER ET DE TERRASSE METALLIQUES
	2511Z	Fabrication de structures métalliques et de parties de structures	TOUTES OPERATIONS SE RAPPORTANT A LA FABRICATION D'OUVRAGES METALLIQUES POUR L'INDUSTRIE, A LA

			REALISATION DE TRAVAUX DE PEINTURE INDUSTRIELLE, TOUS T
2512Z	Fabrication de portes et fenêtres en métal		FABRICATION DE PORTES ET FENETRES EN METAL. REPARATION VENTE DE STORES VOLETS FERMETURES
2561Z	Traitement et revêtement des métaux		TRAITEMENT ET REVETEMENT DES METAUX
2561Z	Traitement et revêtement des métaux		PROPOSITION D'UNE GAMME COMPLETE DE PRESTATIONS DANS LE DOMAINE DE LA PROTECTION INDUSTRIELLE PAR : LA TECHNOLOGIE DE TRAITEMENT DE SURFACE. LA COMMER
2561Z	Traitement et revêtement des métaux		SABLAGE GRENAILLAGE METALLISATION ET PROTECTION DE SURFACES PAR TOUS PROCEDES ET SUR TOUS SUPPORTS NETTOYAGE INDUSTRIEL APPLICATION DE PEINTURES ET RE
2562B	Mécanique industrielle		REALISATION OPERATIONS INDUSTRIELLES ET COMMERCIALES (MECANIQUE GENERALE CHAUDRONNERIE NETTOYAGE INDUSTRIEL)
2562B	Mécanique industrielle		FAB MONTAGE POSE NEGOCE MECANIQUE SERRURERIE TUYAUTERIE FERRONNERIE CONSTRUCTIONS

			METALLIQUES PEINTURE INDUSTRIELLE ELECTRICITE CHAUFFAGE SA
	2562B	Mécanique industrielle	MAINTENANCE INDUSTRIELLE ET FERROVIAIRE, MECANIQUE GENERALE, TUYAUTERIE, CHAUDRONNERIE, CHAUFFAGE, VENTILATION. TOUS TRAVAUX DE MENUISERIE METALLIQUE,
	2562B	Mécanique industrielle	ETUDE, MISE EN OEUVRE, FABRICATION ET DISTRIBUTION PAR LA VENTE, LA REPRESENTATION OU TOUT AUTRE PROCEDE DE MATERIELS INDUSTRIELS Y COMPRIS MAIS NON L
	2562B	Mécanique industrielle	MAINTENANCE INDUSTRIELLE
27 Fabrication d'équipements électriques	2711Z	Fabrication de moteurs, génératrices et transformateurs électriques	CONSTRUCTION INSTALLATION MAINTENANCE ET REPARATION D INSTALLATIONS CENTRAL HYDRAULIQUE DE CHAUFFAGE ELECTRONUCLEAIRE CABINES DE TRANSFORMATION DE LIG
	2712Z	Fabrication de matériel de distribution et de commande électrique	FABRICATION DE TABLEAUX D ARMOIRES DE DISTRIBUTION ELECTRIQUE DE TOUTES PRESTATIONS D ELECTRICITE GENERALE ET

			NEGOCE DE TOUS PRODUITS SE RAPPORTANT A
	2790Z	Fabrication d'autres matériels électriques	CONCEPTION ET REPARATION ELECTRONIQUE AUDIO
	2790Z	Fabrication d'autres matériels électriques	LA CONCEPTION LA FABRICATION LA VENTE DE SYSTEMES D ETANCHEITES TOUTES ACTIVITES ANNEXES ET LOCATION DE MATERIEL SPECIFIQUE
28 Fabrication de machines et équipements n.c.a.	2812Z	Fabrication d'équipements hydrauliques et pneumatiques	CONCEPTION MONTAGE FABRICATION DISTRIBUTION PAR VENTE, REPRESENTATION DE RACCORDS TOURNANTS ET TOUS COMPOSANTS POUR LE TRANSFERT DE FLUIDES
	2812Z	Fabrication d'equipements hydrauliques et pneumatiques	FABRICATION DE FLEXIBLES HYDRAULIQUES ET DEPANNAGE DE TOUTES MACHINES HYDRAULIQUES
	2825Z	Fabrication d'équipements aérauliques et frigorifiques industriels	
	2830Z	Fabrication de machines agricoles et forestieres	LE DEVELOPPEMENT LA PRODUCTION LE MARKETING L IMPORTATION L EXPORTATION ET LA DISTRIBUTION DE MACHINES AINSI QUE LEUR ACCESSOIRES UTILISES DANS LE SEC
31 Fabrication de meubles	3101Z	Fabrication de meubles de bureau et de magasin	FABRICATION REPARATION ET VENTE DE MOBILIER EN METAL

	3102Z	Fabrication de meubles de cuisine	AGENCEMENT, VENTE ET POSE DE CUISINES ET DE TOUT ELEMENT DE DECORATION DE MAISONS
	3109B	Fabrication d'autres meubles et industries connexes de l'ameublement	TOUTES ACTIVITES SE RAPPORTANT A LA CONCEPTION, LA REALISATION, LA RENOVATION, LA TRANSFORMATION, LA REPARATION DE TOUS TRAVAUX DE BATIMENT ET PLUS GE
32 Autres industries manufacturières	3213Z	Fabrication d'articles de bijouterie fantaisie et articles similaires	CREATION ET VENTE DE BIJOUX FANTAISIES ET ACCESSOIRES DE DECORATION A PARTIR DE MATIERES PREMIERES (BOIS FIL MACRAME GRAINES ET PIERRES)
	3213Z	Fabrication d'articles de bijouterie fantaisie et articles similaires	FABRICATION DE BIJOUX EN METAUX PRECIEUX ANIMATION DE COURS DE CUISINE
	3240Z	Fabrication de jeux et jouets	CREATION ET VENTE DE JOUETS ET OBJETS EN BOIS CREATION ET VENTES D'ADHESIFS FLOCAGE
	3250A	Fabrication de materiel medico-chirurgical et dentaire	FABRICATION ET VENTE D ORTHESES PLANTAIRE OU NON VENTE DE MATERIEL ET FOURNITURE
	3250A	Fabrication de materiel medico-chirurgical et dentaire	PODO ORTHESIE
	3299Z	Autres activites manufacturieres n.c.a.	CREATION FABRICATION D'OBJETS DECORATIFS MATERIEL PEDAGOGIQUE VENTE DE MINERAUX FOSSILES INSECTES

	3299Z	Autres activités manufacturières n.c.a.	ORIGAMI PLIAGE SERVIETTES ET FABRICATION D OBJETS DE DECORATION POUR LA MAISON ET LA PERSONNE EN TTES MATIERES COMPOSITION DE PANIERES GARNIS A BASE DE
33 Réparation et installation de machines et d'équipements	3311Z	Reparation d'ouvrages en metaux	CALORIFUGE INDUSTRIEL
	3311Z	Reparation d'ouvrages en metaux	CONSTRUCTION ET REPARATION DANS LE CADRE D'OUVRAGES EN METALLURGIE
	3312Z	Reparation de machines et equipements mecaniques	MAINTENANCE ET REPARATION DE TOUT MATERIEL AGRICOLE DE TRAVAUX PUBLICS INDUSTRIEL VENTE DE PIECES DETACHEES ET MACHINES
	3312Z	Reparation de machines et equipements mecaniques	ENTRETIEN MAINTENANCE ENGINS TRAVAUX PUBLICS VENTE DE PIECES DETACHEES NEUVES ET D'OCCASIONS GARANTIES VENTE D'ENGINS DE TRAVAUX PUBLICS
	3312Z	Reparation de machines et equipements mecaniques	MAINTENANCE INDUSTRIELLE LOGISTIQUE DE MAINTENANCE
	3312Z	Reparation de machines et equipements mecaniques	REPARATION ENTRETIEN DE MACHINES A COUDRE VENTE DE PIECES DETACHEES POUR LA COUTURE ET DE MACHINES
	3312Z	Reparation de machines et equipements mecaniques	REPARATION ENTRETIEN DE MACHINES DE PARCS

			ET JARDINS CREATION INSTALLATION ET VENTE DE PORTAILS ET PIECES SUR MESURE VENTE DE MATERIEL DE JARDIN
	3312Z	Reparation de machines et equipements mecaniques	L'INSTALLATION LE MONTAGE LA MISE EN SERVICE LE LOUAGE/LEASING, ETUDE L'AMENAGEMENT ET PLACEMENT, SERVICE APRES VENTES
	3312Z	Reparation de machines et equipements mecaniques	ELECTRICITE MECANIQUE GENERALE CHAUDRONNERIE SOUDURE TRAVAUX HYDRAULIQUES TRAVAUX MARITIMES DIVERS
	3312Z	Reparation de machines et equipements mecaniques	PRESTATIONS DE SERVICES PR TOUTES ENTREPRISES RELATIVES A LA MAINTENANCE L ENTRETIEN LES REPARATIONS DE TS ENGINS DE MANUTENTION
	3313Z	Reparation de materiels electroniques et optiques	REPARATION MAINTENANCE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES ELECTRIQUES ET OPTIQUES
	3314Z	Reparation d'equipements electriques	MAINTENANCE REPARATION ET REMISE A NEUF D INSTALLATIONS ET DE MACHINES
	3317Z	Reparation et maintenance d'autres equipements de transport	MAINTENANCE INDUSTRIELLE ET FERROVIAIRE MECANIQUE GENERALE CHAUDRONNERIE NEGOCE ET POSE DE

			CARRELAGES NEGOCE PRODUITS ET PRESTATIONS DANS LE DOMAINE D
	3320A	Installation de structures métalliques, chaudronnées et de tuyauterie	INSTALLATIONS DE STRUCTURES METALLIQUES CHAUDRONNEES ET DE TUYAUTERIE
	3320A	Installation de structures métalliques, chaudronnées et de tuyauterie	TRAVAUX DE TUYAUTERIE CHAUDRONNERIE SOUDURE ET MECANIQUE GENERALE
	3320A	Installation de structures métalliques, chaudronnées et de tuyauterie	TOUS TRAVAUX DE CHAUDRONNERIE TUYAUTERIE SOUDAGE
	3320A	Installation de structures métalliques, chaudronnées et de tuyauterie	TUYAUTERIE INDUSTRIELLE, CHAUDRONNERIE, MONTAGE, ENTRETIEN, DEPANNAGE, MAINTENANCE, REPARATIONS, CONCEPTION ET REALISATION DE TOUS TRAVAUX INDUSTRIELS
	3320A	Installation de structures métalliques, chaudronnées et de tuyauterie	INSTALLATION DE STRUCTURES METALLIQUES, CHAUDRONNEES ET DE TUYAUTERIE
	3320A	Installation de structures métalliques, chaudronnées et de tuyauterie	SOUDURE TUYAUTERIE CHAUDRONNERIE MECANIQUE MAINTENANCE INDUSTRIELLE
	3320A	Installation de structures métalliques, chaudronnées et de tuyauterie	CONSTRUCTIONS METALIQUES TUYAUTERIE INDUSTRIELLE MAINTENANCE INDUSTRIELLES POUR LES ACTIVITES PRECITEES

	3320A	Installation de structures métalliques, chaudronnées et de tuyauterie	TUYAUTERIE INDUSTRIELLE ET GENERALE CHAUDRONNERIE GRAISSAGE CENTRALISE MECANIQUE GENERALE MAINTENANCE DES EQUIPEMENTS INDUSTRIELS CONSTRUCTIONS META
	3320A	Installation de structures métalliques, chaudronnées et de tuyauterie	LA MAINTENANCE INDUSTRIELLE LA CHAUDRONNERIE LA FERRONNERIE TOUS TRAVAUX DE FERMETURES ET DES METAUX LA POSE TTE ACTIVITE DE BATIMENT DE LA CONSTRUCTI
	3320A	Installation de structures métalliques, chaudronnées et de tuyauterie	SOUDURE MAINTENANCE CHAUDRONNERIE SERRURERIE
	3320A	Installation de structures métalliques, chaudronnées et de tuyauterie	LA TUYAUTERIE, LA CHAUDRONNERIE, LE MONTAGE, LA MAINTENANCE, L' ELECTRICITE
	3320A	Installation de structures métalliques, chaudronnées et de tuyauterie	SOUDURE, TUYAUTERIE, CHAUDRONNERIE, MONTAGE
	3320A	Installation de structures métalliques, chaudronnées et de tuyauterie	CHAUDRONNERIE TIRAGE DE CABLE
35 Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné	3511Z	Production d'électricité	PRODUCTION ET COMMERCIALISATION D ENERGIE D ORIGINE PHOTOVOLTAIQUE
	3511Z	Production d'électricité	PRODUCTION D'ENERGIE
37 Collecte trait. eaux usées	3700Z	Collecte et traitement des eaux usées	LA DISTRIBUTION DE MICRO STATIONS DE PURIFICATION D EAU, LE CONSEIL ET L'ASSISTANCE DANS

			LE DOMAINE DE L'ASSAINISSEMENT ET L'ADDUCTION D EAU POTABLE
	3700Z	Collecte et traitement des eaux usees	VIDANGE CURAGE RESEAUX ASSAINISSEMENT LOCATION DE VEHICULES ET EQUIPEMENT DESTINES A LA GEST ET ENT RESEAUX TRANSPORTS DECHETS...
38 Collecte traitement élimination des déchets récupération	3821Z	Traitement et élimination des déchets non dangereux	LE TRAITEMENT LA VALORISATION LE TRANSIT LE REGROUPEMENT DES DECHETS INDUSTRIELS POUR SON COMPTE OU POUR LE COMPTE DE TIERS; LA REALISATION D'ETUDES S
	3822Z	Traitement et élimination des déchets dangereux	SOUS-TRAITANCE DES TRAVAUX DE DEPOLLUTION, SOUS-TRAITANCE DES TRAVAUX DE DESAMIANTAGE DE BATIMENTS, SOUS-TRAITANCE DE TRAITEMENT DES PARASITES, SOUS-T
	3832Z	Recuperation de déchets tries	VENTE ET RECUPERATION DE METAUX DIVERS EN CLIENTELE
	3832Z	Recuperation de déchets tries	ACHAT VENTE DE FERRAILLES ET METAUX, PIECES ET VOITURES D'OCCASION, ACCESSOIREMENT REMORQUAGE DE VEHICULES ACCIDENTES OU EN PANNE A DESTINATION DES GA

	3832Z	Recuperation de dechets tries	ENLEVEMENT DE DEBARRAS, ENCOMBRANTS, METAUX, EPAVES SANS TRANSFORMATION A DES FINS DE REVENTE
	3832Z	Recuperation de dechets tries	RECUPERATION VENTE DE METAUX
	3832Z	Recuperation de dechets tries	OPERATIONS INDUSTRIELLES ET COMMERCIALES SE RAPPORTANT AU NEGOCE, AU TRAITEMENT, AU STOCKAGE ET A LA FABRICATION DE PRODUITS A BASE DE DECHETS, HUILES

Annexe 20 : Codes NAF des entreprises de la symbiose industrielle de Dunkerque

Code APE 2 chiffres	Code APE 5	Libellé APET	Activité établissement
03 Pêche et aquaculture	0321Z	Aquaculture en mer	élevage de poisson : bars et de daurade
	0321Z	Aquaculture en mer	élevage de poisson : alevins de bar
08 Autres industries extractives	0812Z	Exploitation de gravières et sablières, extraction d'argiles et de kaolin	manutention, le stockage et le traitement de matières secondaires
	0812Z	Exploitation de gravières et sablières, extraction d'argiles et de kaolin	Valorisation des laitiers de haut fourneau
10 Industries alimentaires	1041B	Fabrication d'huiles et graisses raffinées	Fabrication graisses et huiles végétales
11 Fabrication de boissons	1101Z	Production de boissons alcooliques distillées	Production et distillation d'alcool d'origine agricole, Raffinage d'alcool brut
20 Industrie chimique	2030Z	Fabrication de peintures, vernis, encres et mastics	Conception, fabrication, distribution de peinture décorative
	2042Z	Fabrication de parfums et de produits pour la toilette	Fabrication de parfums et de produits pour la toilette
23 Fab. d'autres produits minéraux non métalliques	2351Z	Fabrication de ciment	Fabrication de ciment
24 Métallurgie	2410Z	Sidérurgie	Production d'acier
	2410Z	Sidérurgie	Production tôles fortes en acier
	2410Z	Sidérurgie	Traitement et valorisation des poussières sidérurgiques
	2442Z	Métallurgie de l'aluminium	Production, transformation et négoce d'alliages et aluminium

25 Fab. de produits métalliques sauf des machines	2592Z	Fabrication d'emballages métalliques légers	Fabrication de boîtes de boissons
33 Réparation et installation de machines et d'équipements	3311Z	Réparation d'ouvrages en métaux	Chaudronnerie : fabrication tôlerie, tuyauterie, serrurerie industrielle, chaudronnier
35 Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné	3511Z	Production électricité	Production et distribution d'électricité
	3511Z	Production d'électricité	Production et distribution d'électricité
	3530Z	Production et distribution de vapeur et d'air conditionné	Exploitation de chauffage
(36) Captage trait, dist, eau)	3600Z	Captage, traitement et distribution d'eau	Services de distribution des eaux et assainissement
38 Collecte traitement élimination des déchets	3821Z	Traitement et élimination des déchets non dangereux	Collecte, traitement et valorisation des déchets
	3822Z	Traitement et élimination des déchets dangereux	Traitement et élimination des déchets dangereux
	3822Z	Traitement et élimination des déchets dangereux	Collecte et traitement des déchets industriels
	3832Z	Récupération de déchets triés	Valorisation des laitiers d'aciérie
42 Génie civil	4221Z	Construction de réseaux pour fluides	Regazéification
(45) Commerce réparation d'automobiles et motocycles	4531Z	Commerce de gros d'équipements automobiles	Vente des pneus, prise en charge des véhicules des clients
49 Transports terrestres et	4941A	Transports routiers de fret interurbains	services de distribution des eaux et assainissement

transport par conduites			
(52) entreposage et services auxiliaires des transports	5222Z	Services auxiliaires des transports par eau	Trafic maritime, Entreposage, Plateforme multimodale, stockage de produits généraux
72 Recherche développement scientifique	7219Z	Recherche-développement en autres sciences physiques et naturelles	Production de biodiesel à base d'huiles et graisses raffinées

Annexe 21 : Les nouvelles entreprises interrogées en 2017 et 2018

Entreprise	Date de création	N° d'entretien	Date
Fabricant de phosphate	2016	26	12 octobre 2017
Entreprise de traitement de déchets	2018	27	18 Décembre 2018
Fabricant de ciment	2018	28	29 septembre 2017
Démonstrateur de biodiesel	2016	29	06 octobre 2017
Entreprise de commerce d'équipements de travaux publics	2016	30	Obtenu (questionnaire électronique Mai 2018)
Start-up	2016	X	Non Obtenu
Entreprise de collecte de déchets	2016	X	Non obtenu

Cible : Les entreprises nouvellement installées à Dunkerque

Objectif de l'entretien :

Problématique globale de l'enquête : Comment l'écologie industrielle peut être un moteur de développement et de diversification d'un territoire ?

- **-Problématique générale :** Analyser le degré de parenté des nouvelles entreprises avec celles existantes et le rôle de l'écologie industrielle dans le choix d'implantation de ces nouvelles entreprises.
 - L'objectif de cette enquête est de répondre aux questions suivantes : Quels sont les facteurs d'attractivités des nouvelles entreprises ? Sont-elles liées à celles existantes par des synergies éco-industrielles ? Autrement dit, l'écologie industrielle joue-elle un rôle dans le renforcement de l'attractivité du territoire Dunkerquois ?
 - Recenser les motivations et les difficultés liées à la mise en place de l'écologie industrielle
-

IDENTITE DE L'ENTREPRISE

- Nom :
- Adresse :
- Nombre de salariés :
- Appartenance à un groupe :
- Secteur d'activité :
- Date d'installation de l'entreprise à Dunkerque :

1- LES DETERMINANTS DU CHOIX DE LOCALISATION DE L'ENTREPRISE A DUNKERQUE

- Comment est née l'entreprise ? (Appartient-elle à un groupe ? par réseaux de salariés d'entreprises ?, Co-investissement...)
- Quels sont les facteurs d'attractivité à Dunkerque ?

Attractivité conjoncturelle :

Facteurs d'attractivité conjoncturelle	Types	Degré d'importance <i>1 : peu important...3 : très important</i>		
		1	2	3
Subventions				
Prêts				
Exonérations				
Zones d'activité				

Formules d'embauches aidées				
Garanties aux investisseurs				
Démarches administratives « express » (accompagnement des entreprises)				
Autres :				

Attractivité structurelles :

Facteurs d'attractivité structurelle	Type	Degré d'importance <i>1 : peu important...3 : très important</i>		
		1	2	3
Emplacement géographique (disponibilité de terrain, coûts réduits ...)				
Infrastructure (réseau de communication, énergie, port...)				
Existence de flux de matières (déchets, eau, vapeur...)				
Disponibilité de la main-d'œuvre				
Structure de recherche et d'ingénierie				
Financement de la recherche (R&D) (programme de recherche...)				
Autres :				

2- COMMENT ELLES SE RELIENT AVEC LES ENTREPRISES SUR PLACE (DEGRE DE PARENTE) ?

Avez-vous des liens avec les entreprises existantes ?

- Si oui, quelles entreprises ?
- Quels types de liens :

Type de liens	Date de création	Partenaire (acteur privé, public)
Commerciaux (marché)		

Flux de mutualisation de déchets, approvisionnement ...		
Flux de substitution et valorisation		
Sous-traitance		
Partenariat scientifique (brevets, co-recherche)		
Autres :		

- Comment avez-vous construit cette synergie/lien (ou avez-vous eu l'information) ?
- Quels sont les facteurs qui ont favorisé la coopération ?

3- MOTIVATIONS ET DIFFICULTES DE LA MISE EN ŒUVRE D L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE

- Quelles sont vos motivations de la mise en œuvre de l'écologie industrielle ?
1 : pas important du tout...3 : très important

Motivations	1	2	3
Réduction de coûts Si oui, l'avez-vous chiffrée ?			
Nouveaux marchés (vente de déchets)			
Élimination de déchets encombrants ou dangereux, réduction des rejets			
Marketing-image			
Pression sociale			
Respect des réglementations environnementales ? (Avoir un comportement proactif par rapport aux réglementations)			
Répondre à une demande d'une partie prenante (<i>Si oui, de quelle partie prenante s'agit-il ?</i>)			
S'adapter à la stratégie de votre groupe			
Imiter d'autres entreprises du secteur			
Dépendance énergétique			
Autres raisons ? (précisez ci-dessous)			

- Commentaire :
- Quelles difficultés éventuelles avez-vous rencontrées (ou rencontrez-vous) dans la mise en œuvre de l'écologie industrielle ?
1 : aucune difficulté...3 : très compliqué

Difficultés	1	2	3
- Technique (stabilité des déchets, continuité des flux, nécessité de retraitement)			
- Economique (<i>Activité peu rentable, transport trop couteux ou générant trop d'externalités, Manque de financement</i>)			
- Informationnelle (l'information nécessaire n'est pas disponible)			
- Infrastructurale (les infrastructures ne sont pas disponibles)			
- Réglementation (pas d'incitation)			
- Organisationnelle : manque de compétences en interne (lesquelles ?, manque de prestataires externes)			
- Relationnel (par ex. manque de confiance des autres entreprises)			
- Etre dépendant des flux d'une autre entreprise (degré de dépendance : Fort, moyen, faible)			
- Risques liés aux synergies			
- Autres ?.(Précisez ci-dessous)			

- Commentaire :

4- **PRESTATAIRES EXTERNES : GESTION DE FLUX**

- Utilisez-vous des prestataires externes dans la gestion de flux (conseil, transport...) ?
 - o Oui
 - o Non
- Si oui, s'agit-il d'un prestataire (public, privé, parapublic) ; Quel type de service offert ?

*service de coordination notamment en aval (par ex. identification de partenaires, partage des connaissances) puis veille et diffusion d'information)	
* mobilisation la recherche, (par ex. partenariat avec laboratoire de recherche). Dans quels domaines scientifiques ?	
*Services logistique –fonction « support » dans la réalisation (transport-logistique - traitement des déchets, services des eaux, autres services proche de l'industrie)	
* service d'aide à la décision (conseil en environnement, en écologie industrielle, juridique, organisationnel).	
* service de formation (formation des commerciaux, chercheurs ingénieurs...)	
*Autres (précisez)	

- Est-ce que ces prestataires de services répondent correctement à vos attentes ? Y-a-t-il des domaines non couverts ?

5- QUESTIONS D'OUVERTURE

Avez-vous bénéficié de l'accompagnement pour votre installation à Dunkerque ?

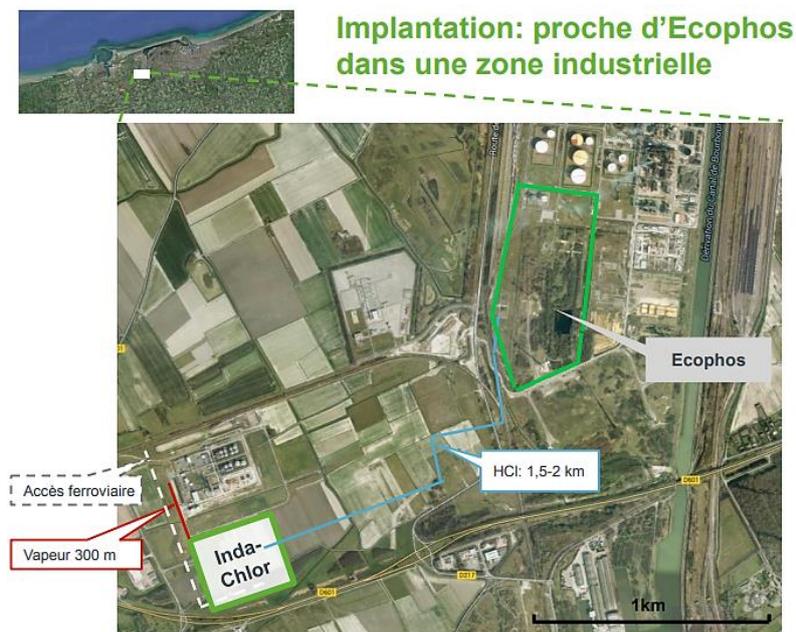
- Si oui, quels types d'accompagnements ?
- Faites-vous partie d'un réseau d'acteurs qui pratique l'EI ? Avez-vous bénéficié de l'expérience d'autres entreprises ? En local, national ?

Etes-vous membre de l'association ECOPAL ? Si oui, en quoi cette structure vous a aidé ?

- Avez-vous un rôle au sein de cette institution ? (communication, partage d'expérience, rôle administratif...)?
- Travaillez-vous en coordination avec d'autres institutions locales : CUD ? AGUR ? CCI-CO ? Dunkerque Promotion, etc. ?
- Quels sont selon vous les atouts de l'écologie industrielle pour le territoire dunkerquois ?

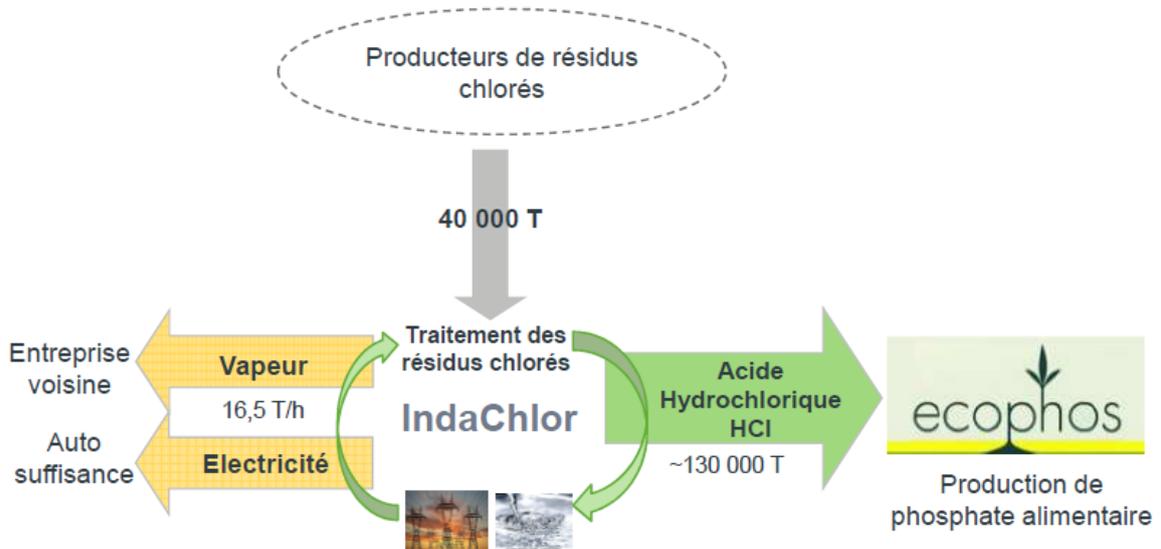
En vous remerciant pour votre collaboration

Annexe 23 : Proximité géographique entre IndaChlor® et Aliphos



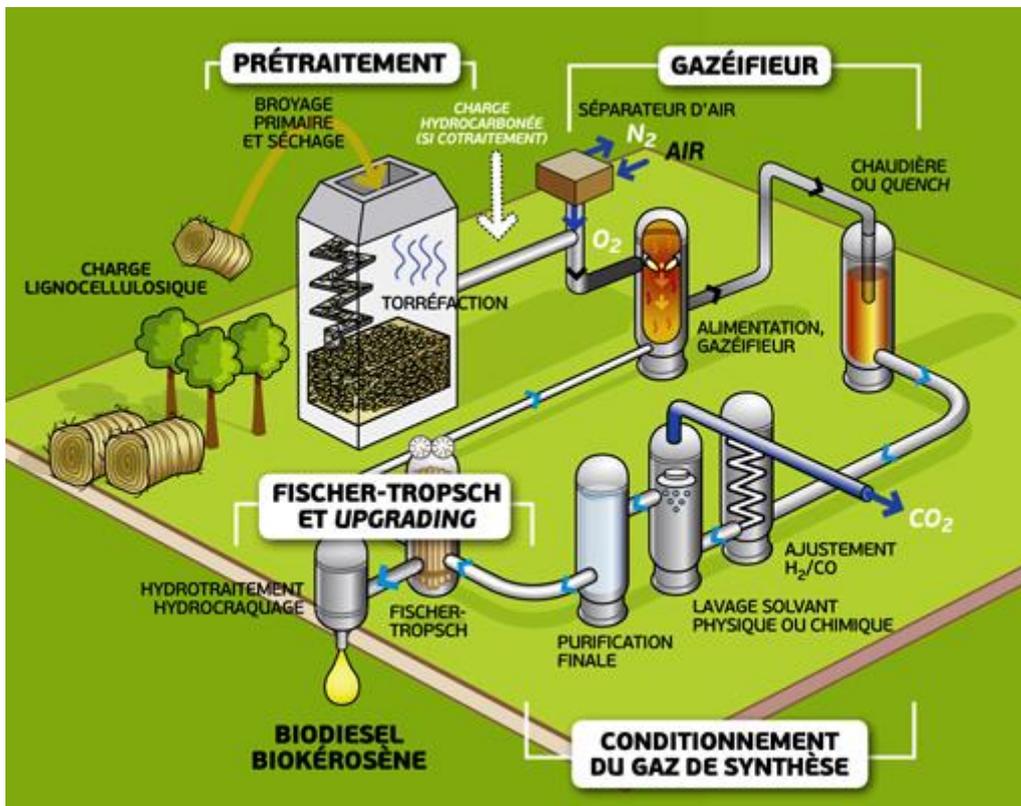
Source : <https://indaver.ccilittoral.fr/presentation/>

Annexe 24 : Processus de valorisation des résidus chlorés - IndaChlor®



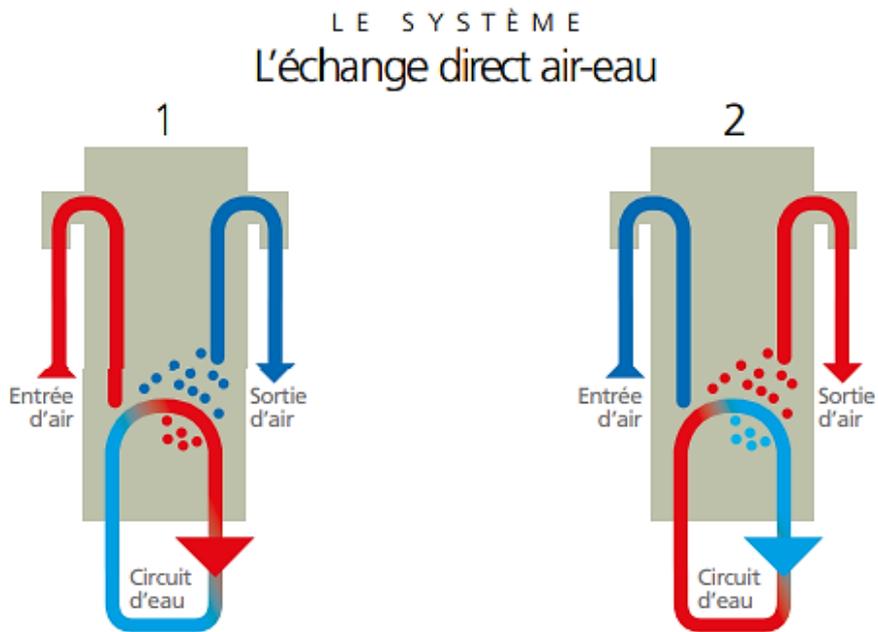
Source: <https://indaver.ccilittoral.fr/presentation/>

Annexe 25 : Les étapes de production de Biodiesel et Biokérosène



Source : Dossier de presse Biotfuel (2016)

Annexe 26 : Processus de fonctionnement de l'échangeur Terraosave



L'air entrant se mélange à l'eau circulant dans l'échangeur. L'air et l'eau sont brassés, pour un transfert d'énergie instantané, sans pertes. Quelle que soit la température de l'air entrant, celle de l'eau s'impose pour refroidir (1) ou réchauffer (2) l'air sortant.

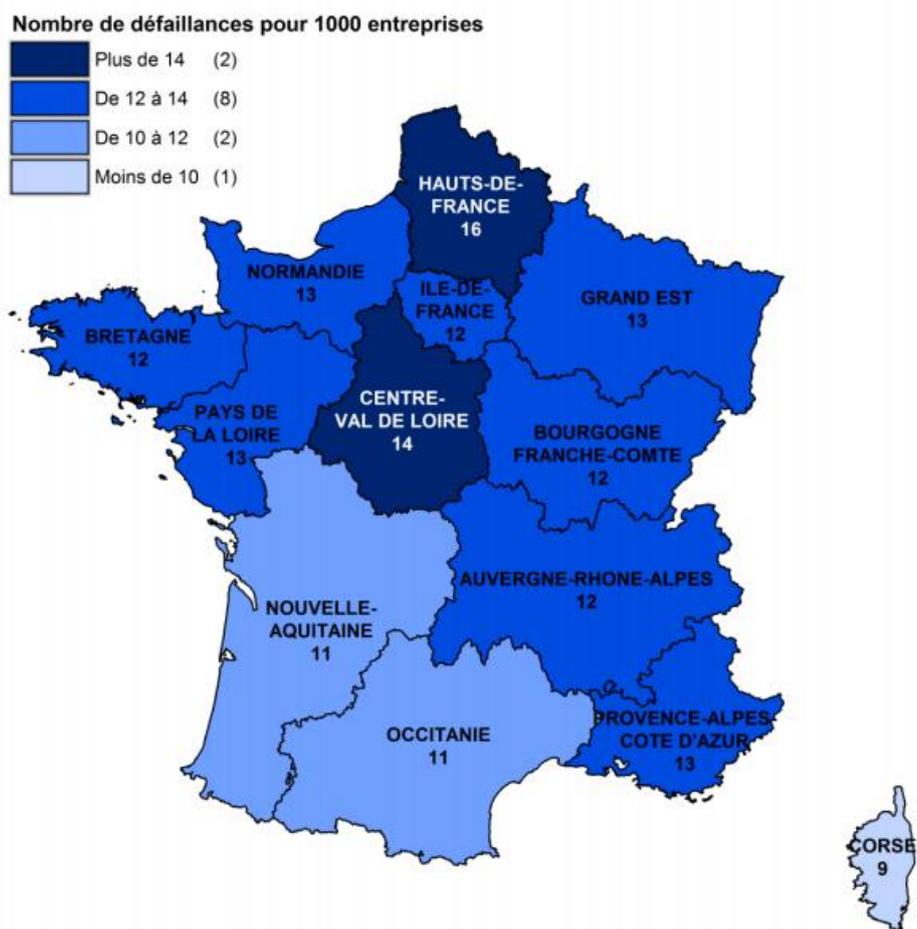
Source : Energie le Mag (2016)

Annexe 27 : Synergie entre Oleovia et Nord Ester : production de biocarburant



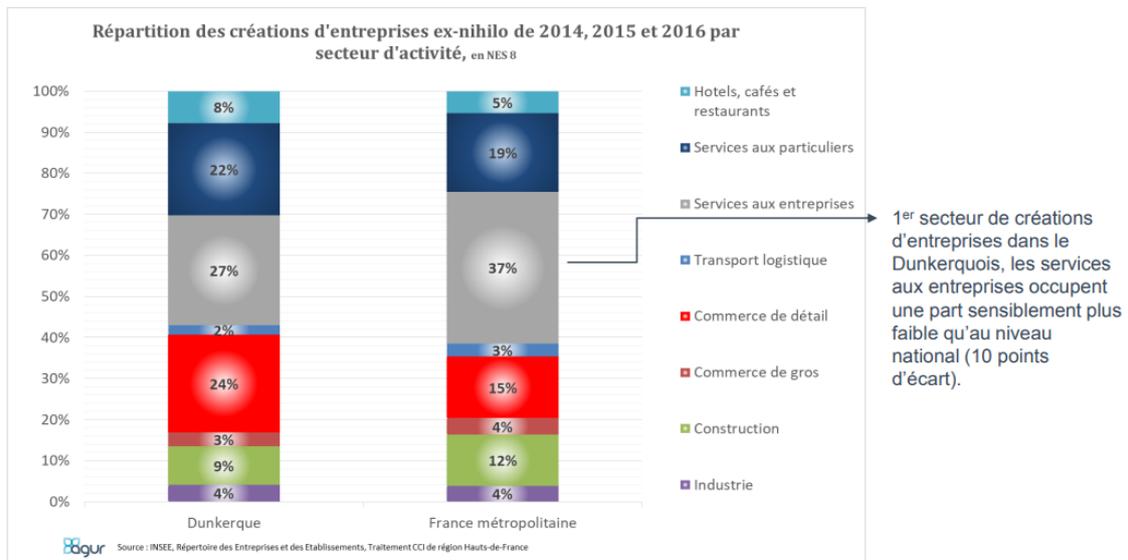
Source : <https://www.oleovia.fr/>

Annexe 28 : Le taux de défaillance d'entreprises en France



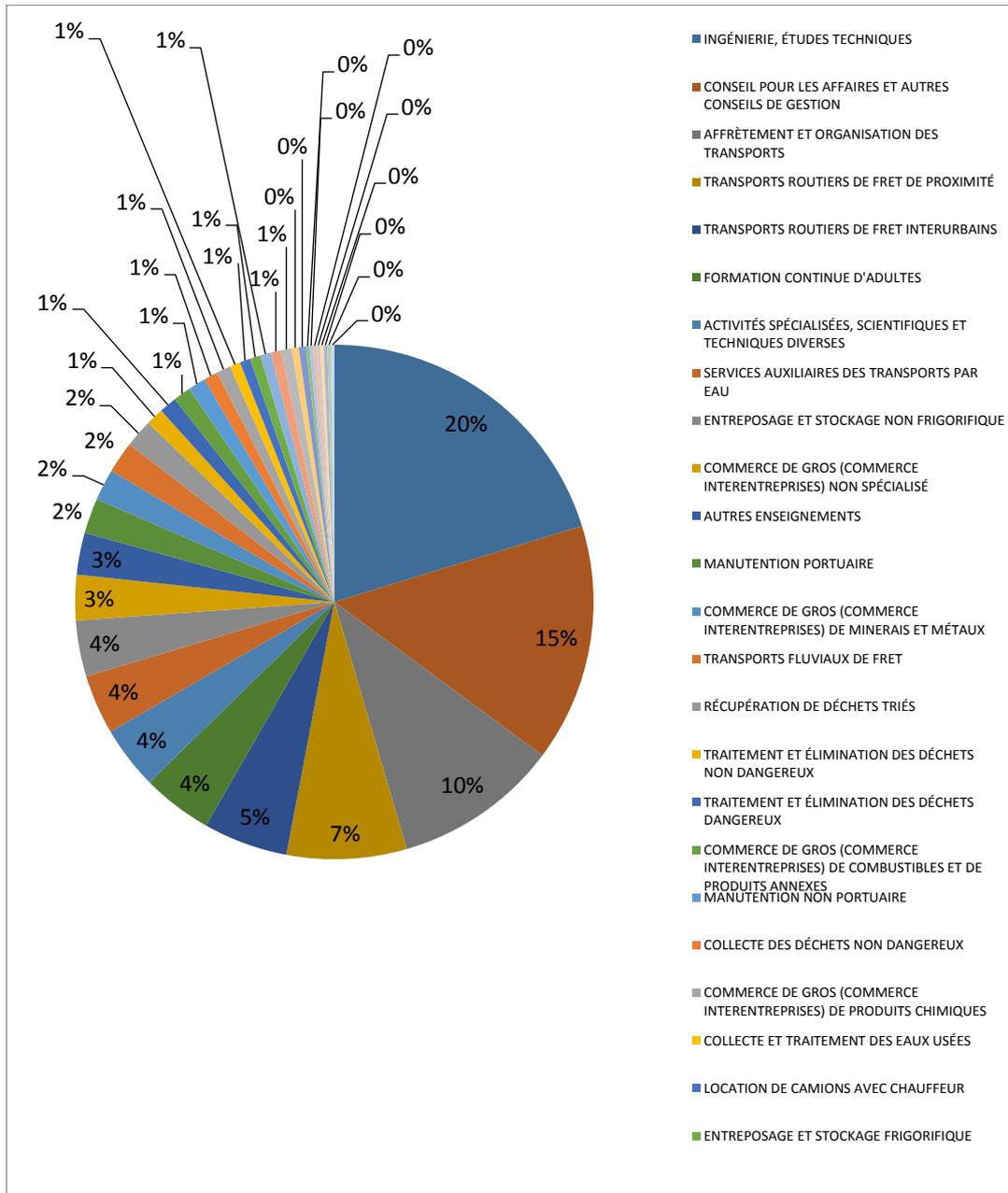
Source : CCIHF (2018)

Annexe 29 : Répartition de création d'entreprise par secteur d'activité



Source : AGUR (2017)

Annexe 30 : Les secteurs d'activité de service dans la population cible



Source : Boutillier *et al.*, 2015

