

Dynamiques d'écologie industrielle et territoriale : Trajectoires d'innovations technologiques et organisationnelles

Technological and Organizational Innovations in Industrial and Territorial Ecology Projects

Chedrak De Rocher Chembessi^{1,2}, Christophe Beaurain³

¹ Laboratoire Geolab, Université de Limoges, France, chedrak.chembessi@unilim.fr

² CRAD, Université Laval, Canada-Québec, chedrak-sylvain-de-rocher.chembessi.1@ulaval.ca

³ Laboratoire Geolab, Université de Limoges, France, christophe.beaurain@unilim.fr

RÉSUMÉ. Les enjeux de transition écologique ont fait émerger de nouveaux modèles économiques qui portent à travers eux des processus d'éco-innovation. L'écologie industrielle et territoriale (EIT) se positionne au cœur de ces modèles économiques comme un processus que l'on veut systémique, fondé sur des innovations organisationnelles, technologique et sociale. Sa mise en oeuvre devrait ainsi conduire à transcender les logiques consuméristes de ressources naturelles, d'une part ; et d'autre part aider à un redéveloppement territorial à travers diverses formes de compétitivité et d'attractivité. En s'appuyant sur des synergies industrielles à Dunkerque et au Port de La Rochelle, cet article propose une lecture à différentes échelles : entreprises, réseau d'entreprises et territoires de l'écologie industrielle comme dynamique d'innovations.

ABSTRACT. The emergence of new economic models which must respond to ecological transition issues has triggered eco-innovation processes. Industrial and territorial ecology is at the heart of these new economic models. It is characterized by its systemic approach and based on organizational, technological and social innovations. Its implementation must aim to reduce consumption of natural resources and design a new territorial development through various forms of competitiveness and attractiveness. Therefore, this article identifies industrial ecology as an innovation process with multi-scalar approaches: from the perspective of both firms and the network of firms and territories. The analysis is based on data from industrial synergies implemented in the city of Dunkirk and the harbor of La Rochelle in France.

MOTS-CLÉS. Écologie Industrielle et Territoriale, Réseau d'acteurs, Territoires, Innovations.

KEYWORDS. Industrial and Territorial Ecology, Network of Actors, Territories, Innovations.

Introduction

Les impacts environnementaux significatifs des activités économiques ont conduit à des mutations dans les modes de production et de consommation, sans pour autant altérer les performances productives et financières des systèmes économiques [BOU 12, HUB 16]. Ces changements dans les procédés industriels, notamment, s'appuient sur des opportunités d'innovations et une reconfiguration des filières de production. Ainsi, l'activité industrielle devrait davantage se reposer sur une certaine circularité des flux entre entreprises d'une part, et entreprises et territoires d'autre part.

Au cœur de ces mutations, l'écologie industrielle se fonde sur des synergies de substitution (échange de flux de matières, d'énergies, d'eaux, etc.) ou de mutualisation (approvisionnement commun de matières premières, d'énergies, de services, etc.) [CHE 00].

Elle renvoie à la nécessité d'accroître la performance environnementale des entreprises, tout en consolidant et en améliorant leur compétitivité économique [HOF 14]. Cela se traduit par des modifications importantes dans les organismes productifs qui peuvent être distinguées comme des innovations sous diverses formes [BUC 14, ERK 04, GRE 06].

A cet effet, la question de l'articulation de l'écologie industrielle à des mécanismes d'innovations, ou plus particulièrement de changements au sein des organisations productives, suscite un intérêt récent auprès des chercheurs. A cela s'ajoute la réflexion profonde sur les capacités de l'écologie industrielle, et plus largement de l'économie circulaire¹, à constituer une catégorie émergente de l'action collective territorialisée. Dès lors, l'enjeu primordial est d'intégrer l'écologie industrielle au cœur des innovations territoriales, et plus singulièrement aux éco-innovations, en ce sens qu'elle répond à un objectif environnemental. Pour cette raison, l'innovation qui serait liée à l'écologie industrielle et territoriale ne peut être abordée simplement au niveau micro de l'entreprise. Elle suppose la prise en compte des relations interindustrielles mais aussi des dynamiques territoriales. En effet, la nature même de l'économie circulaire ne peut s'accommoder d'une approche centrée sur l'entreprise qui ne s'appuie que sur la seule adaptation de la rationalité individuelle de cet acteur aux nouvelles contraintes environnementales.

Pour tenter de répondre à ces défis susmentionnés, notre analyse s'intéresse aux changements dans les produits et les procédés industriels, aux interactions entre les différents acteurs. A cet effet, nous mobilisons des travaux récents sur les processus d'innovation [UZU 18, BOU 18] et sur les éco-innovations [DIA 15, FAR 12, KEM 07]. En faisant une lecture prospective des enjeux technologiques et organisationnels autour des synergies industrielles de Dunkerque et du Grand Port Maritime de la Rochelle, nous articulons notre réflexion autour de deux hypothèses majeures. En premier lieu, celle qui amène à considérer que la mise en œuvre de l'écologie industrielle induit des changements majeurs du point de vue technique et organisationnel. En second lieu, ces changements ou innovations doivent nécessairement être insérés dans une approche plus systémique, mobilisant différents acteurs territoriaux. Le choix de ces deux démarches d'écologie industrielle réside principalement dans le fait qu'elles mettent en interaction un espace portuaire, avec ses pôles industriels, et des territoires résolument portés sur les problématiques environnementales. Cependant, notre réflexion ne constitue point une analyse comparative entre les deux démarches d'écologie industrielle. Celles-ci sont mobilisées afin d'apporter un éclairage sur les enjeux traités dans cet article.

1. Écologie industrielle et territoriale, innovations et éco-innovations : un triptyque en construction

1.1. Enjeux conceptuels et théoriques de l'écologie industrielle et territoriale

Depuis les années 1980, l'écologie industrielle se distingue comme un modèle analogue à celui des écosystèmes naturels afin de modifier les relations interindustrielles. D'une manière

¹ L'écologie industrielle et territoriale constitue un des sept piliers de l'économie circulaire. Les six autres piliers définis par l'ADEME sont : l'écoconception, l'économie de la fonctionnalité, la réparation, le réemploi, la réutilisation, le recyclage.

générale, les matières résiduelles d'une entreprise pourraient servir de matières premières ou être utiles à une entreprise voisine [ALL 06a]. Les expressions de « chaînes alimentaires industrielles » ou de « métabolisme industriel » [AYR 89, AYR 02] ont progressivement été mobilisées pour désigner les échanges de flux potentiels entre entreprises et leur possible optimisation. L'objectif est de réduire sensiblement la consommation de matières, d'énergies, d'eaux et les émissions dissipatives [ERK 04]. L'écologie industrielle a ainsi, dans un premier temps, été circonscrite aux relations interindustrielles, avec la perspective éco-centrique clairement assumée d'une économie réencastrée dans la nature [ISE 03]. Cette approche des systèmes industriels s'accommode du modèle de fonctionnement des économies de marché, laissant peu de place à l'action humaine. Elle s'est construite sur l'hypothèse de l'avènement de modes de production et de consommation circulaires et dématérialisés, ne puisant que marginalement des ressources non renouvelables dans l'environnement [BUC 15].

Cette idée d'une rupture avec le fonctionnement linéaire de l'économie au travers de l'écologie industrielle a fait, dès l'origine, consensus au sein de la communauté des chercheurs en écologie industrielle. Toutefois, une ligne de fracture a surgi entre les tenants d'une analogie stricte des systèmes industriels et écologiques [ALL 06] et ceux d'une simple métaphore suggérant une appropriation des questions de coordination marchande, structurelle et organisationnelle [EHR 04, KOR 04].

Plus récemment, la prise en compte des logiques territoriales dépassant le cadre exclusif de l'industrie s'est développée notamment dans la sphère des chercheurs francophones sur l'écologie industrielle² [BAR 17, BUC 11]. Elle se traduit par une vision systémique articulant différentes échelles (entreprises, réseaux d'entreprises et territoires) pour la réduction des flux entrants de consommation nette de ressources. Les transformations induites par ce fonctionnement circulaire de l'activité industrielle servent de levier à la diffusion et à l'expérimentation d'un savoir-faire écoresponsable dans les systèmes industriels, et plus globalement à l'échelle des territoires. Cependant, la simplicité apparente des synergies industrielles impliquerait en réalité des changements de nature diverse, et son inscription dans un projet de territoire. Lesquels ne peuvent être saisis que par l'appropriation des questions structurelles qui sous-tendent les processus éco-innovants.

1.2. De l'innovation classique à l'éco-innovation : l'émergence d'un nouveau cadre théorique

Des économistes classiques jusqu'aux plus récents néo-libéraux, l'innovation a constitué un fil conducteur de l'analyse de l'évolution économique. Néanmoins, celle-ci fut longtemps réduite à sa dimension technique. En effet, seul le progrès technique est intégré, et pas toujours de manière parfaite, dans l'analyse des modèles de croissance [LAP 18]. Progressivement, la dimension organisationnelle, voire managériale, de l'innovation fut introduite dans l'explication des performances des organismes productifs. Celle-ci se conjugue principalement aux comportements des acteurs, à leurs interactions ou aux stratégies qu'ils développent pour répondre à des besoins particuliers.

² De manière significative, ces chercheurs ont ainsi parlé d'Écologie Industrielle et Territoriale, voire d'écologie territoriale dans l'optique d'un bouclage presque complet des flux territoriaux.

Elle renvoie aussi aux changements majeurs dans les contextes institutionnels. En effet, l'innovation, qui est ici davantage associée à l'activité entrepreneuriale, ne peut se détacher des caractéristiques institutionnelles (lois, règles, normes, conventions) [UZU 18]. De plus, à partir du moment où les différentes parties prenantes (entreprises, acteurs publics ou autres) appréhendent un problème donné, il s'ensuit une mise en commun de méthodes et/ou de connaissances. Cela suppose qu'il y ait eu en amont une mobilisation des acteurs et/ou de leurs structures.

Ce réseau ainsi constitué, développe à la fois des relations complexes et précises pour définir un ensemble de procédés permettant de générer de nouvelles normes productives, techniques et managériales. L'innovation résulte alors d'un processus d'apprentissage, d'un gros effort organisationnel, et devient parallèlement la source de diffusion d'une connaissance ou approche nouvelle [UZU 18]. En d'autres termes, il n'y a d'innovation que par l'existence d'une intelligence collective, ou d'un processus collectif au sein duquel les parties prenantes laissent entrevoir une compréhension mutuelle des enjeux, et la poursuite d'un objectif commun.

Cette appropriation de l'innovation quelque peu schumpétérienne, s'inscrit dans une vision linéaire de l'évolution économique ou de la croissance [SMI 76, SOL 57]. Elle sera profondément remise en cause face aux enjeux contemporains. Si les piliers traditionnels de l'innovation (la technique, l'organisationnel, le managérial et l'institutionnel) sont restés incontournables, il est apparu essentiel de considérer également les enjeux de transition écologique.

De l'émergence de la théorie des éco-innovations

Si la prise en compte de l'innovation dans l'analyse de l'évolution économique s'est fortement développée depuis les années 1950 [LAP 18], celle-ci prend de l'ampleur dans l'analyse des dynamiques de transition écologique [DIA 15, FAR 12, MAG 18]. Cependant, l'analyse des dynamiques de transition écologique fait intervenir différentes approches méthodologiques, conceptuelles et thématiques. Mais le point commun entre celles-ci reste la mise en perspective d'un système en pleine mutation au niveau des modes de consommation et de production [GEE 10].

Il s'agit ici de considérer l'intégration de la logique environnementale dans les entreprises. C'est-à-dire les changements imposés aux produits, ou aux procédés, dans les pratiques managériales d'une entreprise ou d'un réseau d'entreprises, en vue de réduire les risques environnementaux [KEM 07]. Au-delà donc des changements sur les produits, qui résultent d'un processus technique, ces mutations reposent aussi sur l'appropriation de nouveaux modèles d'affaires, l'émergence d'un réseau d'organisations ou d'acteurs complémentaires ou substitutifs.

En effet, les changements technologiques ne sont qu'une réponse parcellaire aux défis de la transition écologique. Ceux-ci ne peuvent être élucidés qu'au travers d'une approche systémique incluant différentes solutions du point de vue technologique, institutionnel et organisationnel [FAR 12]. Certains auteurs souligneront qu'il est fondamental de restructurer le système économique de manière globale autant en termes de production que de consommation [VAN 11, BER 09, GRI 10]. Il s'agit, en effet, de la seule alternative crédible

pour dépasser les effets rebonds ou les possibles externalités négatives du tout technologique, c'est-à-dire d'une approche d'innovation exclusivement centrée sur le produit, notamment en fonction de la nature complexe des enjeux écologiques [VAN 11, FAR 12]. Dans la continuité de ces argumentaires, nous adhérons à la posture critique d'Ansperger et Bourg pour qui, la mise en place d'une véritable économie circulaire répondant réellement aux enjeux de limitation des prélèvements de ressources naturelles et des déchets, aux échelles locales et planétaires, ne peut se satisfaire d'une simple « croissance verte » [ARN 16].

Ces différentes conditions réunies, les éco-innovations peuvent alors s'intégrer dans une vision de long terme, dépassant la logique de l'immédiateté, en se fondant autour d'initiatives ambitieuses. Ainsi, seule une pluralité de transformations permettrait de générer des résultats probants dans la conduite de la transition écologique [MAK 08]. La complémentarité de ces différents leviers techniques, organisationnels et institutionnels permet d'orienter et de construire le processus de transition sur le long terme.

En définitive, toute démarche qui tend à s'intégrer dans la logique des éco-innovations et à être de nature systémique met en interrelations différentes échelles et divers leviers d'actions pour contribuer à la transition écologique. On parle d'une logique du double impact. Les dynamiques d'interactions entre les acteurs agissent sur le processus de transformation socio-écologique et, en retour, ces changements influencent les comportements des acteurs au travers d'apprentissages issus du processus [FAR 12]. Les interactions aident à déterminer les stratégies, les ressources et les capacités individuelles de chacun des acteurs (firmes ou organisations) pour répondre aux perspectives des pratiques d'éco-innovations. Celles-ci concernent l'exploitation rationnelle (ou une meilleure utilisation) des ressources naturelles, et la réduction de la charge écologique des activités humaines [DIA 15].

2. Approche méthodologique : terrains d'études et cadre analytique

2.1. Stratégies de collecte de données

Cet article s'appuie sur une mise en récit d'entretiens et d'observations de terrain issus des démarches d'écologie industrielle et territoriale de Dunkerque et du Grand Port Maritime de La Rochelle. Pour ce faire, les données exploitées sont à répartir en deux catégories. En premier lieu, il s'agit de données recueillies de précédents travaux réalisés sur la presque symbiose industrielle de Dunkerque pour lesquels des entretiens semi-dirigés avaient été organisés. Plus d'une quinzaine d'entreprises et d'acteurs institutionnels locaux avaient alors été interviewés dans l'agglomération dunkerquoise.

Nous avons complété cette base de données par une dizaine d'entretiens semi-dirigés réalisés entre décembre 2017 et juin 2018 avec des acteurs institutionnels qui interviennent dans la démarche d'écologie industrielle du Grand Port Maritime de La Rochelle. Il s'agit essentiellement de l'ADEME (2), de la Région (1), de l'agglomération (2), du Grand Port Maritime (2), et d'un bureau d'études (2). Ces entretiens ont été complétés par la consultation de rapports d'activités, de documents de projets, et autres supports de communication relatifs au projet.

Nous nous sommes aussi intéressés aux rapports sur le développement durable de quelques entreprises. Cette collecte de données au Grand Port Maritime de La Rochelle s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche doctorale. Elle se poursuit actuellement par des entretiens semi-dirigés, une enquête par questionnaire auprès des entreprises, et la participation à des rencontres et séances de travail.

2.2. Des synergies industrielles de Dunkerque et La Rochelle : entre ports et territoires

Depuis quelques années, la prise en compte des contraintes environnementales dans les processus de production fait de l'écologie industrielle, et plus largement de l'économie circulaire, un enjeu stratégique national et infranational. En France, des expérimentations d'écologie industrielle et territoriale se multiplient avec la mobilisation des acteurs publics, des organes consulaires, des entreprises³.

2.2.1. De la prévention des risques aux synergies industrielles de Dunkerque

Le développement économique de l'agglomération de Dunkerque (Région des Hauts de France, sur le littoral de la Côte d'Opale) autour d'importantes activités industrielles, la sidérurgie dans un premier temps (années 1960), puis entre autres l'énergie, la chimie, l'agroalimentaire, la logistique (dès les années 1980), a engendré d'importantes conséquences environnementales. Ainsi, les politiques locales en faveur de l'environnement ont fini par déboucher sur des synergies industrielles au début des années 1990. Néanmoins, les prémices de l'écologie industrielle apparaissent dans les années 1980, au travers de dispositifs de réduction de la pollution atmosphérique, de maîtrise des dépenses énergétiques face au renchérissement des matières pétrolières [VAR 12].

Pour les collectivités locales de Dunkerque, le Port et plus d'une trentaine d'industriels locaux, il s'agissait de concilier respect de l'environnement et développement économique. La démarche d'écologie industrielle de Dunkerque s'est alors construite dans le temps, à partir de la valorisation des résidus sidérurgiques et de ceux de l'activité cimentière. Il s'en est suivi l'implantation d'un réseau de chauffage urbain mis en place par la récupération de la chaleur fatale d'un industriel local. On y ajoutera la valorisation des eaux usées de la centrale nucléaire de Gravelines par une ferme aquacole, entre autres flux. Cette démarche fait aujourd'hui office de référence en France. Des synergies potentielles sont continuellement identifiées et mises à l'essai sur les flux entrants et sortants des processus de production des entreprises. Elles devraient permettre de réaliser des économies de matières premières, d'eau, d'énergies, avec à la clef la volonté d'une réduction significative des co-produits ou déchets.

Sous la coordination de l'association Ecopal, depuis 2001, la démarche se structure désormais autour d'une centaine d'entreprises, de plusieurs acteurs territoriaux et agences d'État. D'autres opportunités sont identifiées. On peut citer entre autres la collecte mutualisée de déchets, la valorisation d'archives confidentielles, la mutualisation des services, l'assainissement de zones industrielles, des conseils et diagnostics environnementaux, etc. Une trentaine de synergies industrielles ont été développées avec une cinquantaine

³ Ce qui a donné lieu à la création du Pôle Français de l'écologie industrielle dont le site web peut être consulté à l'adresse www.france-ecologieindustrielle.fr.

d'entreprises. Citons, par exemple, la valorisation des gaz sidérurgiques de haut fourneau et de cokerie, des laitiers d'aciérie, des échanges divers de matières résiduelles, d'eaux.

2.2.2. De l'écologie industrielle et territoriale au Grand Port Maritime de La Rochelle

L'agglomération de La Rochelle, située dans la région de la Nouvelle-Aquitaine, est dotée d'un important réseau d'entreprises dans la métallurgie, la mécanique de précision, l'agro-alimentaire, l'activité nautique, etc. Ces entreprises sont localisées dans différentes zones industrielles, en particulier au Grand Port Maritime. Constituant l'un des pôles phares de l'activité économique locale, le port maritime de La Rochelle s'investit, depuis plusieurs années, dans la promotion de la culture du développement durable auprès des entreprises portuaires. A cet effet, de récentes initiatives sont développées pour concilier développement économique et protection de l'environnement en rationalisant les flux de matières et d'énergies des acteurs portuaires.

Dénommée « Matières Énergies Rochelaises (MER) », la démarche d'écologie industrielle et territoriale du Port de La Rochelle a été mise en place en 2015 pour développer des synergies industrielles, entre les entreprises portuaires, portant sur les matières résiduelles, l'énergie, l'eau, les équipements et autres. Par un rôle de facilitateur entre les acteurs portuaires, le Grand Port Maritime de La Rochelle a su mobiliser une quarantaine d'entreprises qui participent à la mise en place progressive des synergies industrielles.

De nombreuses potentialités ont été identifiées au sein du réseau. Elles portent sur la collecte et le tri mutualisés des déchets, la valorisation énergétique des résidus céréaliers, la récupération et l'échange des eaux de pluie, la mutualisation de services et d'équipements notamment liés au transport – logistique, réparation et construction navales.

Les premières synergies industrielles concernent des échanges de palettes de bois, de résidus de bétons et de plâtre, le développement et l'approvisionnement collectif en énergies renouvelables, la mobilité durable, des échanges de services et d'équipements, etc.

2.3. Cadre et approche analytiques

Le cadre analytique de cet article se situe au croisement de la grille de lecture de la théorie des proximités et celle des éco-innovations. En effet, la logique systémique qui sous-tend les innovations, en général, et les éco-innovations, en particulier, suppose l'existence d'un processus collectif. Qu'il s'agisse de changements techniques, organisationnels et institutionnels, la dynamique collective ne peut reposer exclusivement sur la proximité géographique, ou du moins la concentration spatiale des acteurs.

En effet, au-delà de la co-localisation ou plus simplement de la proximité géographique entre les acteurs, il faut souligner le rôle central, pour le processus de construction, des mécanismes et des formes de coordination entre ces acteurs, aboutissant à une gouvernance multi-niveaux et multi-acteurs [PEC 04]. On s'intéresse ici aux capacités d'interactions des individus, notamment les processus de communication, les liens sociaux, les connaissances spécifiques qu'ils possèdent, les valeurs et/ou croyances ou normes partagées dans le cadre des échanges [TOR 09]. Les liens entre acteurs participant à l'activité finalisée peuvent être lus par leur appartenance à un même espace de rapport, leur adhésion à un espace commun de représentations et de règles orientant les comportements collectifs [COL 99].

Parallèlement, les éco-innovations s'analysent à travers un cadre multi-niveau (firmes, réseaux de firmes, territoires) [DIA 15], en se basant sur deux axes clefs : celui de *l'effet ou de l'impact* de l'innovation [KEM 07, CAR 07], et celui de *la motivation des acteurs* [CHA 07]. Néanmoins, il est tout autant difficile de déterminer clairement la motivation des acteurs que les résultats issus des diverses expérimentations [CHA 07]. En effet, tous les acteurs n'expriment pas clairement leurs motivations, puisque celles-ci couvrent à la fois les champs économiques, écologiques et sociaux.

De fait, les travaux sont longtemps restés d'ordre préliminaire, avec une insuffisance ou un manque de recherches empiriques sur les éco-innovations [MAC 13]. Cependant, des indicateurs d'analyse ont pu être développés :

- *la cause* (motivations de l'adoption, du développement et de la mise en œuvre de l'innovation),
- *le processus* (mécanisme de mise en œuvre et de coordination de l'innovation),
- *le contexte* (les spécificités territoriales),
- *les types d'innovation* (les changements dans les procédés, produits et/ou services),
- *les politiques publiques* (l'influence de l'agenda public dans la diffusion de l'innovation au cœur du système étudié), et enfin
- *la performance* (économique, environnementale, sociale, etc.).

De la grille des proximités aux différents indicateurs des éco-innovations, nous en avons déduit un cadre analytique reposant sur trois facteurs déterminants : les *acteurs* du réseau, les *ressources* disponibles et les *stratégies* développées.

En nous appuyant sur les différents indicateurs soulignés ci-dessus, notre réflexion s'est développée autour d'une analyse de discours. Notre approche a consisté à interpréter la perception qu'ont les acteurs des logiques d'innovations dans leurs démarches, et à confronter celle-ci avec la nôtre. Notre raisonnement s'est construit autour d'observations de faits particuliers, au travers d'un contact intense qui se prolonge avec nos cas d'études. Cette démarche compréhensive a permis de relever de manière prospective des déterminants socio-organisationnels et techniques des démarches.

3. Trajectoires d'innovations dans les projets d'écologie industrielle et territoriale

L'écologie industrielle et territoriale suppose des interventions sur des procédés, des produits et des services ainsi qu'un maillage entre les acteurs, leurs ressources et leurs stratégies. Elle tend à répondre à des besoins de compétitivité sur le marché, d'une part, et à réduire les impacts environnementaux, d'autre part, avec comme objectif ultime la réduction des flux de matières.

Ainsi, un ensemble de capacités et de compétences technologiques, mais également de facteurs organisationnels et sociaux, sont indispensables à sa mise en œuvre. En répondant à

certains critères fondamentaux⁴, les mutations possibles de ces capacités et facteurs permettent d’appréhender les synergies industrielles comme un milieu éco-innovateur [UZU 18, KAS 18, MER 17].

3.1. De la mutation technologique dans les démarches d’écologie industrielle et territoriale

La mise en œuvre de l’écologie industrielle et territoriale engage la capacité des firmes, et plus globalement l’ensemble des parties prenantes, à relever des défis techniques liés à l’expérimentation de nouveaux procédés, mais aussi à la maîtrise de flux de matières résiduelles à valoriser [BOI 04, GRA 10]. Les solutions techniques promues consistent principalement en une remise en cause du système industriel, dominé par des questions de pollution et d’épuisement des ressources naturelles [ERK 04].

L’innovation technologique se réfère principalement aux changements dans les procédés et produits. Ces mutations permettent de réduire les impacts négatifs des processus de production sur l’environnement, de prévenir et/ou de réduire la pollution et/ou la consommation de ressources telles que l’énergie et l’eau [BEA 17a, KAS 18]. Elles supposent la disponibilité d’une expertise technique, notamment pour identifier de nouveaux débouchés aux résidus de matières. Néanmoins, il reste encore difficile de retracer convenablement les évolutions techniques dans le cadre des démarches d’écologie industrielle et territoriale.

De la faible lisibilité de la mutation technologique

Cette difficulté est principalement associée aux déficits d’informations sur les flux des entreprises et leurs procédés industriels. Ceci constitue même l’un des premiers obstacles à la mise en œuvre de l’écologie industrielle. Pour contourner ces insuffisances, retracer les évolutions techniques dans les synergies industrielles se réduit parfois à décrire les échanges de flux de matières. En effet, il est presque admis que ces échanges s’appuieraient sur des changements techniques dans les procédés et les compétences, au moins à l’échelle de l’entreprise [MER 17].

A cela s’ajoute le *lock in* technologique de certaines filières pour lesquelles les procédés industriels rigoureux limitent toute forme d’innovation ou rendent difficiles tout changement dans les systèmes techniques⁵. De plus, l’usage du terme « innovation » est très audacieux, en ce sens où les changements techniques opérés ne sont pas toujours de grande ampleur. Enfin, il ne s’agit pas toujours d’une solution unique (ou nouvelle) propre à la démarche. En effet, les solutions techniques promues en réponse à des enjeux environnementaux sont parfois l’appropriation ou l’adaptation d’un paradigme technique existant sans véritable changement radical dans les pratiques techniques [GAL 12].

Si cette lecture de l’innovation technologique s’intéresse principalement aux échelles méso et micro (inter-entreprises et au niveau de l’entreprise), il ne faudrait pas occulter que

⁴ [UZU, 18] résume dans son article introductif du numéro thématique « processus collectifs d’innovation » six critères essentiels pour considérer la symbiose industrielle comme « milieu éco-innovateur ».

⁵ Par *lock-in* technologique, on entend que la technologie adoptée, qui devient la norme, ferme la porte à d’éventuelles innovations technologiques susceptibles de remplir la même fonction.

le progrès technique dans les sphères industrielles s'inscrit dans des actions impulsées à la fois par des acteurs publics et privés (entrepreneurs, entreprises, institutions financières, laboratoires de recherche, Etats, etc.). D'où la question des intentionnalités humaines (valeurs, choix, conflits, etc.) qui ne peuvent pas être déconnectées de la prise en compte du changement technologique dans les démarches d'écologie industrielle [CHE 12, EHR 04].

Dans cette vision beaucoup plus constructiviste, les interactions (échanges d'informations, de connaissances et de techniques) et les modalités d'organisation (co-localisation, réseaux d'échanges...) sont davantage mobilisées. Les synergies industrielles sont alors étudiées au travers des dispositifs d'échanges, de dialogue, d'interactions et de nouvelles normes organisationnelles, institutionnelles voire commerciales.

3.2. Trajectoire organisationnelle et institutionnelle de l'écologie industrielle et territoriale

Les synergies industrielles ne se définissent pas exclusivement autour des échanges de flux, de la création de nouveaux produits, ou l'introduction de nouveaux procédés techniques. Elles se traduisent aussi par l'émergence d'un réseau d'organisations au sein duquel se développent des échanges structurants [BRU 14, VAR 12]. L'écologie industrielle se réfère ainsi à des changements importants dans les cultures organisationnelles et managériales, la mise en commun de compétences, l'activation d'une dimension spatiale non négligeable [BEA 17, CHE 12, RIO 10].

3.2.1. Des changements internes au sein des firmes

Dans le cadre de l'écologie industrielle, les mutations internes à l'échelle des parties prenantes, notamment au niveau des entreprises, renvoient aux transformations à réaliser dépassant le plus souvent les seules compétences disponibles en leur sein [BOI 04]. En effet, l'écologie industrielle suppose un processus d'acquisition, de diffusion et de production de connaissances permettant aux parties prenantes, spécialement les firmes, de s'adapter collectivement aux changements et de promouvoir de nouvelles pratiques.

Les changements internes aux firmes constituent parfois le référentiel de nouvelles approches stratégiques de management et/ou de coordination. Des synergies potentielles reposeraient sur des modifications importantes aux conventions collectives des employés de certaines entreprises, voire le recrutement de nouveaux salariés afin de leur affecter des tâches relevant directement de la gestion et la transformation des flux. Cependant, ce qui importe c'est la gouvernance même des synergies industrielles.

En effet, celle-ci constitue un des enjeux majeurs, car elle permet de développer des échanges récurrents, d'assurer leur pérennité et une performance globale de la démarche. Il s'ensuit ainsi différentes approches décrites comme des innovations organisationnelles dont l'analyse pourrait s'appuyer sur les logiques de proximités [BEA 17], ou l'approche pragmatiste de l'action collective [BEA 14], pour comprendre les relations inter-firmes d'une part, et les relations firmes-territoires d'autre part.

3.2.2. Des enjeux d'organisation et de coordination

Les synergies industrielles se réfèrent à des aspects techniques liés aux échanges de flux. Cependant, l'intégration d'une dimension organisationnelle ou relationnelle permet de répondre aux incertitudes et aux possibles conflits.

Autrement dit, l'écologie industrielle a la particularité de ne pas être un système fermé, statique, mais un système au sein duquel la prise en compte de la structure sociale est fondamentale [GRE 06]. De fait, la diversité des acteurs engagés, par conséquent, celle des intérêts en jeu, suppose inévitablement des formes de gouvernance originales, constitutives d'une action collective dont le ressort fondamental ne peut être saisi qu'à travers l'analyse de l'ensemble des interactions, marchandes ou non [BEA 17, DEC 15]. Il s'agit donc de créer un cadre propice à des relations fortes et structurantes entre une pluralité d'acteurs industriels ou non autour d'un objectif commun.

En effet, les interdépendances qui structurent les démarches d'écologie industrielle contraignent à développer des cadres de rencontres entre les acteurs, des mécanismes de coordination des échanges, etc. Ces espaces participent au renforcement des intensités de relations sociales, à la régulation des interactions, la résolution des conflits, etc. Il s'agit essentiellement de rencontres formelles initiées par les organismes de projet (notamment les responsables d'animation et de coordination) auxquelles participent les acteurs. Ces rencontres servent à construire la confiance, identifier les synergies potentielles de manière interactive entre les acteurs, en fonction notamment des intérêts et des besoins de chacune des entreprises. Elles sont complétées par des dispositifs informels ou non-formels facilités, eux aussi, par la proximité géographique des acteurs. Ils ont comme objectif de renforcer les liens sociaux entre ceux-ci, en ce sens que l'encastrement social des relations économiques est capital [GRO 15].

Ces normes organisationnelles dépendent pour l'essentiel des acteurs en présence : ceux qui imaginent ou structurent le réseau et les ressources ; ceux qui les utilisent et participent à son développement [MUS 12]. Au-delà des entreprises, il s'agit de tenir compte des aspirations de toutes les parties prenantes, notamment les collectivités territoriales. Ces dernières jouent un rôle fondamental, particulièrement en ce qui concerne leur investissement financier. De plus, leur connaissance du territoire est très importante dans l'identification et la mobilisation des entreprises locales.

Les changements organisationnels supposent donc le dépassement de la vision mécanique, hiérarchique et dominante de la gouvernance. Ils se fondent plutôt sur des modes de management coopératif capables de générer de manière plus systémique, et à un niveau local, des réponses collectives et concertées [CHE 12, BUC 14]. D'où l'importance de la prise en compte de la complexité du réseau, et des processus de communication. En d'autres termes, les changements organisationnels assurent une appropriation collective des échanges de flux de matières et d'énergies par les différentes parties prenantes. À cela, s'ajoutent les enjeux institutionnels qui concernent les changements apportés aux valeurs, normes et réglementations que partagent les acteurs [BRU 09, KAS 18].

3.2.3. *Entre normes et valeurs institutionnelles : le territoire comme dénominateur commun*

De manière générale, la dynamique d'innovation institutionnelle au sein des démarches d'écologie industrielle reste encore floue, ou du moins encore en construction. Cependant, elle a l'avantage de proposer une mise en relation entre le territoire et les acteurs de l'écologie industrielle [MER 17]. Elle s'intéresse aux différentes échelles du projet comme les valeurs et normes individuelles des entreprises (micro), le rôle et les dynamiques au sein du réseau, ou plus singulièrement le cadre institutionnel dans lequel évoluent les acteurs (méso), et enfin l'influence des politiques publiques, de l'agenda politique, le rôle citoyen ou des mouvements sociaux (macro).

En termes de changements institutionnels donc, l'écologie industrielle ouvre le champ à une institutionnalisation intra et inter-entreprises de la contrainte environnementale. De plus, les orientations de certaines politiques publiques, ou tout simplement les législations environnementales, sont orientées de sorte à faciliter les expérimentations.

L'autre défi institutionnel réside dans la capacité des synergies industrielles à s'intégrer dans un projet de territoire. Ceci suppose un engagement de multiples acteurs territoriaux, notamment les pouvoirs publics locaux. En effet, la participation publique locale peut se révéler être un déterminant dans le règlement des conflits entre les entreprises [BEA 17]. En outre, celle-ci peut également contribuer à une planification plus élaborée des synergies industrielles.

Les changements institutionnels offrent ainsi à l'écologie industrielle la particularité de s'approprier les fondements d'une action collective territoriale. Sa mise en œuvre se définit en fonction des spécificités territoriales, des acteurs impliqués, de leurs intérêts et de leurs interactions. Par ailleurs, elle pose les défis d'une construction de long terme, et d'une intégration dans une dynamique territoriale globale. Les leviers interactionnistes et institutionnels servent ainsi à instaurer de la confiance entre les acteurs, une capacité à créer des liens, et notamment un processus collectif pour répondre aux éventuelles contraintes auxquelles les acteurs peuvent être confrontés.

Le rapprochement entre écologie industrielle et milieu éco-innovateur laisse entrevoir des perspectives intéressantes, au-delà des insuffisances fondamentales qu'on a pu relever sur les dimensions techniques et institutionnelles.

4. Les démarches d'écologie industrielle de Dunkerque et du Grand Port Maritime de La Rochelle comme « milieu éco-innovateur » ?

L'écologie industrielle constitue un changement de paradigme dans les pratiques entrepreneuriales. Partant des synergies industrielles de Dunkerque et du Grand Port Maritime de La Rochelle, nous tentons de souligner les possibles changements technique et organisationnel.

4.1. La logique technologique comme fondement

L'émergence des symbioses industrielles résulte de la prise en compte de la préoccupation environnementale au sein des entreprises, sans occulter la création d'une

valeur économique soutenable. Ainsi, l'acceptabilité sociale « compliquée » des activités cérésières et pétrolières due aux cuves de pétrole et de cendres situées à proximité des habitations a été un élément décisif dans la réorganisation industrielle en cours du Port de la Rochelle. La prédominance de la question environnementale est aussi à l'origine de la mobilisation locale dans l'agglomération de Dunkerque pour le développement des synergies industrielles.

Certains échanges de flux pour les synergies dunkerquoises ont nécessité des modifications parfois importantes dans les procédés industriels de certaines firmes. Afin d'en arriver à la valorisation de certains sous-produits, certaines firmes « consommatrices » ont apporté des changements à leurs modèles de conception, afin de répondre à des exigences réglementaires sur la qualité des produits finaux. C'est le cas, par exemple, pour la réutilisation des résidus d'acier, de bois et plus particulièrement des résidus de matières plastiques. En effet, les normes de qualité sur les produits finaux jouent un rôle déterminant dans l'acquisition d'une technologie nouvelle, ou l'amélioration de l'existant, afin d'intégrer les résidus de matières dans les procédés industriels. Par ailleurs, la recherche de débouchés pour certains résidus de matières amène les acteurs à identifier des solutions techniques possibles pour leur utilisation dans d'autres filières.

Sur la question énergétique, par exemple, qu'il s'agisse d'une substitution ou d'une mutualisation, la dimension technologique est fort présente. Dans le cadre d'un réseau de chaleur ou d'échanges de flux d'énergies et d'eaux comme à Dunkerque, les entreprises mettent en place les infrastructures adéquates pour la production et la distribution des flux. En effet, le stockage du flux de chaleur, la centrale de traitement d'eaux, l'unité de méthanisation, le réseau de distribution constituent de nouvelles appropriations techniques pour les acteurs des synergies industrielles. Au Grand Port Maritime de La Rochelle, la demande croissante en flotte de voitures et de camions à hydrogène ou en gaz naturel vert (GNV) – pour plus de 3/4 des entreprises participantes, destinée au transport *in-situ* des bateaux entre le quai et les centres de réparation navale, des hydrocarbures et des céréales pour leur chargement – s'apparente ainsi à l'acquisition d'une nouvelle norme technologique. Cependant, le développement d'un réseau technique s'applique à la circulation de tous types de flux (déchets, énergies, eaux) entre les entreprises. Ces infrastructures techniques pour les échanges de flux, comme cela l'est à Dunkerque et à La Rochelle, aident à limiter les émissions de gaz à effet de serre, et d'éventuels coûts de transport.

De plus, les synergies de mutualisation concernent essentiellement les équipements techniques. L'un des défis majeurs des entreprises du Port de La Rochelle concerne la limitation des émissions de poussières. Celles-ci ont donc mutualisé le coût de la modernisation des infrastructures de chargements de navires, de bateaux et camions. Des investissements ont ainsi permis la construction de sauterelles. De la même manière, la mise en place de récupérateurs de chaleur issus du procédé sidérurgique, à Dunkerque, a permis de réduire les rejets de poussières et de polluants dans l'atmosphère.

Ces changements techniques peuvent résulter d'une stratégie de recherche et de développement technique de la firme, de requalification du personnel technique, de la participation à un réseau professionnel, etc. Les synergies industrielles de Dunkerque ou de La Rochelle, accordent ainsi une place primordiale à la recherche, afin d'identifier des

opportunités de valorisation des résidus de matières. L'accompagnement des laboratoires de l'Université du Littoral Côte d'Opale pour les synergies dunkerquoises, les récents partenariats entre le Port de La Rochelle et l'Institut Universitaire de Technologie (IUT), résument bien l'idée que l'écologie industrielle s'inscrit dans un chantier technique. Ces défis techniques ne peuvent néanmoins pas être dissociés des enjeux organisationnels. Les différents acteurs sont ainsi constamment à la recherche de nouvelles modalités organisationnelles voire institutionnelles qui permettent d'inscrire la démarche dans un processus collectif.

4.2. Des réponses collectives à des enjeux organisationnels

Si les démarches dunkerquoises furent facilitées par la prégnance locale de la question environnementale, il faut insister également sur l'influence du retentissement mondial de la symbiose industrielle de Kalundborg. Au-delà de la référence à ce modèle, il aura néanmoins fallu du temps pour une compréhension mutuelle des enjeux par les acteurs avec, à la clef, la mobilisation d'un plus grand nombre d'entreprises et d'acteurs locaux. Cette densification du réseau conduit les entreprises participantes à affecter du personnel pour le suivi des synergies. On y retrouve les responsables des départements environnement, partenariats et ventes, finances et comptabilité, affaires juridiques, etc. L'objectif est de favoriser l'appropriation interne aux entreprises des démarches d'écologie industrielle.

Pour faciliter cette appropriation, l'approche développée par le Grand Port Maritime de La Rochelle mise sur la participation active des responsables Qualité Sécurité et Environnement (QSE) des entreprises. Toutefois, les managers et dirigeants sont sollicités notamment pour le recrutement et l'adhésion de leurs entreprises, et la prise de décisions relatives à certaines synergies. L'appropriation interne s'appuie sur deux éléments clefs : les ressources et les compétences [BOI 04]. Les entreprises mobilisent des savoirs théoriques (scientifiques, techniques, juridiques, commerciaux, etc.) et des expériences capitalisées auprès d'acteurs tels que des ingénieurs, des responsables commerciaux, des prestataires de services, afin de repenser les possibilités de valorisation interne ou externe des résidus de matières [MER 17]. C'est ce qui justifie notamment la participation de bureaux d'études, voire des organes techniques tels que l'ADEME, aux démarches aussi bien au Grand Port Maritime de La Rochelle qu'à Dunkerque. Particulièrement au Port de La Rochelle, le bureau d'études accompagne les entreprises au diagnostic de flux, et tous les acteurs à identifier les possibles opportunités de valorisation. Cependant, la mobilisation de ces compétences et ressources s'inscrit dans un long processus d'apprentissage collectif. De plus, elle dépend de la volonté des firmes à opérer des changements en interne pour répondre au besoin des synergies. Les entreprises participantes aux synergies industrielles sont alors sollicitées à diverses occasions pour améliorer leur connaissance des enjeux traités.

Des rencontres thématiques, des formations spécialisées, des séances d'informations et d'échanges, des visites d'entreprises ou des rencontres individualisées avec l'animateur de projet ou une expertise précise, etc., aident à identifier de nouveaux débouchés, de nouveaux partenaires. La mise en œuvre de l'écologie industrielle vient outiller les entreprises non seulement pour des défis qui leur sont consubstantiels, mais également pour surmonter d'autres difficultés liées aux activités quotidiennes. Les collaborations entre entreprises concurrentes sur des segments particuliers comme le secteur céréalier à La

Rochelle constituent un changement de paradigme interne aux entreprises, dû directement aux synergies industrielles. Ces entreprises céréalières, concurrentes dans leurs activités quotidiennes, développent progressivement une coopération autour de la valorisation énergétique des résidus céréaliers, et la mutualisation de certains services et équipements. À ces défis organisationnels s'ajoutent la question de la coordination et/ou de l'animation.

4.2.1. De l'importance des organismes de projet ou comités de coordination

Au Port de La Rochelle, ce qu'il convient de souligner dans la coordination de la démarche locale, c'est la mutualisation de ressources entre le Grand Port Maritime (organisme public de gestion portuaire) et l'Union maritime (syndicat des entreprises portuaires). Cependant, le comité de pilotage mis en place fait office d'organe de coordination, en œuvrant au suivi et à l'évolution de la démarche. Composé d'environ une dizaine de membres – des représentants de tous les organes publics et privés investis dans le projet –, il constitue un pilier non négligeable dans la coordination. Néanmoins, ce comité de pilotage ne peut être considéré comme l'organe suprême de prise de décision. En effet, toutes les parties prenantes n'ont pas les mêmes pouvoirs décisionnels. De plus, les rencontres s'apparentent souvent à des séances de partage d'informations.

Du côté de Dunkerque, apparaît ce qui peut être considéré comme un changement organisationnel majeur dans la coordination des démarches d'écologie industrielle, notamment en France, voire dans l'espace francophone. En effet, la création de l'association Ecopal, en 2001, a constitué une mutation importante dans la gouvernance locale des synergies industrielles. Au-delà du fait de travailler à la mise en place et au suivi des synergies industrielles, cet organisme sert de levier pour inscrire les synergies dans une planification territoriale. De plus, son action s'oriente davantage à rendre les synergies industrielles pleinement autonomes. Il s'agit d'un pilier fondamental du management de l'écologie industrielle, c'est-à-dire des systèmes autogérés pour le bon fonctionnement des échanges de flux [CHE 12].

Cependant, cette quête d'autonomie ou d'autogestion n'est pas le propre des démarches soulignées dans cet article. La logique des acteurs, notamment des organismes de projet, consiste à mettre en interrelation différents intervenants dotés de compétences et de ressources complémentaires. Ainsi, en France, plus généralement, et au Port de la Rochelle, en particulier, l'Ademe et la Région offrent essentiellement les solutions financières et techniques. Des organismes tels que l'agglomération, le Grand Port Maritime et l'Union maritime apportent leur leadership territorial sur diverses questions comme les déchets, l'eau, la mobilité, leur connaissance des entreprises du milieu, etc.

Les symbioses industrielles sont alors construites autour d'un partenariat « gagnant – gagnant » permettant d'offrir plus de visibilité aux entreprises et de générer des avantages pour le territoire. Toutefois, les acteurs veillent à limiter tous risques de contrôle ou de domination de la démarche par une partie prenante. Par ailleurs, en distinguant des leaders territoriaux dans chacun des compartiments géographiques de la zone portuaire (Nord – Centre – Sud), le port maritime de La Rochelle a compris l'importance de disposer d'acteurs pivots au sein des synergies industrielles. Dans ce rôle de leaders territoriaux, ces entreprises – au-delà de leur potentiel de participation directe aux échanges de flux – aident à créer une mobilisation territoriale, voire faciliter la coordination du réseau. Indirectement,

il s'agit de renforcer l'appartenance territoriale de ces acteurs clefs, et toute chose étant égale par ailleurs, leur investissement dans le milieu. Mais comme nous l'avons souligné dans les paragraphes précédents, c'est l'intégration de la démarche dans un processus collectif qui importe. Cette dynamique collective dépend essentiellement des interactions existantes entre les acteurs. Des interactions qui naissent au travers de rencontres formelles et non-formelles.

Ainsi, neuf groupes de travail se réunissent régulièrement pour discuter des possibles échanges de flux au Port de La Rochelle⁶. A Dunkerque, les rencontres formelles se sont structurées autour de deux cadres institutionnalisés bien distincts. En premier lieu, elles le sont par le biais d'une contractualisation des relations entre les entreprises participant aux synergies, et structurant un échange marchand ou non. Aussi ont-elles lieu à l'initiative de l'association Ecopal. En effet, l'une de ses missions est précisément de favoriser les rencontres et les échanges entre les acteurs. Ces rencontres abordent des enjeux de faisabilités technico-économiques, afin de répondre aux besoins des entreprises, notamment autour de certaines questions récurrentes.

Il s'agit, par exemple, des incertitudes autour des investissements techniques, de la quantité et de la qualité des flux, des retombées économiques notamment pour les entreprises. Ces rencontres formelles aident à structurer la démarche et à définir notamment des normes contractuelles entre les différentes parties prenantes. Néanmoins, les réseaux de symbiose industrielle se réfèrent de plus en plus à des relations non-formelles. Des activités extraprofessionnelles et sociales sont organisées. Elles concernent la participation à des déjeuners collectifs, à des événements sportifs et ludiques, etc. Il faut néanmoins souligner que ces rencontres non-formelles ne sont pas toujours initiées par les organismes de projet. La proximité sociale entre ces acteurs se crée lors des rencontres formelles ou au travers des synergies industrielles. Ce lien social se renforce par l'intermédiaire d'activités qu'ils organisent eux-mêmes. L'agencement des relations formelles et non-formelles participe au maintien et/ou renforcement des interactions marchandes ou non. Lesquelles sont indispensables pour appréhender la démarche dans une intelligence collective.

Dans ces relations, la place de l'individu, et plus singulièrement des ouvriers des entreprises, n'est point occultée. Bien que ces derniers ne soient pas directement parties prenantes des échanges liés aux synergies industrielles, leurs motivations individuelles peuvent affecter la démarche. À titre d'exemple, les syndicats de personnel peuvent s'opposer aux modifications des conventions collectives. En effet, les changements contractuels sont parfois déterminants pour définir de nouvelles tâches à l'interne, voire même la mutualisation du personnel et/ou d'équipements. De plus, ces derniers ont parfois une connaissance des changements techniques et des débouchés possibles pour les résidus de matières qu'il apparaît important de considérer. La question des conventions collectives ou des motivations individuelles fait partie intégrante des valeurs et normes institutionnelles qui peuvent influencer les démarches d'écologie industrielle. Les synergies industrielles sont alors considérées en fonction du cadre institutionnel existant non seulement au sein des entreprises, entre elles, mais aussi et surtout à l'échelle territoriale et macro-sociétale.

⁶ De février 2017 à octobre 2017, vingt-et-une rencontres ont eu lieu pour les neuf groupes de travail, soit en moyenne deux rencontres par groupes que sont : biomasse, matériaux, eau, palettes, collecte mutualisée des déchets, énergie, déplacement alternatif, cap sur l'économie portuaire, solarisation des bâtiments.

4.2.2. Des changements dans les normes institutionnelles

De Dunkerque au Grand Port Maritime de La Rochelle, les démarches d'écologie industrielle aident à faire de la contrainte environnementale un facteur clef, dans les pratiques productives et managériales des entreprises. L'enjeu de transition écologique s'établit comme une valeur partagée et le résultat d'un apprentissage collectif par l'ensemble des parties prenantes. Les rapports construits avec des entreprises mieux aguerries sur la problématique environnementale au sein de ces réseaux de synergies industrielles a contribué, par exemple, à l'adoption des normes internes sur le développement durable, la prise des mesures pouvant aider à l'obtention des certifications ISO, etc. Si ces nouveaux leviers institutionnels diffèrent d'une entreprise à une autre, d'une symbiose à une autre, ils révèlent cependant un apprentissage et/ou l'émergence d'un référentiel commun de normes.

Cette similitude de valeurs est davantage renforcée par les récentes orientations de politiques publiques. En effet, dans le contexte global de transition écologique, il est apparu nécessaire de construire une cohérence entre tous les projets de synergies industrielles. Cette cohérence recherchée se traduit par la mise en place d'un cadre institutionnel et législatif plus structuré. En France, la loi Transition énergétique pour la croissance verte de 2015, avec ses mécanismes de financement et d'expertise technique, joue un rôle capital dans les changements à la fois techniques et organisationnels liés à l'écologie industrielle. Et plus récemment, l'adoption d'une feuille de route sur l'économie circulaire vient renforcer ce rôle des politiques publiques, particulièrement à l'échelle locale.

Sur le territoire dunkerquois, la mise en place d'un réseau de chauffage urbain, et plus récemment, l'insertion du terminal méthanier dans les synergies industrielles vient remettre en évidence l'importance du rôle des collectivités locales⁷. Du côté du Port de La Rochelle, les synergies industrielles permettent de se projeter sur une redéfinition du rôle, de la perception et de la participation de l'agglomération et de différents acteurs territoriaux. Ainsi, cette démarche portuaire est au cœur d'un processus d'innovation territoriale, porté sur le champ de l'écologie industrielle par différents projets⁸ dont l'articulation renvoie, à n'en pas douter, à un mécanisme d'attractivité territoriale.

En définitive, l'analyse des logiques techniques et organisationnelles des synergies industrielles du Port de La Rochelle et de Dunkerque laisse apparaître une dynamique qui trouve son origine dans la prise en compte de la problématique environnementale. Sous l'initiative de quelques acteurs industriels et institutionnels, ces démarches se consolident par la densification des réseaux, avec l'arrivée de nouveaux acteurs. Ce réseau d'acteurs s'appuie sur des modalités organisationnelles et managériales assez identiques pour les deux démarches. L'autre dimension essentielle de leur mise en œuvre concerne les évolutions

⁷ Le *process* de réchauffement du gaz naturel liquéfié (GNL) est alimenté par les eaux chaudes rejetées par la centrale nucléaire de Gravelines, située à quelques kilomètres du terminal, et un institut de recherche a été créé pour développer de nouvelles applications et débouchés pour les « frigories » issues du terminal vers certains industriels du territoire.

⁸ Il existe au moins trois projets relevant des pratiques d'écologie industrielle dans l'agglomération de la Rochelle : les synergies industrielles du Port de La Rochelle, du Port de Rochefort, puis la démarche Biotop de la zone d'activités de Périgny.

techniques dans les procédés, les produits et les services. Des changements techniques qui sont parfois sous l'influence des normes et réglementations mais aussi des spécificités territoriales. Celles-ci peuvent être des facteurs favorisant ou limitant la dynamique technique. Toutefois, ces mutations, techniques ou organisationnelles, sont dépendantes des liens relationnels entre les acteurs (entreprises et autres acteurs du territoire), mais aussi et surtout de l'implication des acteurs publics locaux.

Au total, en se fondant sur des typologies diverses de l'innovation [FRE 98, GAL 12], il est possible de retracer, dans les démarches d'écologie industrielle, des innovations *incrémentales* (amélioration d'une technologie existante sans changer les usages et pratiques institutionnels), *organisationnelles et sociales* (changement de pratiques associé à une amélioration technique mineure). En revanche, on n'observe pas encore réellement le développement d'innovations *technico-fixes* (changements techniques radicaux qui préservent les pratiques existantes) et *transformatrices* (mise en œuvre de nouveaux systèmes technologiques, qui se manifestent par un changement radical de techniques et de pratiques). En conséquence, il semble encore difficile de conclure à une influence possible de milieux éco-innovateurs.

Conclusion

Souscrivant à des dynamiques techniques et socio-organisationnelles, l'écologie industrielle s'intègre aux questionnements sur les processus d'éco-innovations. C'est du moins ce que nous avons tenté de souligner dans cet article, en mettant davantage en lumière l'approche systémique des synergies industrielles. Cette approche suppose l'activation d'un réseau de coopération, des changements dans les produits et/ou services, des procédés industriels au sein des firmes. De ce fait, les échanges de résidus de matières et/ou la mutualisation de services et d'équipements se caractérisent par des changements qui peuvent être considérés comme des innovations inter-reliées à différentes échelles.

Cependant, l'enjeu d'un découplage de la croissance économique et de la pression environnementale ne saurait être conduit dans une vision de long terme si les mécanismes opérants tels que ceux de l'écologie industrielle ne génèrent pas des avantages au-delà des seules entreprises participantes. C'est d'ailleurs autour de cette perspective de dépassement de la valeur centrée sur l'entreprise qu'émerge la notion de « valeur territoriale » [MAI 17]. En d'autres termes, la mise en œuvre de l'écologie industrielle et territoriale constituerait la source potentielle d'un gain territorial collectivement construit par les acteurs locaux, s'articulant autour des objectifs de compétitivité et d'attractivité.

Bibliographie

- [ALL 06] ALLENBY B., « The ontologies of industrial ecology? », *Progress in Industrial Ecology*, 3(1-2), p. 28-40, 2006.
- [ALL 06a] ALLENBY R., COOPER W. E., « Understanding industrial ecology from a biological systems perspective », *Environmental Quality Management*, 3(3), p. 343-354, 2006.
- [ARN 16] ARNSPERGER C., BOURG D., « Vers une économie authentiquement circulaire », *Revue de l'OFCE*, 145, p. 91-125, 2016.

- [AYR 02] AYRES R. U., AYRES L. W., *A handbook of industrial ecology*, Edward Elgar, Cheltenham (UK), 2002.
- [AYR 89] AYRES R. U., « Le métabolisme industriel et les changements de l'environnement planétaire », *Revue internationale des sciences sociales*, 121, p. 401-412, 1989.
- [BAR 17] BARLES S., « Écologie territoriale et métabolisme urbain : quelques enjeux de la transition socioécologique », *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, Décembre (5), p. 819-836, 2017.
- [BEA 14] BEURAIN C., VARLET D., « Quelques pistes de réflexion pour une approche pragmatiste de l'écologie industrielle : l'exemple de l'agglomération dunkerquoise », *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, Vol. 5, n° 1, <https://journals.openedition.org/developpementdurable/10111>, 2014.
- [BEA 17] BEURAIN C., MAILLEFERT M., VARLET D. L., « La proximité au cœur des synergies éco-industrielles dunkerquoises », *Flux*, 109-110, p. 23-35, 2017.
- [BEA 17a] BEURAIN C., CHEMBESSI C. D. R., « Quelques expériences urbaines d'écologie industrielle en Europe du Nord : Vers quelles innovations ? », *Revue Nordiques*, 33, p. 25-45, 2017.
- [BER 09] BERKHOUT F., ANGEL D., WIECZOREK A., « Sustainability transitions in developing Asia: are alternative development pathways likely? », *Technological Forecasting Social and Change*, 76, p. 215–217, 2009.
- [BOI 04] BOIRAL O., KABONGO J., « Le management des savoirs au service de l'écologie industrielle », *Revue française de gestion*, n° 149(2), p. 173-191, 2004.
- [BOU 18] BOUTILLIER S., « Le potentiel de ressources de l'entrepreneur innovateur », *Revue Technologie et Innovation*, 18 – 3, <https://www.openscience.fr/Le-potentiel-de-ressources-de-l-entrepreneur-innovateur>, 2018.
- [BOU 12] BOUTILLIER S., DJELLAL F., GALLOUJ F., LAPERCHÉ B., UZUNIDIS D., *L'innovation verte*, P.I.E Peter Lang, Bruxelles, 2012.
- [BRU 09] BRULLOT S., Mise en œuvre de projets territoriaux d'écologie industrielle en France : vers un outil méthodologique d'aide à la décision, Thèse de doctorat en Développement en Durable, Université de Technologie de Troyes, Troyes, 2009.
- [BRU 14] BRULLOT S., MAILLEFERT M., JOUBERT J., « Stratégies d'acteurs et gouvernance des démarches d'écologie industrielle et territoriale », *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, Vol. 5, n° 1, 2014.
- [BRU 17] BRULLOT S., JUNQUA G., ZUINDEAU B., « Écologie industrielle et territoriale à l'heure de la transition écologique et sociale de l'économie », *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, Décembre (5), p. 771-796, 2017.
- [BUC 11] BUCLET N., *Écologie industrielle et territoriale : stratégies locales pour un développement durable*, Presses universitaires du Septentrion, Villeneuve d'Ascq, 2011.
- [BUC 14] BUCLET N., « L'économie de fonctionnalité entre éco-conception et territoire : une typologie », *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, Vol. 5, n° 1, <http://journals.openedition.org/developpementdurable/10134>, 2014.
- [BUC 15] BUCLET N., « Écologie Industrielle et économie circulaire : définitions et principes », dans Y. ALIX, N. MAT et J. CERCEAU (dir.), *Économie circulaire et écosystèmes portuaires*, Éditions EMS, Management & Société, Caen, p. 27-41, 2015.
- [CAR 07] CARRILLO-HERMOSILLA J., DEL RÍO P., KÖNNÖLÄ T., « Diversity of Eco-innovations: Reflections from selected case studies », *Journal of Cleaner Production*, 18, p. 1073–1083, 2010.
- [CHA 07] CHARTER M., CLARK T., Sustainable Innovation. Surrey, UK: Centre for Sustainable Design. 2007.

- [CHE 12] CHERTOW M., EHRENFELD J., « Organizing Self-Organizing Systems », *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), p. 13-27, 2012.
- [CHE 00] CHERTOW M., « Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy », *Annual Review of Energy and the Environment*, 25(1), p. 313-337, 2000.
- [COL 99] COLLETIS G., GILLY J.-P., LEROUX I., PECQUEUR B., PERRAT J., RYCHEN F., ZIMMERMANN J.-B., *Construction territoriale et dynamiques productives*, Université Aix-Marseille III, G.R.E.Q.A.M., 1999.
- [DEC 15] DECOUZON C., MAILLEFERT M., PETIT O., SARRAN A., « Arrangements institutionnels et écologie industrielle », *Revue d'économie industrielle*, 152, p. 151-172, 2015.
- [DIA 15] DÍAZ-GARCÍA C., GONZÁLEZ-MORENO Á., SÁEZ-MARTÍNEZ F. J., « Eco-innovation: insights from a literature review », *Innovation, Organization & Management*, 17(1), p. 6-23, 2015.
- [EHR 04] EHRENFELD J., « Industrial ecology: a new field or only a metaphor? », *Journal of Cleaner Production*, 12(8), p. 825-831, 2004.
- [ERK 04] ERKMAN S., *Vers une écologie industrielle* (2^e édition), Ed. Charles Léopold Mayer, Paris, 2004.
- [FAR 12] FARLA J., MARKARD J., RAVEN R., COENEN L., « Sustainability transitions in the making: A closer look at actors, strategies and resources », *Technological Forecasting and Social Change*, 79(6), p. 991-998, 2012.
- [FRE 98] FREEMAN C., PEREZ C., *Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour*, Pinter, London, 1998.
- [GAL 12] GALIEGUE X., « Le regard de l'économiste: portée et limites de l'innovation environnementale », *Vie & sciences de l'entreprise* 2, 191 - 192, p. 39-58, 2012.
- [GEE 10] GEELS F. W., SCHOT J., « The dynamics of transitions: a social-technical perspective », dans J. GRIN., J. ROTMANS et J. SCHOT (Eds.), *Transitions to sustainable development: new directions in the study of long term transformative change*, Routledge, New York/London, p. 11-104, 2010.
- [GRA 10] GRAEDEL T., ALLENBY B., *Industrial ecology and sustainable engineering*, Prentice Hall, Boston, 2010.
- [GRE 06] GREEN K., RANDLES S., *Industrial ecology and spaces of innovation*, Edward Elgar Pub, Northampton, 2006.
- [GRI 10] GRIN J., ROTMANS J., SCHOT J., *Transitions to sustainable development. New directions in the study of long term transformative change*, Routledge Studies in Sustainability Transitions, Routledge, New York/London, 2010.
- [GRO 15] GROSSETTI M., Note sur la notion d'encastrement. *SociologieS*. Théories et Recherches, <http://journals.openedition.org/sociologies/4997>, 2015.
- [HOF 14] HOFFMAN J., CORBETT J., JOGLEKAR N., WELLS P., « Industrial Ecology as a Source of Competitive Advantage », *Journal of Industrial Ecology*, 18(5), p. 597-602, 2014.
- [HUB 16] HUBACEK K., FENG K., CHEN B., KAGAWA S., « Linking Local Consumption to Global Impacts », *Journal of Industrial Ecology*, 20(3), p. 382-386, 2016.
- [ISE 03] ISENMANN R., « Industrial ecology: shedding more light on its perspective of understanding nature as model », *Sustainable Development*, 11(3), p. 143-158, 2003.
- [KAS 18] KASMI F., « Le milieu "éco-innovateur". Écologie industrielle et diversification de l'économie territoriale », *Revue Technologie et Innovation*, <https://www.openscience.fr/Le-milieu-eco-innovateur-Ecologie-industrielle-et-diversification-de-l-economie>, 2018.
- [KEM 07] KEMP R., PEARSON P., *Final report MEI project about measuring eco-innovation* (Measuring eco-innovation N°. Deliverable 15), 120 p., Netherlands: UM-Merit. <https://www.oecd.org/env/consumption-innovation/43960830.pdf>, 2007.

- [KOR 04] KORHONEN J., « Theory of industrial ecology », *Progress in Industrial Ecology, an International Journal*, 1(1-3), p. 61-88, 2004.
- [LAP 18] LAPERCHE B., « Le capital savoir de l'entreprise et l'innovation : définition, rôles et enjeux », *Revue Technologie et Innovation*, <https://www.openscience.fr/Le-capital-savoir-de-l-entreprise-et-l-innovation-definition-roles-et-enjeux>, 2018.
- [MAC 13] MAÇANEIRO M. B., DA CUNHA S. K., BALBINOT Z., « Drivers of the adoption of Ecoinnovations in the pulp, paper, and paper products industry in Brazil », *Latin American Business Review*, 14, p. 179–208, 2013.
- [MAG 18] MAGNUSSON T., BERGGREN C., « Competing innovation systems and the need for redeployment in sustainability transitions », *Technological Forecasting and Social Change*, 126, p. 217-230, 2018.
- [MAI 17] MAILLEFERT M., ROBERT I., « Nouveaux modèles économiques et création de valeur territoriale autour de l'économie circulaire, de l'économie de la fonctionnalité et de l'écologie industrielle », *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, Décembre (5), p. 905-934, 2017.
- [MAK 08] MARKARD J., TRUFFER B., « Technological innovation systems and the multi-level perspective: towards an integrated framework », *Research Policy*, 37, p. 596–615, 2008.
- [MER 17] MERLIN-BROGNIART C., « Nature et dynamique de l'innovation des nouveaux modèles de croissance: le cas de l'écologie industrielle et de l'économie de la fonctionnalité », *Innovations*, 54, p. 65-95, 2017.
- [MUS 12] MUSIOLIK J., MARKARD J., HEKKERT M. P., « Networks and network resources in technological innovation systems: Towards a conceptual framework for system building », *Technological Forecasting and Social Change*, 79, p. 1032-1048, 2012.
- [PEC 04] PECQUEUR B., ZIMMERMANN J.-B., *Économie de proximités*, Lavoisier, Paris, 2004.
- [RIO 10] DEL RÍO P., CARRILLO-HERMOSILLA J., KÖNNÖLÄ T., « Policy Strategies to Promote Eco-Innovation », *Journal of Industrial Ecology*, 14(4), p. 541-557, 2010.
- [SMI 76] SMITH A., *Recherches sur la Nature et les Causes de la Richesse des Nations*, Coll. Folio essais, Paris (publié en 1776), 1976.
- [SOL 57] SOLOW R.M., « Technical change and the aggregate production function », *The Review of Economics and Statistics*, vol. 39, n. 3, p. 312– 320, 1957.
- [TOR, 09] TORRE A., « Retour sur la notion de Proximité Géographique », *Géographie, économie, société*, 11(1), p. 63-75, 2009.
- [UZU 18] UZUNIDIS D., « Collectifs d'innovation et innovation collective », *Revue Technologie et Innovation*, <https://www.openscience.fr/Collectifs-d-innovation-et-innovation-collective>, 2018.
- [VAN 11] VAN DEN BERGH J. C., TRUFFER B., KALLIS G., « Environmental innovation and societal transitions: introduction and overview », *Environ. Innov. Soc. Transitions*, 1, p. 1–23, 2011.
- [VAR 12] VARLET D., Enjeux, potentialités et contraintes de l'écologie industrielle : le cas de Dunkerque, Thèse de doctorat, Sciences de gestion, Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque, 2012.