

CAHIERS DU LAB.RII
- DOCUMENTS DE TRAVAIL -

N°311

Février 2019



Fedoua KASMI

ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE, MILIEU ECO-INNOVATEUR ET DIVERSIFICATION DE L'ÉCONOMIE TERRITORIALE : LE CAS DE DUNKERQUE

INDUSTRIAL ECOLOGY, ECO-INNOVATIVE MILIEU AND DIVERSIFICATION OF THE TERRITORIAL ECONOMY: THE CASE OF DUNKIRK

Fedoua KASMI

Résumé : 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...). Nous étudions dans cette thèse son potentiel en termes de développement économique territorial. Nous proposons un nouveau modèle d'analyse s'articulant autour du concept de milieu éco-innovateur. Ce modèle d'analyse est appliqué au cas du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque, un territoire à forte spécialisation industrielle. 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. L'étude empirique permet de constater que l'écologie industrielle contribue au développement des caractéristiques d'un milieu éco-innovateur à Dunkerque et d'une nouvelle dynamique de diversification fondée sur une variété reliée. Néanmoins cette dynamique nécessite le développement d'une gouvernance adaptée.

Mots clés : écologie industrielle, symbiose industrielle, milieu éco-innovateur, variété reliée, Dunkerque

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 propose a new analytical model based on the concept of eco-innovative milieu. This concept explains the mechanisms by which industrial ecology can promote territorial attractiveness and eco-innovation dynamics. This model of analysis is applied to the industrial-port complex of Dunkirk, a territory with strong industrial specialization. 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. The empirical study shows that industrial ecology contributes to the development of the characteristics of an eco-innovative milieu in Dunkirk and a new dynamic of diversification based on a related variety. However, this dynamic requires the development of an adapted governance.

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

**ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE, MILIEU ECO-INNOVATEUR ET
DIVERSIFICATION DE L'ÉCONOMIE TERRITORIALE : LE CAS
DUNKERQUE**

**INDUSTRIAL ECOLOGY, ECO-INNOVATIVE MILIEU AND
DIVERSIFICATION OF THE TERRITORIAL ECONOMY: THE CASE OF
DUNKIRK**

Fedoua KASMI¹

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	4
1. ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE, MILIEU « ECO-INNOVATEUR » ET DIVERSIFICATION DE L'ÉCONOMIE TERRITORIALE	5
1.1. Écologie industrielle et milieu innovateur : vers un milieu éco-innovateur	5
1.2. De la spécialisation à la diversification économique du territoire : le rôle du milieu éco-innovateur	9
1.3. 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	15
2. LA CONSTRUCTION D'UN MILIEU ECO-INNOVATEUR AU SEIN DU COMPLEXE INDUSTRIALO-PORTUAIRE DE DUNKERQUE	16
2.1. Présentation du terrain et méthodologie de recherche	16
2.2. Résultats : le milieu éco-innovateur et diversification économique à Dunkerque, enjeux et limites	18
2.3. Discussion : Le rôle de la gouvernance territoriale dans le développement d'un milieu éco-innovateur à Dunkerque	24
CONCLUSION	28
BIBLIOGRAPHIE	29

¹ Clersé UMR CNRS 8019 ULCO – Réseau de Recherche sur l'Innovation

INTRODUCTION

L'écologie industrielle se présente comme une voie possible à la mutation des systèmes de production et de consommation actuels. C'est un mode d'organisation industrielle qui se caractérise par une gestion optimisée des stocks et des flux de matières, de l'énergie et des services. Elle vise à réduire l'impact négatif de l'activité industrielle sur l'environnement en s'inspirant du fonctionnement de l'écosystème naturel, mais elle peut être aussi à l'origine des dynamiques de développement et d'innovation à l'échelle territoriale.

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 ce travail de recherche 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 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 ».

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 à Dunkerque. 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.

Notre travail se divise en deux parties : la première s'appuie sur une revue de la littérature, elle a pour objectif de construire une méthodologie permettant d'expliquer les mécanismes par lesquels l'écologie industrielle peut être un moteur de développement territorial. La seconde partie s'appuie sur l'application du modèle d'analyse du milieu éco-innovateur au territoire industrialo-portuaire de Dunkerque.

1. ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE, MILIEU « ECO-INNOVATEUR » ET DIVERSIFICATION DE L'ÉCONOMIE TERRITORIALE

1.1. Écologie industrielle et milieu innovateur : vers un milieu éco-innovateur

L'écologie industrielle est une démarche étroitement liée aux territoires industriels, elle s'inscrit dans les activités industrielles et regroupe un ensemble de pratiques qui visent à réduire les rejets industriels polluants. C'est une démarche qui favorise la transition du système industriel vers un système viable, inspiré par le fonctionnement des écosystèmes naturels (Frosch, Gallopoulos, 1989 ; Allenby, 1992). L'expression d'écologie industrielle a été popularisée dans les années 1990 suite à la publication de l'article de Robert Frosch et Nicholas Gallopoulos (deux ingénieurs chez General Motors). Selon lesquels la pollution et l'épuisement des ressources naturelles engendrés par les activités industrielles, doivent conduire à remettre en cause le modèle de développement des économies industrielles. Ces auteurs considèrent qu'il est nécessaire de passer d'un système industriel traditionnel à un écosystème industriel (1989, p. 106). La mise en place de l'écologie industrielle s'appuie sur quatre leviers d'actions (Erkman, 2004) : La valorisation systématique des déchets et des sous-produits, 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. Contrairement à l'approche end of pipe et aux technologies propres, l'écologie industrielle propose des actions et des solutions concrètes permettant la mise en place du développement durable.

L'écologie industrielle a été historiquement appliquée aux territoires industriels, son implantation implique une analyse du métabolisme industriel (Ayres, 1989) permettant d'étudier quantitativement et qualitativement les caractéristiques physiques du système industriel, à savoir les flux et les stocks de matières nécessaires au fonctionnement des activités industrielles (Erkman, 2004). Cette analyse constitue un préalable indispensable à l'écologie industrielle dans la mesure où elle permet l'identification et la création de symbioses industrielles.

La symbiose industrielle se traduit par l'établissement des synergies éco-industrielles entre les acteurs sur un espace géographique défini (Chertow, 2000). Elle se constitue par un ensemble de relations basées sur l'échange de flux de résidus issus d'un processus de production pouvant être de la matière, de l'eau ou de l'énergie à destination d'un autre procédé de production, de façon à ce que les déchets ou sous-produits d'une entreprise deviennent des ressources pour d'autres. On distingue deux formes de synergies éco-industrielles : les synergies de substitution (substituer un flux entrant neuf par un flux sortant d'une autre entreprise) et les synergies de mutualisation (mutualisation des flux entre les entreprises : collecte et traitement collectifs de déchets...etc).

Généralement, les travaux sur l'écologie industrielle s'appuient sur deux visions opposées mais complémentaires (Frosch et Gallopoulos, 1989; Allenby, 1992; Ayres, 1995 ; Erkman, 1998, 2004; Hilde, Keitsch, 2006). Une vision technico-scientifique (ingénierie) qui se concentre principalement sur l'étude des caractéristiques physiques des flux de matières et d'énergie et de leur intégration dans le processus de production. Et une vision socio-économique qui s'intéresse surtout à l'initiation et la pérennisation des synergies entre les acteurs (Baas, Boons, 1997, Chertow, 2000 ; Ehrenfeld, 2004). 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). Les travaux mettent

en avant la contribution de l'écologie industrielle au développement territorial. Ils portent sur 1) le rôle de l'écologie industrielle dans la définition d'un projet de territoire (Beaurain, 2008, Beaurain, Brullot, 2011), 2) le rôle des acteurs et les échelles territoriales (Maillefert, Robert, 2014 ; Cerceau, Junqua et al., 2014), 3) les interactions entre acteurs et les difficultés qu'elles posent (Brullot, Maillefert, Joubert, 2014). Toutefois, selon nous, la relation entre l'écologie industrielle et le développement territorial nécessite une démonstration plus détaillée (Boutillier et al, 2015 ; Kasmi et al, 2017 ; Kasmi, 2018). Nous cherchons donc, dans ce travail, à expliquer les mécanismes par lesquels l'écologie industrielle peut jouer un rôle actif dans la construction d'un « milieu éco-innovateur » permettant d'orienter le territoire vers des dynamiques de diversification.

La symbiose industrielle comme milieu éco-innovateur

L'implantation de l'écologie industrielle sur un territoire donné peut apparaître comme un outil de développement d'un « milieu éco-innovateur » (Kasmi, 2018). En effet, les relations symbiotiques issues de l'écologie industrielle peuvent être rapprochées du concept du milieu innovateur, qui montre comment l'innovation peut émerger des relations de proximité entre acteurs eux aussi localisés sur un territoire donné (Maillat et al, 1993, Uzunidis, 2007). Le GREMI (Groupe de Recherche Européen sur les Milieux Innovateurs, créé par Philippe Aydalot et regroupant une vingtaine d'équipes de chercheurs européens et américains) définit le milieu innovateur 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). En effet, selon la littérature, un milieu générateur de dynamiques d'innovation est un milieu qui se caractérise par : 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 (Maillat, 1992a, Maillat, 1992b ; Crevoisier, 2001). Il est également générateur des effets d'agglomération renforcés par l'articulation des formes de proximité (géographique, organisationnelle et cognitive) et s'appuie sur une gouvernance territoriale efficace. Nous considérons que la symbiose industrielle partage les principales caractéristiques et composantes du milieu innovateur. De plus, par le biais des innovations environnementales (ou éco-innovations) qu'elle génère, elle apporte une dimension supplémentaire, « durable », au milieu innovateur

La symbiose industrielle intègre, un collectif d'acteurs diversifiés sur un territoire déterminé, le plus souvent de nature industrielle. Elle 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). Dans ce contexte, les travaux portant sur l'écologie industrielle insistent sur le rôle de la gouvernance territoriale, non seulement publique (réglementation, règles, etc) mais aussi privée dans la génération et la pérennisation des interactions entre les acteurs (Schalchli, 2011 ; Brullot et al., 2014 ; Decouzon, Maillefert, 2013 ; Kasmi et al, 2017).

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 le montre des exemples de symbioses industrielles, notamment 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.

La symbiose industrielle et la genèse des éco-innovations

Comme le milieu innovateur, la symbiose industrielle peut, elle aussi, être décrite par les innovations générées qui prennent ici la forme d'innovations environnementales ou éco-innovations (Kasmi, 2017). Elle peut représenter un environnement propice à l'émergence des dynamiques d'éco-innovation.

Les éco-innovations engendrées par les symbioses industrielles peuvent être définies 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, 2007, p. 3). Elles peuvent être de différentes natures (Galiegue, 2012) : de nature incrémentale, qui consiste à améliorer une technologie existante, sans changer les usages et les pratiques, ou bien techno-fixe qui permet d'apporter des changements techniques radicaux qui préservent les pratiques existantes, ou encore transformatrices qui correspondent à la mise en œuvre de nouveaux systèmes technologiques, et qui nécessitent une reconfiguration complète des processus de production et des modes de vie.

La symbiose industrielle peut donner lieu à des formes différentes d'éco-innovation, qui apportent des impacts importants sur l'environnement. En effet, les synergies éco-industrielle génèrent des éco-innovations : technologiques de procédés permettant de réduire les impacts négatifs des processus de production sur l'environnement ; de produit permettant de prévenir ou de réduire la production de polluants et/ou la consommation des ressources, énergie, etc. du processus de production (« éco-produits »); organisationnelles permettant d'assurer une bonne organisation des échanges de flux de matières/énergie; institutionnelles comprenant les changements apportés à l'ensemble des valeurs, normes et réglementations que partagent les acteurs dans un projet collectif d'écologie industrielle et enfin commerciales qui se traduisent par la mise en place de méthodes nouvelles de promotion ou de tarification permettant d'assurer la rentabilité des produits/technologies ou services éco-innovants.

Par la création d'un milieu éco-innovateur, nous considérons que l'écologie industrielle peut modifier la trajectoire d'un territoire industriel. Nous montrons dans le point suivant que celle-ci peut participer au développement d'une diversification basée sur la variété reliée.

1.2. De la spécialisation à la diversification économique du territoire : le rôle du milieu éco-innovateur

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 MAR¹ « 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). 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 entre les entreprises locales)

¹ Selon l'expression de Glaeser et al., 1992

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).

L'approche de l'économie géographique évolutionniste étudie 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, 2004 ; Frenken et al., 2007 ; Boschma, Frenken 2011 ; Boschma, Gianelle, 2014 ; Heimeriks, et Balland, 2016). Leurs travaux cherchent à comprendre pourquoi certains territoires produisent un type spécifique de connaissance plutôt qu'un autre et montre que la création de nouvelles connaissances repose sur une base de connaissances déjà existantes dans ces territoires (Boschma et 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 Iammarino 2009, p, 5)². 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)³. 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 et Iammarino 2007; Mameli et al., 2012). Pour enrichir leurs conclusions, les auteurs comparent les effets de la variété reliée et de la variété non reliée (*unrelated variety*) (externalités de diversification de type Jacobs) qui couvre 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. Alors que la variété non reliée, génère un effet de portefeuille en amortissant les chocs spécifiques à l'industrie et en stabilisant les économies régionales à travers la réduction du taux de chômage. D'autres études, notamment sur l'Italie (Boschma et Iammarino 2009; Mameli et al., 2012), la Finlande (Hartog et al., 2012), Espagne (Boschma et al., 2012) etc., viennent confirmer ces résultats.

² Cité par Rachel Levy et Marie Ferru (2016)

³ Cité par Laperche et Perrin (2017)

Pour mesurer la contribution de la variété connexe au développement économique du territoire, Boschma et Immarrino, (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). Montrant ainsi que la connexité technologique au niveau de la ville peut être une force motrice derrière le changement technologique. Toutefois, les auteurs estiment que cela n'est pas systématiquement le cas pour toutes les nouvelles technologies. Certaines nouvelles technologies (brevets) ne sont pas liées à d'autres. Enfin, Essletzbichler (2013) 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 diversification territoriale (Boschma et al, 2014).

Ces travaux évolutionnistes sur la variété connexe sont considérés comme une base favorisant la mise en place d'une politique de « spécialisation intelligente » efficace (Boschma, Gianelle, 2014). En effet, une spécialisation intelligente (*smart specialization*) repose sur la mise en place de politiques d'innovation permettant le développement et la croissance de l'économie régionale. C'est un cadre stratégique régional qui favorise la concentration des ressources publiques dans des activités particulières. Il s'agit 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). Ces activités, identifiées par les entrepreneurs, devraient être basées sur les capacités existantes, les compétences des actifs et les avantages compétitifs dans une ville, une région ou un pays (Foray, 2009, OCDE, 2013, Foray, 2015, Balland et al, 2017s). Selon Foray (2013) elles 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.

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.

Les travaux évolutionnistes montrent ainsi que la variété connexe appuyée par des politiques de spécialisation intelligente permettent aux territoires de se lancer dans de nouvelles trajectoires de développement à travers la diversification dans des domaines d'activités nouveaux mais complémentaires basés sur un socle de connaissances pré-existantes.

En s'appuyant sur le concept de variété reliée, nous considérons dans ce travail que l'écologie industrielle, génératrice de synergies éco-industrielles à partir des activités existantes au sein d'un territoire industriel, peut contribuer – par la création d'un milieu éco-innovateur- à une diversification du territoire.

Milieu éco-innovateur et diversification économique 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.

Les caractéristiques du milieu « éco-innovateur » ainsi que les effets d'agglomération qu'il génère sont à l'origine de différentes formes d'externalités. Celles-ci 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.

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, base de connaissance commune diversifiée : partage de connaissances et compétences similaires ou complémentaires, apprentissage collectif, externalités éco-technologiques, réseaux de communication, etc.,– ce qui peut en effet renforcer leur flexibilité, réactivité et leur capacité d'adaptation et justifie leur maintien ou leur développement 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 ».

Le milieu éco-innovateur a ainsi un effet positif sur la stabilisation des activités économiques existantes et l'émergence de nouvelles formes d'innovation (Kasmi et al, 2017 ; Boutillier et al, 2015). 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.

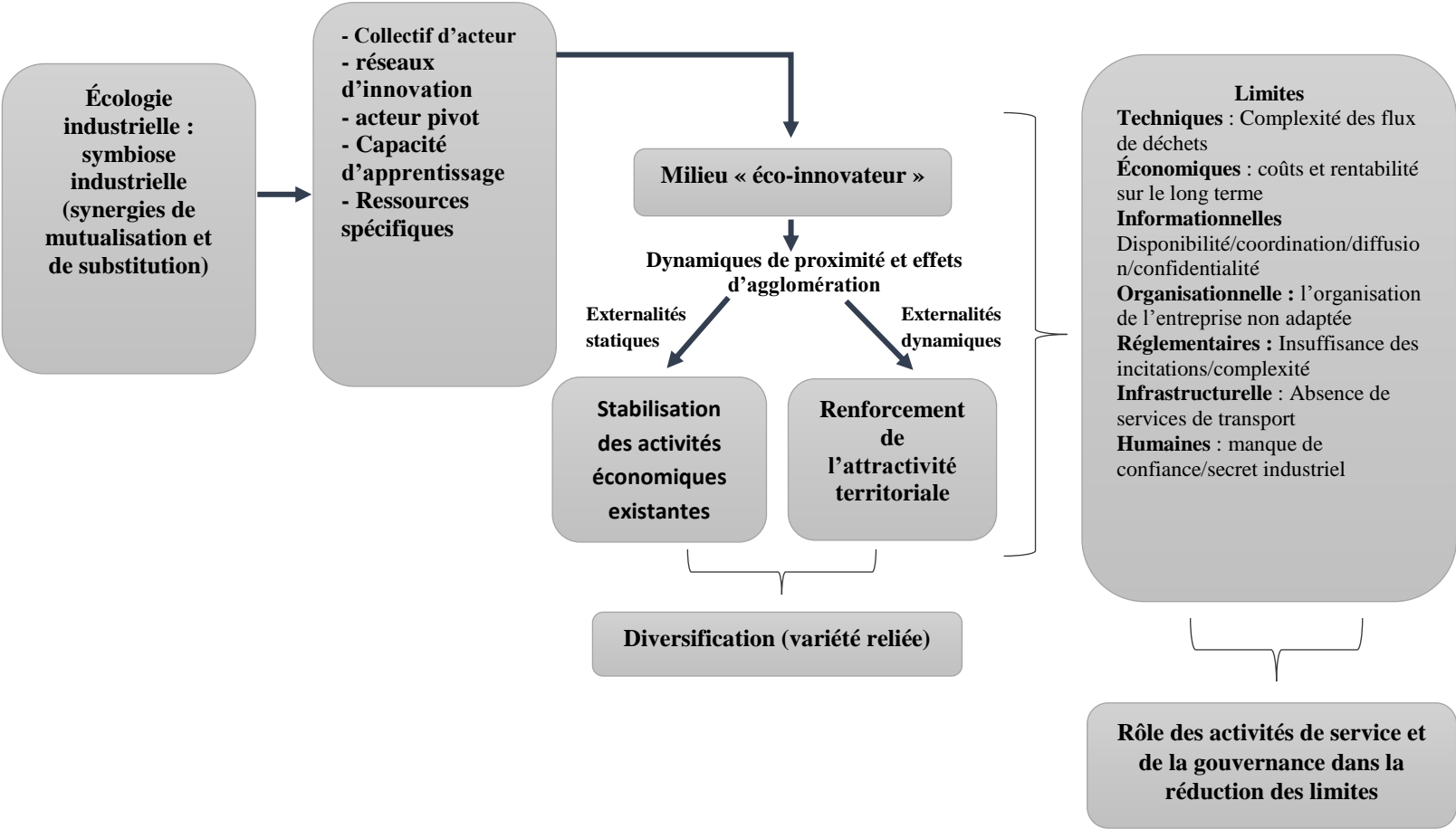
Par conséquent, c'est l'ensemble de l'attractivité du territoire qui peut être renforcée par la mise en œuvre de stratégies d'écologie industrielle (schéma 1 ci-dessous). Une meilleure attractivité, c'est-à-dire « la capacité d'un territoire à être choisi par un acteur comme zone de localisation (temporaire ou durable) pour tout ou partie de ses activités » (Poirot et 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 première 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...) (Boutillier et al, 2015).

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, par le biais de ses effets sur l'attractivité, les externalités issues du milieu éco-innovateur et donc de la symbiose industrielle pourront être à l'origine d'une variété reliée du territoire. Les synergies éco-industrielles relient en effet les nouvelles entreprises à celles existantes.

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.

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). Nous considérons que ce sont les activités de services (publiques et privées) qui peuvent jouer un rôle dans la réduction de ces limites. 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 dans le développement d'un milieu éco-innovateur.

Schéma 1 : La contribution du milieu éco-innovateur à la diversification territoriale



Source : Kasmi, 2018

1.3. 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

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. La première catégorie concerne les limites liées au fonctionnement des synergies éco-industrielles (aspect opérationnel des flux de matières et d'énergie notamment économiques et techniques) et la deuxième catégorie regroupe les difficultés liées à l'organisation des synergies (notamment réglementaires, informationnelles, relationnelles, etc.) (tableau 1).

Tableau 1 : 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 Méso : 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 ; Laperche, Merlin-Brogniart, 2016

Pour que l'écologie industrielle puisse être utilisée comme un outil de construction d'un milieu innovateur, il est alors nécessaire de réduire les difficultés/limites auxquelles se heurte sa mise en œuvre. Nous considérons que ce sont les activités de services (publiques et privées) peuvent participer activement au bon fonctionnement des processus d'écologie industrielle. Les activités de services proposent un certain nombre de fonctions relatives à l'organisation et la coordination des relations marchandes (fonctions de coordination des démarches d'écologie industrielle), l'acquisition ou le maintien de capacités par les agents (fonctions de formation), ou encore au développement de nouvelles pratiques comme de nouveaux business models (Laperche, Merlin-Brogniart, 2016).

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 ».

Le rôle de la gouvernance dans la constitution d'un milieu éco-innovateur

La gouvernance territoriale est un facteur clé de succès pour l'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 ; Brulot et al., 2014 ; Decouzon, Maillefert, 2013), dans la mise en œuvre d'une coordination efficace entre les acteurs (Boons, Baas, 1997), l'instauration d'un climat de confiance, la promotion de la collaboration, ou encore l'arbitrage des conflits (Beurain, Brulot, 2011). En d'autres termes, elle peut réduire certaines difficultés qui émergent dans la mise en œuvre des flux d'écologie industrielle. La gouvernance territoriale des démarches d'écologie industrielle, telle qu'elle apparaît dans ces travaux, peut être privée (les acteurs privés, ou une institution formelle les regroupant, pilotent les dispositifs de coordination et de création de ressources), publique (les institutions publiques dominent le mode de coordination), ou le plus souvent mixte : dans ce cas elle repose sur la coopération entre acteurs publics et acteurs privés, et s'appuie souvent sur une structure associative.

Si la gouvernance territoriale est bien présente dans les expériences et dans les travaux portant sur l'écologie industrielle, elle est surtout orientée vers la mise en œuvre et le développement des synergies éco-industrielles. Cette gouvernance, et les outils qu'elle génère, est essentielle tant au lancement qu'à l'approfondissement des symbioses industrielles. Elle permet la création des dynamiques de proximités génératrices d'effets d'agglomération. Mais pour que l'écologie industrielle puisse jouer un rôle dans la construction d'un milieu éco-innovateur, des formes plus dynamiques de gouvernance territoriale devraient être développées. Celles-ci doivent permettre de faire évoluer les formes de proximités pour initier la création et l'attractivité d'activités nouvelles favorisant des formes d'innovation variées et la diversification du territoire. Pour exposer ces formes de gouvernance territoriale, nous nous appuyons sur une enquête menée 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.

2. LA CONSTRUCTION D'UN MILIEU ECO-INNOVATEUR AU SEIN DU COMPLEXE INDUSTRIALO-PORTUAIRE DE DUNKERQUE

2.1. Présentation du terrain et méthodologie de recherche

Notre travail de recherche s'appuie sur l'analyse du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque (Hauts de France). Ce territoire porte un double intérêt pour notre étude. Premièrement, il 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 des années 1960 a été à l'origine, sur le plan économique, d'une dépendance de sentier issue de la spécialisation industrielle. Les politiques publiques

d'attractivité de cette époque ont attiré de grandes unités sidérurgiques « unités motrices » qui devaient créer des effets d'entraînement conséquents et participer au développement d'un « pôle de croissance » (Boutillier, Uzunidis, 1998 ; Coppin Et al., 2000 ; Laperche, Uzunidis, 2011). L'infrastructure portuaire s'est peu à peu transformée pour répondre aux exigences de ces grandes entreprises industrielles. Cette infrastructure spécialisée a, à son tour, attiré de nouvelles unités de production 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. Les actifs spécifiques et secondaires spécialisés dans l'industrie lourde accumulés, au cours du temps, n'ont pas seulement impacté la trajectoire mais ont également engendré des externalités négatives 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. 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 ce territoire, nous nous sommes basés sur une méthode de recherche mixte. Nous nous appuyons donc sur une démarche qualitative d'une part et sur une démarche quantitative de l'autre part. 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.

2.2. Résultats : le milieu éco-innovateur et diversification économique à dunkerque, enjeux et limites

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

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. Les résultats de l'enquête (premier volet) nous ont tout d'abord permis d'identifier le périmètre de cette symbiose industrielle (schéma 2). En effet, les démarches d'écologie industrielle ont été mises en place à Dunkerque dès le milieu des années 1980 avec l'installation du réseau de chaleur urbain. Les échanges de flux de matières et d'énergie se sont multipliés peu à peu pour former une symbiose industrielle, constituée de synergies (flux de mutualisation et de substitution) entre différents acteurs du territoire, autour d'un acteur pivot (Arcelor Mittal, première société sidérurgique et minière au monde).

Arcelor Mittal valorise ses gaz sidérurgiques, via la centrale électrique à cycle combiné DK6, fondée avec GDF Suez. De même, la chaleur fatale issue de la chaîne d'agglomération n°3 d'Arcelor Mittal permet le fonctionnement conçu et exploité par Dalkia du réseau de chaleur urbain. Daudry récupère des huiles usagées auprès des particuliers, des restaurateurs et des collectivités afin de produire des biocarburants. Certains déchets de Ryssen sont revendus localement ou non pour s'intégrer à d'autres processus de production, comme l'huile de Fusel à l'industrie de la parfumerie ou les résidus de distillation chargés en alcool lourds qui servent de combustibles. Baudalet Environnement, dont le cœur de métier est le recyclage et la valorisation des déchets, dispose de trois pôles « matériaux », « ferrailles et métaux », « déchets », dont l'activité s'intègre dans des filières de recyclage/valorisation variées et qui donne également lieu depuis peu à des éco-produits commercialisés par le groupe. Les eaux usées issues du processus de production de la centrale nucléaire d'EDF sont gratuitement valorisées par trois entreprises locales (la ferme Aquacole, l'écloserie Marine et le terminal méthanier). Le Grand Port Maritime de Dunkerque réalise des expérimentations pour valoriser les sédiments pollués (réalisation de routes, de blocs de bétons, granulats). D'autres entreprises, tout comme celles déjà mentionnées, réintègrent leurs propres déchets (en boucle fermée) dans leur processus de production. C'est le cas par exemple d'Aluminium Dunkerque qui valorise ses déchets exclusivement en interne.

Les flux de mutualisation et de recyclage sont pour partie gérés par l'association Ecopal qui organise des collectes mutualisées de déchets (Déchets Toxiques en Quantité Dispersées, papier – cartons, archives confidentielles, cartouches impression, Déchets d'Activité de Soins à Risques Infectieux, piles et accumulateurs). Les prestataires sont parfois – mais non exclusivement - localisés dans la région Nord-Pas de Calais. Mais certaines entreprises

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). 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. 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, ou encore le producteur d'aluminium ayant 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. Toutefois, les résultats de l'enquête montrent que ces dynamiques d'apprentissage sont principalement développées au niveau individuel (interne) des entreprises ou des institutions.

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 sidérurgiste a développé 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. L'entreprise de traitement de déchets, dont l'écologie industrielle est au cœur de son activité, a créé deux éco-produits (lave-glace à partir de lixiviats, brique pour chauffage à partir de déchets de bois...). L'entreprise a également établi une collaboration avec une autre entreprise pour proposer un nouveau service innovant qui offre le développement et la conception d'éco-produits « sur mesure » à partir de la valorisation des déchets.

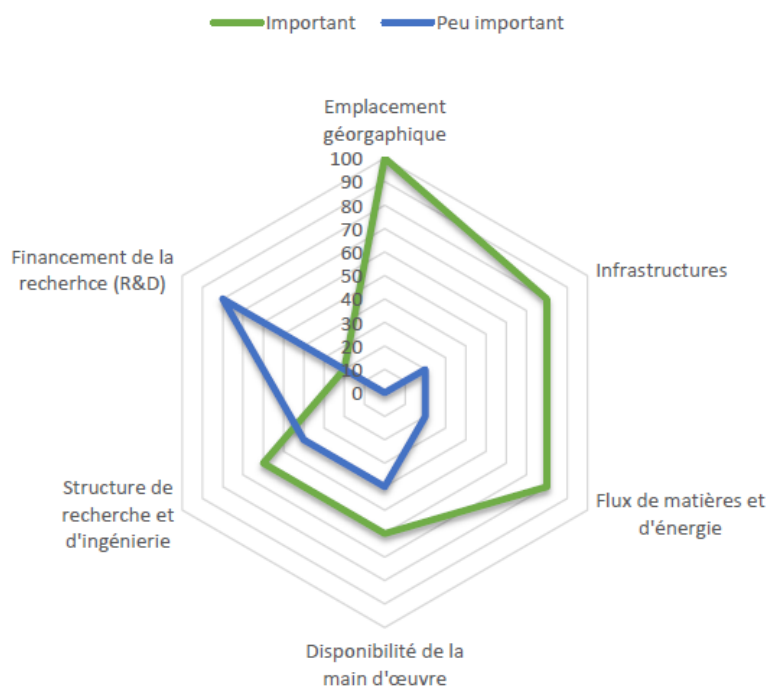
Néanmoins d'après nos résultats, ces dynamiques d'éco-innovations sont développées au niveau individuel, au sein de certaines entreprises, ou de certaines institutions et ne sont pas nombreuses. Les formes les plus complexes mais aussi les plus porteuses d'éco-innovations, celles qui associent des formes technologiques et non technologiques d'innovation et donc un ensemble plus diversifié d'acteurs apparaissent seulement comme émergentes. 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.

L'analyse de la variété apportée au territoire par les flux d'écologie industrielle

L'identification des caractéristiques du milieu éco-innovateur nous a permis d'entamer la deuxième démarche qui consiste à étudier le rôle de l'écologie industrielle dans la

diversification des activités du territoire et en particulier dans le développement d'une variété reliée. Nous avons analysé 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. Il découle des résultats que certaines nouvelles entreprises se sont installées dans la symbiose et sont reliées par les synergies aux entreprises présentes. En plus des facteurs d'attractivité conjoncturelle et structurelle du territoire de Dunkerque (notamment, l'infrastructure adaptée et spécialisée, la main d'œuvre spécialisée, l'emplacement géographique, 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 (graphique 1).

Graphique 1 : les facteurs d'attractivité structurelle à Dunkerque



Source : Kasmi, 2018

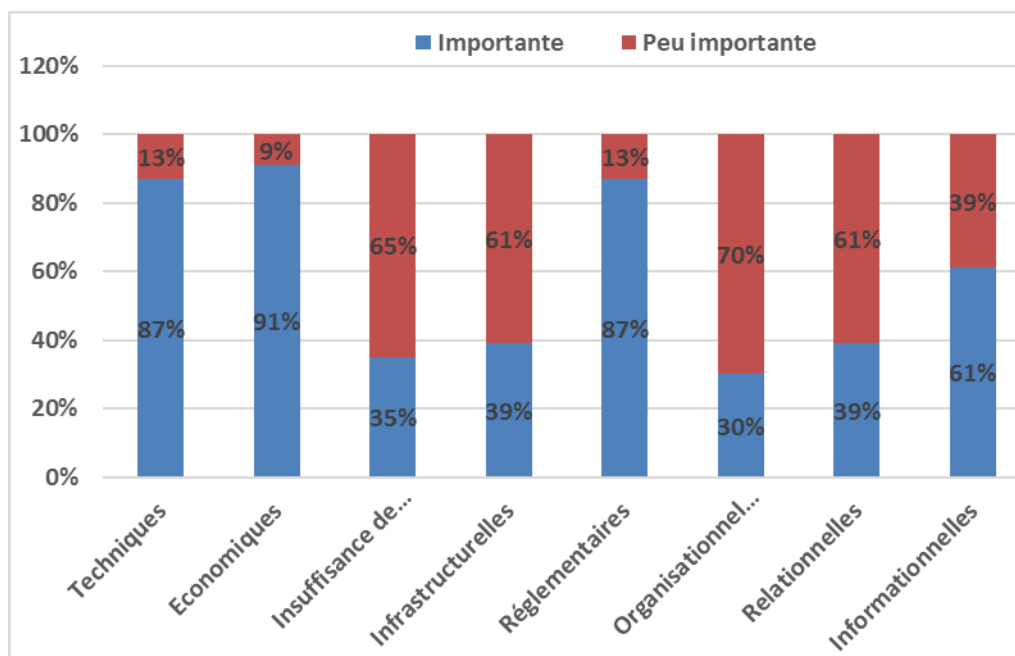
Nous étudié 7 cas d'entreprises nouvellement installées à Dunkerque (entre 2016 et 2018). Les résultats des entretiens ont permis d'identifier les entreprises nouvelles reliées à la symbiose industrielle (schéma 3). Par exemple une nouvelle entreprise de production de phosphate a établi une synergie avec une nouvelle usine de traitement de déchets pour la valorisation l'acide chlorhydrique. Après valorisation, le résidu chlorhydrique est réintégré par le producteur de phosphate dans son processus de production. L'énergie produite lors du processus de traitement permettrait de fournir en vapeur une autre entreprise voisine spécialisée dans la production de parfum qui fait partie de la symbiose industrielle. Ces trois entreprises sont ainsi reliées par l'écologie industrielle. À ces trois exemples s'ajoute une autre synergie entre l'entreprise de ciment et le sidérurgiste. Le producteur de ciment valorise les laitiers du sidérurgiste pour fabriquer un ciment écologique. Les synergies offrent à ces entreprises des possibilités de création de nouveaux marchés et de développement de nouvelles technologies.

Un autre exemple du projet Biotfuel développé par le groupe Total en collaboration avec plusieurs industriels sur le territoire. Ce projet a abouti à 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

Les difficultés liées à l'émergence d'une nouvelle trajectoire industrielle fondée sur l'écologie industrielle à Dunkerque

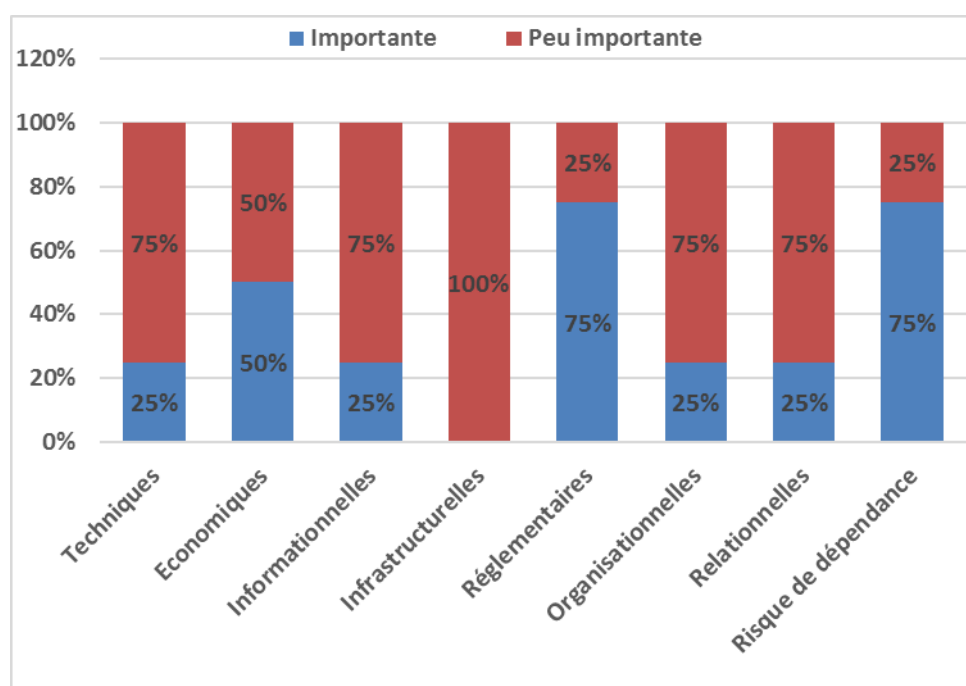
Les entretiens auprès des acteurs de la symbiose industrielle ont révélé les nombreuses limites qui contraignent la création des synergies, leur organisation mais aussi l'installation de nouvelles entreprises dans la symbiose industrielle. Ces difficultés sont assez classiques par rapport à celles que 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.) (graphique 2). 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 (graphique 3). 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.

Graphique 2 : Les difficultés de l'écologie industrielle à Dunkerque



Source : Kasmi, 2018

Graphique 3 : Les limites de l'écologie industrielle pour les nouvelles entreprises



Source : Kasmi, 2018

La contribution de l'écologie industrielle à la diversification des territoires industriels dépend, en effet, de la résolution de ces difficultés liées à l'instabilité des flux d'investissement et de matières. Les activités de services marchands et non marchands (actions de gouvernance) contribuent-ils au bon fonctionnement de la symbiose industrielle de Dunkerque ?

2.3. Discussion : Le rôle de la gouvernance territoriale dans le développement d'un milieu éco-innovateur à Dunkerque

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 permettant de 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

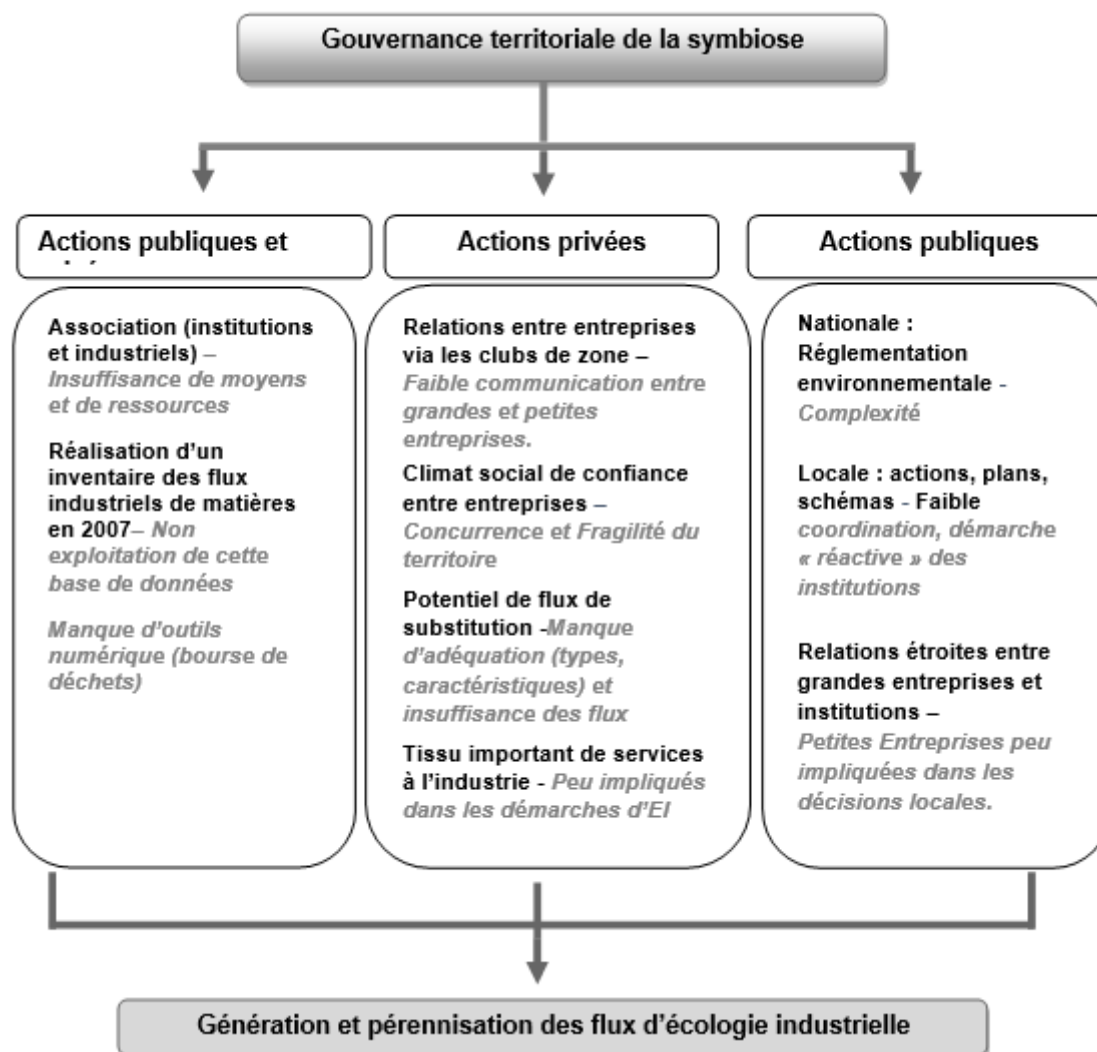
qualifiée de mixte dans la littérature) (schéma 4).

La gouvernance mixte 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 d'Ecopal, association issue de la volonté des industriels et appuyée par les institutions publiques locales (financement : 20% cotisations des entreprises, 80% fonds publics). Son activité est surtout centrée sur la construction des dynamiques de proximité entre acteurs (échanges d'informations, mise en œuvre de flux de mutualisation et de substitution). Cependant cette structure de petite taille n'a pas les moyens financiers et humains nécessaires à la multiplication et à l'accompagnement des flux. Ses actions sont considérées comme incomplètes par nos interlocuteurs. L'inventaire des flux réalisé par l'association à partir de 2007 reste insuffisamment utilisé pour des raisons de confidentialité mais aussi de moyens financiers et humains.

La gouvernance territoriale privée est pilotée par les clubs de zone d'activité rattachés à la chambre de commerce et d'industrie. Ils ont notamment pour rôle de mettre en interaction les entreprises, afin de promouvoir les synergies éco-industrielles. La majorité des (grandes) entreprises considère que leurs relations sont positives pour la mise en œuvre de projets collectifs, facilitées par des événements sociaux (comme le Carnaval) alors que les plus petites entreprises soulignent une communication et des interactions insuffisantes avec les plus grandes. La réticence au partage des données associées au secret industriel (entreprises concurrentes au sein d'Ecopal) peut toutefois freiner les initiatives. La proximité géographique peut aussi être fragilisée par la nature du territoire dunkerquois évoquée plus haut (nombreuses filiales et peu de centres de décisions) et qui peut freiner les projets de mise en œuvre de flux de substitution notamment. Plusieurs entreprises ont été confrontées à des difficultés économiques et financières (notamment, Ajinomoto, Europipe, Valdunes) ou réglementaires (Aluminium Dunkerque, Ball Packaging) au cours de l'enquête. Ces difficultés limitent les velléités d'investissement qui nécessitent un climat confiance à moyen/long terme. Le manque d'adéquation entre les flux (caractéristiques, volumes...) et leur quantité insuffisante pèsent aussi sur la création de filières de traitement et de valorisation.

Concernant la gouvernance publique, nos interlocuteurs considèrent que 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, comme souligné dans le point précédent. Au niveau local, l'EI s'appuie également sur les mesures et actions développées par les collectivités locales (par exemple le schéma d'environnement industriel qui comprend des recommandations à destination des industriels). Mais ces actions apparaissent peu coordonnées entre les différentes institutions et peu intégrées dans des démarches proactives. Ecopal est principalement en charge de l'EI et les différentes institutions ont tendance à orienter les acteurs intéressés vers Ecopal, sans intégrer l'EI dans leur propre stratégie de développement. L'EI est mise en avant lorsque le besoin est exprimé par un industriel 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.

Schéma 4 : Caractéristiques de la gouvernance territoriale dans l'écologie industrielle à Dunkerque



Source : Kasmi *et al.*, (2017)

Ces caractéristiques nous permettent de considérer que les actions de gouvernance territoriale à Dunkerque restent « fragmentées » 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.

Vers une gouvernance systémique

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

Notre principal objectif de ce travail était de comprendre les mécanismes par lesquels 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 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. Il est le résultat d'une combinaison des travaux sur l'écologie industrielle et les théories qui traitent de l'analyse économique du territoire (notamment du milieu innovateur). La mobilisation des travaux sur le concept de milieu innovateur nous a donné les instruments nécessaires pour analyser les symbioses industrielles.

Nous avons appliqué ce modèle d'analyse au complexe industrialo-portuaire de Dunkerque. À 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. Les entreprises ayant mis en place des pratiques d'écologie industrielle ont, dans certains cas, développé de nouvelles connaissances et compétences qui ont été transformées en éco-innovations (notamment de produit, de procédé ou de nouvelles pratiques). Néanmoins ces 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. *Ce résultat nous permet de valider que partiellement notre première hypothèse selon laquelle l'écologie industrielle permet la constitution d'un milieu éco-innovateur.*

Le deuxième volet de l'enquête a permis de constater que l'écologie industrielle a également engendré la création de nouvelles activités sur le territoire. Certaines nouvelles entreprises se sont installées dans la symbiose et sont reliées par les synergies aux entreprises présentes. En plus des facteurs d'attractivité conjoncturelle et structurelle du territoire 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 constat confirme la contribution de l'écologie industrielle dans le renforcement de l'attractivité territoriale et donc de la diversification des activités. Pour autant, les résultats en matière de diversification (fondée sur une variété reliée) sont pour l'instant embryonnaires, et restreints à quelques nouvelles unités. *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.*

Enfin, 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).

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 bon fonctionnement et l'organisation des synergies. 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 mais peu impliqués dans la symbiose. De plus, 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. Nous avons souligné la nécessité de la mise œuvre de nouvelles formes de gouvernance, mettant en avant le rôle important des acteurs public et semi-publics dans le développement de la symbiose industrielle. Pour aboutir à cette gouvernance systémique, nous avons mis 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.*

Le modèle d'analyse du milieu éco-innovateur proposé dans ce travail peut potentiellement ouvrir de nouvelles perspectives permettant l'élargissement de cette étude empirique à de nouveaux complexes industrialo-portuaires. La réalisation d'une comparaison avec d'autres territoires permettra de tirer de nouveaux enseignements notamment en termes des modes de gouvernance. 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.

BIBLIOGRAPHIE

- ADOUE C., 2007, *Mettre en œuvre l'écologie industrielle*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne
- ALLENBY B., 2006, The ontologies of Industrial Ecology? Progress in Industrial Ecology - *An International Journal*, Vol. 3, Nos. 1/2, 2006.
- ALLENBY, B.R., 1992. « Industrial Ecology: The Materials Scientist in an Environmentally Constrained World », *MRS Bulletin*, vol. 17, n° 3, p. 46–51.
- 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.
- 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.
- 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.
- BEAURAIN C., BRULLOT S, 2011, L'écologie Industrielle Comme Processus De Développement Territorial : Une Lecture Par La Proximité, *Revue D'économie Régionale Et Urbaine*, 2011/2, p.313-340.
- BEAURAIN, C. 2008. « La Construction d'un territoire à partir des ressources environnementales: L'exemple de l'agglomération dunkerquoise ». *Géographie, Economie, Société*, 10 : 365-384.
- BOONS F.A, BAAS L. W., 1997, Types of industrial ecology: the problem of coordination, *Journal of cleaner production*. Vol 5, p.79-86
- BOSCHMA R, BALLANDY P-A, KOGLERZ 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, Number 1, pp. 223–250
- 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. (2004), Competitiveness of Regions from an Evolutionary Perspective, *Regional Studies*, vol 38, n°9, pp.1001-1014.
- BOSCHMA, R., FRENKEN K. (2011), Technological Relatedness, Related Variety and Economic Geography, in Cooke P. et al., *Handbook of Regional Innovation and Growth*, Cheltenham, Edward Elgar, pp.187-210
- BOSCHMA, R., GIANELLE C. (2014), *Regional Branching and Smart Specialization Policy*, S3 Policy Brief Series n°6/2014, S3 platform, JRC-IPTS, Luxembourg: Publication Office of the European Union.
- BOSCHMA, R., S. IAMMARINO. 2009. "Related Variety, Trade Linkages, and Regional Growth in Italy." *Economic Geography* 85 (3): 289–311
- BOUTILLIER S., LAPERCHE B., UZUNIDIS D.,(dir), 2015, *Le territoire entrepreneurial durable : étude du cas de Dunkerque*, RRI, Institut CDC pour la Recherche.

- BOUTILLIER, S., UZUNIDIS, D., 1998, *Port et industries du Nord. Clichés Dunkerquois*, L'Harmattan, collection Economie et Innovation, Paris
- 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 : 1-26.
- BUCLET N., 2011, *Ecologie industrielle et territoriale, Stratégies locales pour un développement durable*, Presses Universitaires du septentrion, Lille.
- CERCEAU, J., N. MAT, L. LIMING, G. JUNQUA, V. LAFOREST ET C. GONZALEZ. 2014. « Implementing industrial ecology in port cities: international overview of case studies and cross-case analysis». *Journal of Cleaner Production* : 1- 16.
- 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, p. 407–415.
- CHERTOW M., 2007, “Uncovering” Industrial Symbiosis, *Journal of Industrial Ecology*. Vol 11, p. 11 – 30.
- COPPIN O., ZIEL J., MUDARD N., 2000, *Développement portuaire et milieu innovateur. Le cas de Dunkerque*, Document de travail Lab.RII, ULCO, n°31.
- 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
- DECOUZON, C. ET M. 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.
- DIEMER A., 2012, La technologie au cœur du développement durable : mythe ou réalité ? » *Innovations*, n° 37, p. 73-94.
- 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.
- EFFKE 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.
- 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;
- ERHENFELD J., 2004, Industrial ecology: a new field or only a metaphor?. *Journal of Cleaner Production*, n° 12, pp. 825-831.
- ERKMAN S., 1998, *Vers une écologie industrielle*, éditions Charles Léopold Mayer.
- ERKMAN, S. 2004. *Vers une écologie industrielle : comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle*, (2nd édition), Editions Charles Léopold Mayer, Paris.

- ESSLETZBICHLER, J., 2013, 'Relatedness, industrial branching and technological cohesion in US metropolitan areas,' *Regional Studies*, forthcoming, DOI: 10.1080/00343404.2013.806793.
- FORAY D., 2013, *Smart specialization and the New Industrial Policy agenda*. Policy Brief N° 8, European commission, Innovation for Growth – i4g.
- FORAY D., 2015, *Smart specialization: Opportunities and Challenges for Regional Innovation Policy*, Routledge/Regional Studies Association, New York.
- FORAY D., GOENAGA X., 2013, *The Goals of Smart Specialization*, S3 Policy Brief Series, European Union.
- FRENKEN K. VAN OORT F., VERBURG T. (2007), Related Variety, Unrelated Variety and Regional Economic Growth, *Regional studies*, Vol41.5, pp. 685-697.
- FROSCHE, R.A., GALLOUPOLOS N.G. 1989, Des stratégies industrielles viables. *Pour la science* N° 145 ; PP, 106 – 115.
- 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, *Économie circulaire et circuits courts écologie industrielle*, ISTE éditions Ltd.
- 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.
- GELDRON A., 2012, Peut-on recycler à l'infini ? *Pour la Science*, n°421.
- GIBBS D., DEUTZ P., 2007, Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development. *Journal of Cleaner Production*, vol. 15, p. 1683-1695.
- GLAESER, E. L., KALLAL, H. D, SCHEINKMAN, J. A., SHLEIFER A, 1992, Growth in Cities. *Journal of Political Economy*, 100(6). Pp: 1126-1152.
- HEIMERIKS, G., BALLAND, P.A., 2016, How Smart is Specialisation? An Analysis of Specialisation Patterns in Knowledge Production, *Science and Public Policy*, 43 (4): 562-574
- HILDE N., KEITSCH M., 2006, Une approche objective de la durabilité ? Théorie des implications scientifiques et politiques de l'écologie industrielle », *Écologie & politique* 2006/1 (N°32), p. 141-152.
- JACOBS J., 1969, *The economies of cities*, Vintage, New York.
- KASMI F., 2017, La symbiose industrielle : un milieu innovateur « durable » ?, in Boutillier S. et al, *Entrepreneuriat et innovation : Contextes et concept*, *Business and Innovation*, Peter Lang, Bruxelles.
- KASMI F., 2018, *Écologie industrielle, milieu éco-innovateur et diversification de l'économie territoriale : le cas du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque*, Thèse de doctorat en sciences économiques, Clersé/ULCO, Dunkerque
- KASMI F., LAPERCHE B., MERLIN-BROGNIART C., BURMEISTER A., 2017, *Écologie industrielle, trajectoire territoriale et gouvernance : quels enseignements à partir du cas de*

- Dunkerque (Nord- France). *Revue Canadienne des Sciences Régionales*, CNRS. Rang 3, pp. 103 – 113.
- KEMP R, PEARSON P., eds, 2008, *Final report MEI project about measuring eco-innovation*. STREP. pp, 1 -120.
- 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.
- 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., UZUNIDIS D, 2011, Crise, innovation et renouveau des territoires : dépendance de sentier et trajectoires d'évolution. *Innovations*, Vol 35, n°2, pp. 159-182.
- 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.
- 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., 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.
- 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.
- MAMELI F., IAMMARINO 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.
- MARSHALL A., 1890, *Principles of Economics*, Macmillan, Londres,.
- MARSHALL, A., 1920, *Principles of Economics*. Macmillan: London.
- OECD, 2013, *Innovation-driven growth: The Role of Smart Specialisation*, OECD Publishing.
- 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.

POIROT J, GERARDIN H, 2010, « L'attractivité des territoires : un concept multidimensionnel », *Mondes en développement* Vol 1, N° 149, p. 27-41.

SCHALCHLI P. (Coord), 2011, *Rapport COMETHE, Mémoire scientifique*, Rapport pour l'ANR, 175 p, miméo.

TORRE A., BEURET J.E., 2012, *Proximités territoriales. Construire la gouvernance des territoires, entre conventions, conflits et concertations*, Economica-Anthropos, Paris.

UZUNIDIS D., 2007, Entreprises, Entrepreneurs et milieux innovateurs : quelles politiques territoriales de compétitivité ?, *Humanisme et Entreprises*, n° 28, octobre, p. 57-73.

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.