



HAL
open science

Écosystème d'innovation circulaire dans les territoires industrialo-portuaires, caractéristiques et enjeux : Les cas de Dunkerque (France) et North Sea Port (Belgique/Pays-Bas)

Aina Ndrianjara Andriamanantena

► **To cite this version:**

Aina Ndrianjara Andriamanantena. Écosystème d'innovation circulaire dans les territoires industrialo-portuaires, caractéristiques et enjeux : Les cas de Dunkerque (France) et North Sea Port (Belgique/Pays-Bas). Economies et finances. Université du Littoral Côte d'Opale, 2024. Français. NNT : 2024DUNK0700 . tel-04678372

HAL Id: tel-04678372

<https://theses.hal.science/tel-04678372v1>

Submitted on 27 Aug 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



COMMUNAUTÉ
URBAINE
DE DUNKERQUE



UNIVERSITÉ
SORBONNE
PARIS NORD

Thèse de Doctorat

Mention : Sciences de la Société

Spécialité : Sciences économique

Présentée à l'Ecole Doctorale en Sciences Humaines et Sociales (ED 586)

De l'Université du Littoral et de la Côte d'Opale

Par

Aina Ndrianjara Andriamanantena

Pour obtenir le grade de Docteur de l'Université du Littoral et de la Côte d'Opale

*Écosystème d'innovation circulaire dans les territoires industrialo-portuaires,
caractéristiques et enjeux – Les cas de Dunkerque (France) et North Sea Port
(Belgique/Pays-Bas)*

Sous la direction de

M. Gérard Dokou-kokou (Directeur de thèse)

Mme Céline Viala (Co-directrice de thèse)

Soutenue le 14 mars 2024 après avis des rapporteurs, devant le jury d'examen :

M^{me} Faridah DJELLAL, Professeure, Université de Lille

Présidente

M^{me} Hanane BEDDI, Professeure, Université de Vincennes-Paris 8

Rapporteur

M. Benoît DESMARCHELIER, Professeur, Université Sorbonne
Paris Nord

Rapporteur

M. Gérard DOKOU-KOKOU, Professeur, Université du Littoral
Côte d'Opale

Co-directeur de thèse

M^{me} Céline VIALA, Maître de Conférence HDR, Université Paris
Nord

Co-directrice de thèse

Dédicaces

*« Car je connais les plans que j'ai pour toi, des plans pour te faire prospérer et non te nuire,
des plans pour te donner de l'espoir et un avenir. »*

Jeremiah 29: 11

*« Un cœur intelligent acquiert la connaissance, et l'oreille du sage recherche la
connaissance. »*

Proverbes 18: 15

À mon épouse, RASOLOMANANA Onjaniaina Mianin'Harizo

Merci de m'avoir soutenu et encouragé

À ma fille, ANDRIAMANANTENA Miantsa Emma

Merci pour la joie que tu nous apportes tous les jours

À mes mentors VIALA Céline et MOLOYE Veena

qui m'ont aidé, conseillé et suivi durant toutes ces années

À mes parents, ANDRIAMANANTENA Rasamy

et RASOANAIVO Vololoniaina

Merci d'avoir été là pour moi

À mes beaux-parents qui m'ont transmis la valeur du travail et de l'effort :

RASOLOMANANA Harizo

Et RAKOTOMIANINA Lantsoa

À mes taties qui m'ont aidé à être celui que je suis devenu

À mon frère, mon beau-frère et ma belle-sœur qui m'ont apporté tant de joie

À ma famille

REMERCIEMENTS

C'est avec une immense gratitude et un sentiment d'accomplissement que je tiens à remercier la Communauté Urbaine de Dunkerque (CUD) et l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO) qui ont financé ce travail de thèse.

L'achèvement de ma thèse de doctorat a été un voyage long et exigeant, mais il n'aurait pas été possible sans le soutien inestimable de nombreuses personnes.

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma gratitude envers mon directeur de thèse, Monsieur Gérard DOKOU-KOKOU (Professeur) sans qui ce travail n'aurait pas abouti. Son engagement, sa disponibilité, sa grande flexibilité, son pragmatisme et son calme indéfectible ont été essentiels dans la finalisation de la thèse.

je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance envers ma directrice de thèse, Madame Céline VIALA (maître de conférence HDR), qui m'a offert des opportunités quand toutes les autres portes étaient fermées, qui m'a initié à la recherche et m'a orienté vers le doctorat, pour sa guidance, son expertise, sa patience et son soutien indéfectible tout au long de ce voyage académique. Vos conseils m'ont permis de grandir en tant que professionnel et chercheur et d'atteindre cette étape importante de ma vie.

Je tiens également à remercier le comité de thèse, composé de Madame Faridah DJELLAL (Professeure, Université de Lille), Monsieur Benoît DESMARCHELIER (Professeur, Université Sorbonne Paris Nord) et Madame Hanane BEDDI (Professeure, Université de Vincennes-Paris 8) pour avoir accepté d'examiner mon travail et de prendre part au jury.

Un grand merci à Monsieur François BOST (Professeur, Université de Reims) et Monsieur Antoine BEYER (Professeur, Université Cergy-Pontoise), deux chercheurs exceptionnels qui ont suivi mon travail et m'ont apporté leurs aides, leurs soutiens et leurs conseils depuis le commencement de la thèse.

J'adresse un grand merci à mes amis et collègues : Dave MOBHE BOKOKO (Doctorant), Sonia VEYSSIERE (Docteure en sciences économique) , Mme Thi Kim LE (Maitre de conférences) et Aliénor DE ROUFFIGNAC (Docteure en sciences économiques).

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers mon épouse RASOLOMANANA Onjaniaina Mianin'Harizo qui a été une source constante de soutien, d'encouragement et de compréhension tout au long de cette aventure académique. Sa patience, son amour inconditionnel et sa capacité à me soutenir dans les moments difficiles ont été des piliers essentiels de mon parcours doctoral. Merci pour ton soutien inébranlable et pour avoir été ma source d'inspiration quotidienne.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de cette thèse. Votre soutien a été essentiel pour m'aider à franchir ce cap.

Je suis très reconnaissant pour cette opportunité et je suis fier d'avoir mené à bien cette thèse. Cela marque la fin d'un chapitre et le début d'une nouvelle aventure. Je suis impatient de voir où mon parcours académique me mènera à présent.

Encore une fois, merci à tous pour votre précieux soutien.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE	11
1. Entre prise en compte de l’environnement au niveau international et résultats enregistrés	12
2. Émergence des principaux concepts liés au développement durable.....	14
3. L’économie circulaire : une solution pour un développement plus durable	16
3.1. L’économie circulaire portée par les institutions et politiques publiques	16
3.2. L’économie circulaire vue dans la littérature scientifique.....	19
3.3. L’écologie industrielle pour étudier l’économie circulaire à un niveau mésoéconomique	24
4. L’économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires.....	26
4.1. Vers la définition d’un territoire industrialo-portuaire	27
4.1.1. Les territoires industrialo-portuaires face à la question environnementale....	28
4.1.2. L’économie circulaire pour transformer les territoires industrialo-portuaires	30
4.2. Le concept d’écosystème d’innovation pour appréhender l’économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires	33
4.2.1. L’approche systémique de l’innovation à travers le concept de système d’innovation	33
4.2.2. Evolution des concepts connexes au système d’innovation.....	34
4.2.3. L’évolution des concepts autour de l’écosystème	35
5. Présentation de la problématique et de la méthodologie de recherche.....	42
6. Structure de la thèse	48
Chapitre 1. Le rôle des ports dans l’économie circulaire. Construction d’un tableau de bord d’indicateurs.....	50
1. Introduction.....	51
2. Territoires industrialo-portuaires et économie circulaire : une double relation ..	53
2.1. Les ports : des territoires favorables au développement des activités liées à l’économie circulaire	53
2.2. L’économie circulaire comme le levier de développement des territoires industrialo-portuaires.....	56
3. L’évaluation de la transformation territoriale misant sur l’économie circulaire : méthodologie de construction d’un tableau de bord.....	59
3.1. Les indicateurs de l’économie circulaire dans la littérature	59

3.2.	La construction d'un tableau de bord d'indicateurs pour mesurer la transition d'un territoire industrialo-portuaire vers l'économie circulaire	61
3.3.	Application du tableau de bord d'indicateurs au cas de Dunkerque : méthodologie de l'enquête de terrain	66
4.	Résultats.....	69
4.1.	Le territoire industrialo-portuaire de Dunkerque : historique et évolution récente 69	
4.2.	Présentation des résultats du tableau de bord	71
4.2.1.	Axe 1 : Stratégie, gouvernance, communication.....	72
4.2.2.	Axe 2 : Symbiose industrielle	74
4.2.3.	Axe 3 : Développement économique	76
4.2.4.	Axe 4 : Impacts environnementaux.....	78
5.	Discussion et Conclusion	79
	Bibliographie.....	83
Chapitre 2.	Construction d'un écosystème d'innovation circulaire dans les territoires industrialo-portuaires : le case de Dunkerque, France	91
1.	Introduction.....	93
2.	L'économie circulaire comme nouveau modèle économique pour les territoires industrialo-portuaires	95
2.1.	L'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires.....	95
2.1.1.	L'économie circulaire comme modèle de développement des territoires industrialo-portuaires	95
2.1.2.	Développement de l'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires	97
2.2.	De l'écosystème de l'innovation à l'écosystème de l'innovation circulaire.....	100
3.	Méthodologie	110
3.1.	Présentation du territoire de Dunkerque	110
3.2.	Collecte des données	112
4.	Résultats et discussion	115
4.1.	Interprétations	115
4.1.1.	Acteurs	115
4.1.2.	Relations.....	118
4.1.3.	Ressources.....	123
4.1.4.	Résultats : Les éco-innovations.....	124
4.2.	Discussion.....	128
5.	Conclusion	131

Bibliographie.....	133
Chapitre 3. Panorama de l'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires : Le cas de North Sea Port.....	138
1. Introduction.....	139
2. La formation de North Sea Port et ses enjeux d'économie circulaire.....	143
2.1. Présentation de North Sea Port.....	143
2.2. Trajectoire industrielle de North Sea Port.....	145
2.3. North Sea Port, une fusion réussie.....	147
3. Méthodologie	150
4. L'économie circulaire pour transformer North Sea Port	152
4.1. Les facilitateurs de l'économie circulaire à North Sea Port	152
4.1.1. Le port	153
4.1.2. Les institutions de recherche	154
4.1.3. Les institutions gouvernementales	156
4.1.4. Les clusters.....	157
4.1.5. L'unité pilote de production	158
4.2. Les activités d'économie circulaire à North Sea Port.....	161
4.2.1. Le recyclage	161
4.2.2. L'écologie industrielle à North Sea Port	164
5. Discussion et Conclusion	169
Bibliographie.....	172
CONCLUSION GÉNÉRALE DE LA THÈSE.....	176
BIBLIOGRAPHIE.....	185
ANNEXES	205

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Figure 0-1. Les trois domaines incluant les sept piliers de l'économie circulaire selon l'ADEME.....	18
Figure 0-2. Évolution du nombre d'articles sur l'économie circulaire	20
Figure 0-3. Quelques-uns des concepts rattachés à l'économie circulaire	22
Figure 0-4. Les trois types d'écosystème selon Allenby (1992).....	25
Figure 0-5. Évolution du concept d'écosystème d'innovation	40

Chapitre 1. Le rôle des ports dans l'économie circulaire. Construction d'un tableau de bord d'indicateurs

Figure 1-1. Économie circulaire et territoires industrialo-portuaires.....	58
Figure 1-2. Axes du tableau de bord d'indicateurs	63
Figure 1-3. Évolution de l'écologie industrielle de Dunkerque.....	71
Figure 1-4. Synthèse des résultats de l'analyse du cas de Dunkerque selon les quatre axes du tableau de bord d'indicateurs	72

Chapitre 2. Construction d'un écosystème d'innovation circulaire dans les territoires industrialo-portuaires : le case de Dunkerque, France

Figure 2-1. Économie circulaire et territoires industrialo-portuaires.....	97
Figure 2-2. Écosystème d'innovation circulaire.....	109
Figure 2-3. Les grandes lignes de l'histoire de l'écologie industrielle à Dunkerque.....	111
Figure 2-4. Écologie industrielle dans le territoire industrialo-portuaire de Dunkerque.....	122

Chapitre 3. Panorama de l'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires : Le cas de North Sea Port.

Figure 3-1– La localisation de North Sea Port.....	144
Figure 3-2– La transformation de CAPTURE.....	155

Figure 3-3– Relations entre les facilitateurs de l'économie circulaire à North Sea Port.....	160
Figure 3-4– Répartition des 19 entreprises par catégories de déchets valorisés et les résultats North Sea Port.....	162

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Tableau 0-1. Caractéristiques de l'écosystème entrepreneurial et de l'écosystème d'innovation différences	38
---	----

Chapitre 1 : Le rôle des ports dans l'économie circulaire. Construction d'un tableau de bord d'indicateurs

Tableau 1-1. Participation aux enquêtes par type d'acteur	67
Tableau 1-2. Système de notation des indicateurs	68

Chapitre 2. Construction d'un écosystème d'innovation circulaire dans les territoires industrialo-portuaires : le case de Dunkerque, France

Tableau 2-1. Classification des articles liant CE et ports	99
Tableau 2-2. Caractéristiques d'un écosystème d'innovation.....	103
Tableau 2-3. Cycle de vie d'un écosystème d'innovation	107
Tableau 2-4. Liste des entretiens	113
Tableau 2-5. Indicateurs sélectionnés pour vérifier l'existence d'un écosystème d'innovation circulaire	114
Tableau 2-6. Résultats pour les acteurs.....	118
Tableau 2-7. Organismes de régulation et leurs interventions dans le développement des synergies	119
Tableau 2-8. Constatations concernant les ressources	124
Tableau 2-9. Résultats pour l'éco-innovation	126
Tableau 2-10. Réduction des émissions par entreprise sur la base des enquêtes réalisées au cours des cinq dernières années	127

Chapitre 3. Panorama de l'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires : Le cas de North Sea Port.

Tableau 3-1. Entretiens North Sea Port	152
Tableau 3-2– Panorama des symbioses industrielles de North Sea Port	165

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1– Elaboration des questionnaires et conduite des entretiens	205
Annexe 2- Questionnaires du programme IMPPEC – Cas de Dunkerque	206
Annexe 3- Liste des acteurs cibles du programme IMPPEC (cas d'étude Dunkerque)	229
Annexe 4 - Résultats avec notation par acteur	233
Annexe 5 - Déchets portuaires année 2020 (Source port)	237
Annexe 6 – Emissions de gaz	238
Annexe 7 - Résultats du benchmark des activités d'économie circulaire des 7 premiers ports du Range Nord Européen pour la sélection du deuxième étude de cas	241
Annexe 8-Questionnaires pour les entretiens semi-directifs pour le cas de North Sea Port..	250

GLOSSAIRE

Termes	Significations
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AGUR	Agence d'Urbanisme de Dunkerque
BBEP	Bio Based Europ Pilot Plant
BM	Business Model
CCU	Carbon Capture and Utilisation
CCS	Carbon Capture and Storage
CDN	Contributions Déterminées au Niveau National
CEFIC	Club des Entreprises Françaises pour l'Economie Circulaire
COP	Conférence des parties
CUD	Communauté Urbaine de Dunkerque
CIRIDD	Centre International de Ressources et d'Innovation pour le Développement Durable
CNTE	Conseil National de la Transition Ecologique
EC	Economie Circulaire
ECOPAL	ECONomie et ECOlogie Partenaires dans l'Action Locale
EI	Ecologie Industrielle
EMA	Environmental Management Act
ESA	Ecosystème d'Affaires
ESI	Ecosystème d'Innovation
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
GNL	Gaz Naturel Liquéfié
Gt	Gigatonne
IMPPEC	Impacts des Ports sur l'Economie Circulaire
INES	INclusion, Égalité, Solidarité
INEC	Institut National de l'Économie Circulaire
LTECV	Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte
NSP	North Sea Port
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
POMOV	Agence provinciale de développement de la Flandre orientale
SI	Symbiose Industrielle
SPL	Système Productif Local
TIP	Territoire Industrialo-Portuaire
UE	Union Européenne
ZIP	Zone Industrialo-Portuaire

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'histoire de la croissance économique est généralement associée à l'apparition de la révolution agricole des 16^e et 17^e siècles en Angleterre et aux Pays-Bas où le volume global de production augmente plus vite que la population (Bairoch, 1989). Cette croissance ne connaît cependant une accélération qu'avec l'émergence de la révolution industrielle à la fin du 18^e siècle qui marque le début de l'hégémonie de l'Europe dont les premiers effets apparaissent en Angleterre.

Au début du siècle dernier, l'invention du fordisme par Henry Ford ouvre la voie au système global fondé sur la consommation de masse associant la standardisation, le travail à la chaîne et la réduction des coûts de production (Boyer & Orléan, 1991). Dans le système économique dominant, la nature est considérée comme un stock illimité de ressources à exploiter. L'ensemble des ressources naturelles et surtout celles non renouvelables comme le charbon et le pétrole qui constitue le capital naturel devient un facteur de production au même titre que le capital technique et humain (Rotillon, 2019; Simula & Simula, 2014).

Depuis les années 1970, la population mondiale a doublé, les activités économiques ont continué à s'intensifier, facilitées par des innovations technologiques toujours plus poussées qui permettent d'extraire davantage, et ce, plus rapidement. Selon l'international Resource Panel, durant la période 1970 à 2017, l'extraction annuelle des ressources naturelles au niveau mondial est passée de 27,1 milliards de tonnes à 92,1 milliards de tonnes avec une croissance annuelle soutenue de 2,6% en moyenne (Oberle et al., 2019). Cette exploitation des ressources qui est faite en grande partie par les pays développés sera d'ailleurs selon l'Organisation des Nations unies (ONU) doublée d'ici 2060 pour atteindre 190 milliards de tonnes (ONU, 2019).

En replaçant ce modèle économique dans son contexte environnemental, la surexploitation des ressources naturelles est inextricablement liée au changement climatique, à la diminution de la biodiversité et à la désertification (Oberle et al., 2019). L'extraction, la transformation et l'utilisation des ressources naturelles créent une pression sur l'environnement en créant de la pollution qui dépasse les capacités d'absorption de cette dernière. La Banque mondiale estime que 2,01 milliards de déchets municipaux ont été produits en 2016 (Kaza et al., 2018). Les déchets industriels quant à eux représentent entre 1,2 à 1,67 milliard de tonnes pour les déchets

non dangereux et 490 millions pour les déchets classés dangereux¹ avec une estimation en hausse de plus de 70% d'ici 2050 si aucune mesure la tendance reste la même. En France par exemple, la production annuelle de déchets industriels est estimée à 310 millions de tonnes en 2020, dont 11 millions de déchets dangereux (Datalab, 2022). En 2022, les émissions mondiales dans l'atmosphère ont atteint plus de 40,6 milliards de tonnes d'équivalent CO₂ (Badillo, 2023). En décomposant ce chiffre suivant les sources émettrices, il est constaté que l'extraction des ressources naturelles représente à elle seule approximativement 50% des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le monde tandis que le traitement et l'élimination des déchets ont généré 1,6 milliard de tonnes d'équivalent CO₂ en 2016, soit environ 5% des émissions mondiales de GES de l'année considérée (Kaza et al., 2018).

La surexploitation conduit à la raréfaction des ressources naturelles, ce qui augmente le coût lié à leurs extractions et indirectement le coût de production. Ce modèle de développement économique basé sur le triptyque « prendre-utiliser-jeter » aussi connu comme étant l'économie dite « linéaire » résume parfaitement le rapport entre l'homme et son environnement. Cependant, les externalités négatives issues de ce modèle linéaire sont remises en question par une prise de conscience générale. L'adaptation des politiques pour intégrer l'environnement oriente vers un mode de développement plus durable qui est l'économie circulaire.

1. Entre prise en compte de l'environnement au niveau international et résultats enregistrés

Selon Lacroix et Zaccai (2010, p. 209), « *l'économie constitue une menace pour l'environnement et l'environnement représente une contrainte pour l'économie* ». Le développement économique a toujours été mis en avant par les gouvernements, tandis que l'environnement et son importance ne se reflètent que très tardivement dans les actions concertées au niveau international. Trois raisons pouvant expliquer ce décalage : 1) les biens et services environnementaux ne se caractérisent pas par un prix chiffrable (par exemple l'air pur). 2) Les pays en voies de développement qui constituent la catégorie la plus tributaire des

¹ Ce sont des déchets qui peuvent générer des nuisances pour l'homme ou pour l'environnement. Ce type de déchet est défini par le décret n° 2002-540 du 18 avril 2002 et peuvent présenter une ou plusieurs des propriétés de danger comme nocif, irritant, explosif, infectieux, toxique etc. ce qui implique certaines précautions particulières.

ressources naturelles sont aussi les moins à même de peser sur les processus politiques et sur les décisions, et ce, à tous les niveaux. 3) Il reste difficile pour les pouvoirs publics de justifier les coûts de la protection de l'environnement alors que les retombées des actions ne se manifestent qu'à long terme (Lacroix & Zaccai, 2010). Ces raisons font que les questions qui relient les impacts des activités humaines sur son environnement n'ont commencé à prendre une dimension internationale que dans les années 1950 avec le rapport sur l'état de l'environnement (Vrignon, 2020). Il faudra cependant attendre les années 1988 pour que le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) soit créé par le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE). Le GIEC endosse alors le rôle de médiateur entre les gouvernements et la communauté scientifique. Dans ce processus de prise en compte de l'environnement, la réalisation concrète des objectifs définis par chaque convention a été confiée à la conférence des parties (COP) qui est un organe rassemblant les parties signataires des conventions (Collard, 2021).

Malgré la multiplication des conférences internationales depuis 1950, les résultats en termes de réduction des externalités négatives sont mitigés. Un premier constat sur l'environnement est publié en 2010 par le PNUE sous forme d'un rapport intitulé « Emissions Gap Report » qui indique les seuils d'émissions à ne pas franchir (environ 44 gigatonnes²) afin de limiter le réchauffement planétaire à 2°C. Ce premier rapport conclut à l'insuffisance des actions des politiques concernant la réduction des émissions pour l'atteinte de l'objectif des 2°C.

En 2022, la nouvelle édition du rapport « Emissions Gap Report » (ONU, 2022) met l'accent sur la crise climatique qui appelle une transformation rapide des sociétés. Ce treizième rapport nous permet de faire le constat sur les progrès réalisés avec le premier rapport de 2010. Le premier point marquant mis en avant est l'insuffisance des mesures prises pour lutter contre le changement climatique. Depuis la vingt-sixième conférence des Nations unies sur le changement climatique (COP 26) de 2021 à Glasgow, très peu de progrès ont été réalisés pour réduire l'énorme écart d'émissions pour 2030, c'est-à-dire l'écart entre les réductions d'émissions promises et les réductions d'émissions nécessaires pour atteindre l'objectif de

² 1 gigatonne = 1 000 000 000 Tonne

l'Accord de Paris adopté en 2015. Les contributions déterminées au niveau national³ (CDN) nouveau et mises à jour des pays depuis la COP 26 réduisent les émissions mondiales de GES en 2030 de seulement 0,5 gigatonne d'équivalent CO₂ (GtCO_{2e}), par rapport aux projections d'émissions basées sur les promesses d'atténuation faites à l'époque. Les politiques actuellement en place, sans action supplémentaire, devraient entraîner un réchauffement de la planète de 2,8°C au cours du 21^e siècle.

Collectivement, les membres du G20⁴ sont responsables de 75% des émissions mondiales de GES et sont très en retard dans la réalisation de leurs engagements en matière d'atténuation pour 2030. Pour être sur la bonne voie pour limiter le réchauffement de la planète à 1,5°C, les émissions annuelles mondiales de GES doivent être réduites de 45% par rapport aux projections d'émissions dans le cadre des politiques actuellement en vigueur, en seulement huit ans, et elles doivent continuer à diminuer rapidement après 2030. Plus récemment, le 19 avril 2023, le parlement européen⁵ s'est engagé à réduire d'ici 2030, ses émissions de GES d'au moins 55% par rapport aux niveaux de 1990. Si cet engagement reste ambitieux, plusieurs grands industriels de la sidérurgie et métallurgies comme ArcelorMittal Dunkerque (France) et ArcelorMittal Gent (Belgique) ont commencé à mettre en place des actions pour se conformer aux nouvelles directives européennes.

2. Émergence des principaux concepts liés au développement durable

La prise en compte de l'environnement au niveau international a permis la mise en avant des recherches sur l'environnement. Dans la communauté scientifique, les recherches sur l'état de l'environnement datent de bien avant les conférences internationales. En effet, dès 1856, Eunice Foote découvre l'effet de serre produit par le CO₂ et le présente dans son article « *On the heat in the sun's rays* » (Foote, 1856). Dans les années 1890, le chimiste suédois Svante Arrhenius conclut que les émissions de CO₂ d'origine humaine provoqueront le réchauffement

³ La CDN est un plan d'action climatique visant à réduire les émissions de GES et à s'adapter aux effets des changements climatiques. chaque signataire de l'accord de Paris est tenu d'établir une CDN et le mettre à jour tous les 5 ans.

⁴ Groupe des 20 pays dont les économies sont les plus développées

⁵ Règlement (UE) 2023/851 du 19 avril 2023 modifiant le règlement (UE) 2019/631 en ce qui concerne le renforcement des normes de performance en matière d'émissions de CO₂ pour les voitures particulières neuves et les véhicules utilitaires légers neufs conformément à l'ambition accrue de l'Union en matière de climat

climatique (Arrhenius, 1896). Il faudra attendre la période qui suit la Deuxième Guerre mondiale pour réveiller la conscience du public face à la dégradation de l'environnement. Les publications se multiplient alors avec par exemple les ressources épuisables d'Hotelling dans les années 1920 (retrouvé dans Ferreira & Missemmer, 2020), la conservation des ressources (Ciriacy-Wantrup, 1952) ou encore la société d'équilibre et responsable de Boulding (1966).

Les premières réflexions contemporaines sur l'environnement datent des années 1960, en particulier avec les travaux du Club de Rome qui vont déboucher en 1972 sur le rapport Meadows. Durant la même année, le secrétaire général de la conférence de Stockholm, Maurice Strong introduit le terme écodéveloppement (Mellos & Mellos, 1988) qui sera ensuite popularisé par Ignacy Sachs en 1980 dans son livre intitulé Stratégies de l'écodéveloppement (Sachs, 1980). L'écodéveloppement propose de réduire les impacts liés à l'accroissement des zones urbaines et industrielles par le recyclage des déchets (par exemple le compostage des déchets ménagers). Son champ d'application est assez large et inclut les questions liées à l'emploi et le respect de la diversité culturelle sont prises en compte au même titre que le besoin d'un renouveau de la technologie associé à de nouveaux modes d'organisation sociale (Doucet, 1985).

L'écodéveloppement qui sera ensuite considéré comme l'ancêtre du développement durable sera de moins en moins utilisé à partir de la fin des années 1980 (Vaillancourt, 1998). Le concept de « sustainable development » ou développement durable / soutenable qui tente de concilier la nature et le développement économique trouve ses origines théoriques dans le milieu du 19^e siècle (Vaillancourt, 1998), mais n'a connu une forte exposition qu'en 1987 avec le rapport Brundtland qui le définit comme « *un mode de développement qui répond aux besoins des générations présentes, sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs* ». Le développement durable qui est le croisement entre trois buts : sociaux, économiques et environnementaux (Jacobs & Sadler, 1990) possède cependant des conditions d'application par projet contraignantes. Young (1992) développe, par exemple quelques conditions comme le maintien de la qualité de l'environnement (limitation des émissions de GES), éviter les erreurs gouvernementales (favoriser les plus démunis), maintenir les possibilités pour l'avenir (mettre fin à la dégradation environnementale), utilisation efficace des ressources (principe pollueur – payeur) et bien d'autres encore. Mais ces conditions sont difficilement atteignables et des chercheurs comme Crabbé (1997) vont qualifier le développement durable d'utopie.

Cet engouement autour de l'utilisation du terme développement durable est d'ailleurs beaucoup plus modéré depuis le Sommet de la Terre tenu à Rio en 1992. Les gouvernements semblent impuissants dans sa mise en œuvre et il est d'ailleurs constaté que peu de décisions économiques vont dans le sens d'une vision à long terme et que l'attention est plus portée sur la mondialisation (Vaillancourt, 1998).

Plusieurs concepts ont par la suite été mis en avant pour tenter d'apporter des solutions sur les changements liés à la dégradation de l'environnement comme celui de l'économie circulaire qui est un concept dont la paternité du terme serait attribuée à Turner et Pearce (1990) qui ont construit leur cadre théorique sur la base d'études antérieures de l'économiste écologique de Kenneth Boulding (Andersen, 2007, p. 133; Ghisellini et al., 2016, p. 15; Murray et al., 2017, pp. 372-373).

3. L'économie circulaire : une solution pour un développement plus durable

L'économie circulaire qui a connu une forte exposition ces dernières années rentre aussi bien dans les politiques que dans la littérature scientifique. L'utilisation du concept conduit d'ailleurs à deux visions reliées, celle des institutions publiques et celle des académiques que nous proposons de développer dans les deux sections suivantes.

3.1. L'économie circulaire portée par les institutions et politiques publiques

Dans le cadre de la thèse, nous nous focalisons uniquement sur l'Europe dans lequel nous avons nos cas d'études.

D'un point de vue législatif, l'Union européenne (UE) aborde dès 2008 la question de la gestion des déchets, ce qui aboutit à la directive 2008/98/CE relative aux déchets⁶. À partir de 2015, l'UE prend des mesures pour favoriser la transition vers l'économie circulaire qui prendra la forme de directives en 2018. La prise de position de l'UE pour l'économie circulaire de 2015

⁶ Directive 2008/98/CE du Parlement européen et du Conseil du 19 novembre 2008 relative aux déchets et abrogeant certaines directives, Journal officiel de l'Union européenne, L 312, 22 novembre 2008.

peut être appréhendée par son slogan « boucler la boucle » et se repose sur un plan d'action de mesures impliquant les différentes étapes du cycle de vie des produits.

La même année, la France adoptera (en 2015) la loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) qui a pour objectif de promouvoir une économie durable et respectueuse de l'environnement. Dans le document « *Économie circulaire - les avancées de la loi de transition énergétique pour la croissance verte* » publié en décembre 2016 par le ministère de l'Environnement, les avancées de la LTECV en matière d'économie circulaire l'économie circulaire se présente alors comme un aspect crucial de la transition énergétique et de la croissance.

La mise en œuvre dans le cadre de politiques publiques de l'économie circulaire par les institutions ne prend réellement de l'ampleur qu'à partir des années 2010 qui est aussi marquée par le lancement de la fondation Ellen MacArthur (McArthur, 2010). La fondation considère l'économie circulaire comme une réponse innovante aux défis de la durabilité des systèmes humains sur la planète et travaille activement pour encourager son adoption, en collaborant avec les gouvernements, les entreprises et les citoyens.

L'économie circulaire vue par Ellen MacArthur repose sur trois principes : 1) préserver et développer le capital naturel en contrôlant les stocks de ressources finies et en équilibrant le flux des ressources renouvelables, 2) optimiser l'exploitation des ressources en favorisant la circulation des produits, composants, et matériaux à leur meilleur niveau de performance dans le cycle biologique et technique et 3) créer les conditions propices au développement d'un système vertueux en identifiant et éliminant les externalités négatives (Ellen MacArthur, 2023).

En recentrant la vision institutionnelle au cas de la France, il est constaté que plusieurs institutions, suivant l'exemple de la Fondation Ellen MacArthur, ont promu leurs propres visions de l'économie circulaire ; ce qui a engendré plusieurs définitions :

- Ministère de la Transition écologique et solidaire : L'économie circulaire est un modèle économique qui vise à optimiser l'utilisation des ressources naturelles en les maintenant dans l'économie le plus longtemps possible, en les réutilisant à plusieurs reprises et en les valorisant à la fin de leur vie.

- Conseil national de la transition écologique (CNTE) : L'économie circulaire vise à concevoir, produire, consommer et traiter les déchets de manière à réduire les impacts environnementaux, économiser les ressources naturelles et générer de la croissance.
- Club des entreprises françaises pour l'économie circulaire (CEFIC) : L'économie circulaire est un modèle économique qui encourage la durabilité en permettant la réutilisation des ressources, la réduction des déchets et la valorisation des matériaux et des produits usagés.
- ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie): L'économie circulaire est un système économique qui consiste à concevoir, produire, consommer et éliminer des produits en minimisant les pertes de ressources et les impacts sur l'environnement.

De manière générale, l'économie circulaire peut être considérée comme est un modèle économique visant à boucler les cycles de vie des produits, des services, des déchets, des matériaux, de l'eau et de l'énergie. Parmi les institutions françaises sur l'économie circulaire, la vision de l'ADEME est l'un des plus utilisés (Niang, 2021). Cette vision de l'économie circulaire selon l'ADEME est présentée dans la Figure 0-1.

Figure 0-1. Les trois domaines incluant les sept piliers de l'économie circulaire selon l'ADEME



Source : ADEME (2014)

La Figure 0-1 présente la vision de l'économie circulaire basée sur sept piliers fondamentaux selon l'ADEME. Ces piliers fournissent une structure pour comprendre les différents aspects et les enjeux liés à la transition vers une économie circulaire plus durable. Les sept piliers de l'économie circulaire selon l'ADEME considèrent l'ensemble du cycle d'un produit, et ce dès 1) l'extraction des ressources pour une exploitation plus efficace impliquant une réduction des déchets d'exploitation, 2) l'écoconception, 3) l'écologie industrielle, 4) l'économie de la fonctionnalité qui ont été développés dans les parties précédentes de la thèse, 5) la consommation responsable qui va inciter le consommateur à orienter ses choix en prenant en considération les impacts du produit ou service, 6) l'allongement de la durée d'usage qui va promouvoir la réparation ou l'achat d'occasion et enfin 7) le recyclage. Dans cette transition, la gouvernance et la participation des acteurs publics et privés sont des éléments clés pour assurer la mise en œuvre efficace de l'économie circulaire. Il s'avère donc nécessaire de promouvoir la coopération active de tous les acteurs présents sur le territoire pour soutenir la transition vers une économie circulaire plus durable.

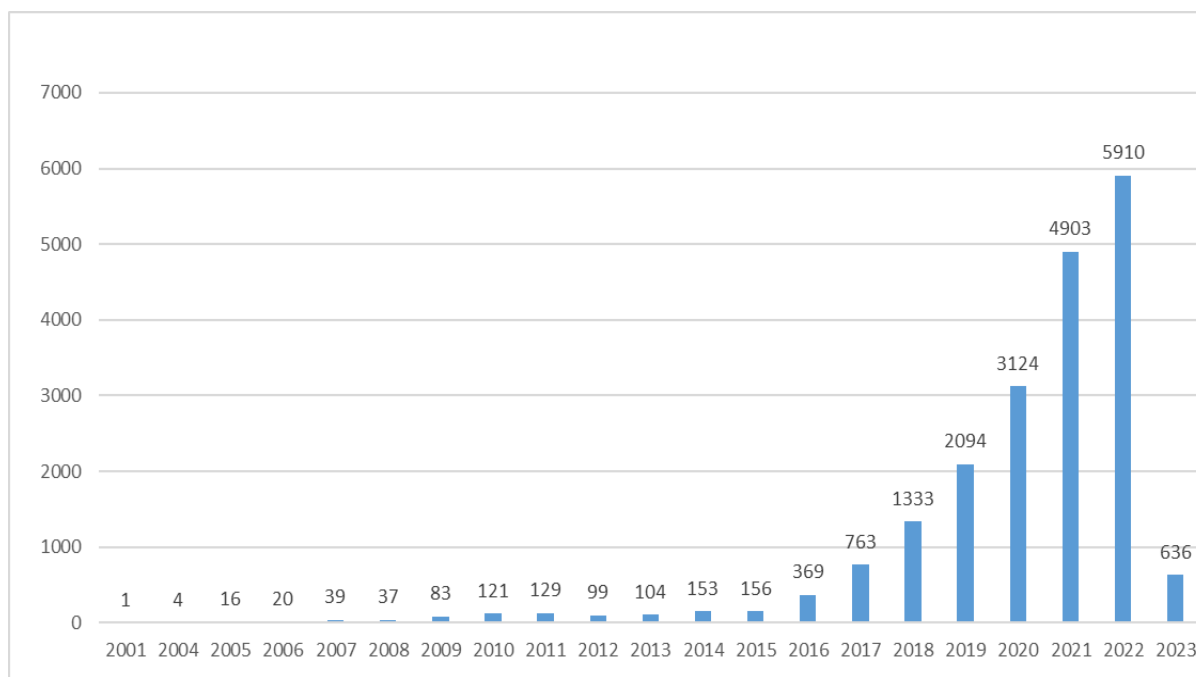
La vision de l'économie circulaire de la fondation Ellen MacArthur et de l'ADEME rejoint donc une même logique. Cependant, celle de l'ADEME intègre d'autres concepts comme l'écologie industrielle, l'écoconception ou encore l'économie de la fonctionnalité, ce qui en fait un concept parapluie (Hirsch & Levin, 1999) qui va surtout se focaliser sur les finalités des activités d'économie circulaire dans les territoires. Cette mise en relation des parties prenantes (institutions publiques, de recherches et les entreprises) est d'ailleurs l'un des aspects centraux de notre travail de recherche qui est d'étudier la place de l'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires.

3.2.L'économie circulaire vue dans la littérature scientifique

La multiplication des mesures de politique publique s'appuyant sur le modèle de l'économie circulaire a suscité l'attention des scientifiques qui ont cherché à identifier leurs différentes formes de mise en œuvre, mais également leurs points forts, ainsi que leurs limites. Une recherche sur la base de données Scopus en utilisant le mot clé « économie circulaire » dans le titre des articles, le résumé et mots clés montre qu'à partir des années 2009 – 2010, le nombre de publications sur l'économie circulaire a commencé à augmenter de manière significative pour dépasser les mille publications à partir de 2017 et déjà 636 articles pour le début de l'année 2023.

La Figure 0-2 suivante montre l'intérêt croissant pour le sujet de l'économie circulaire par les chercheurs, mais qui est également la conséquence de la mise en œuvre de mesures visant à développer l'économie circulaire par les institutions publiques.

Figure 0-2. Évolution du nombre d'articles sur l'économie circulaire



Source : Données obtenues via Scopus (Mars 2023)

Dans la littérature scientifique, l'économie circulaire est construite autour des principes des 3R : Réduction, Réutilisation et Recyclage (Sakai et al., 2011; Su et al., 2013). Les travaux sur l'économie circulaire partent généralement du constat que le système économique industriel actuel n'est pas pérenne. Pour réduire l'impact environnemental, ces travaux s'appuient sur l'utilisation de solutions inspirées de la nature pour une utilisation plus efficace des ressources. Les orientations varient, se concentrant soit sur le modèle économique, soit sur l'impact environnemental des systèmes et des produits, soit sur les efforts de conception des produits. La gestion efficace des ressources est également un élément clé. Tous les courants de pensée soutiennent l'importance de l'analyse systémique pour aborder les problèmes du modèle économique linéaire actuel. L'économie circulaire peut être considérée comme un cadre holistique qui s'appuie sur plusieurs approches spécifiques basées sur un ensemble de concepts de base.

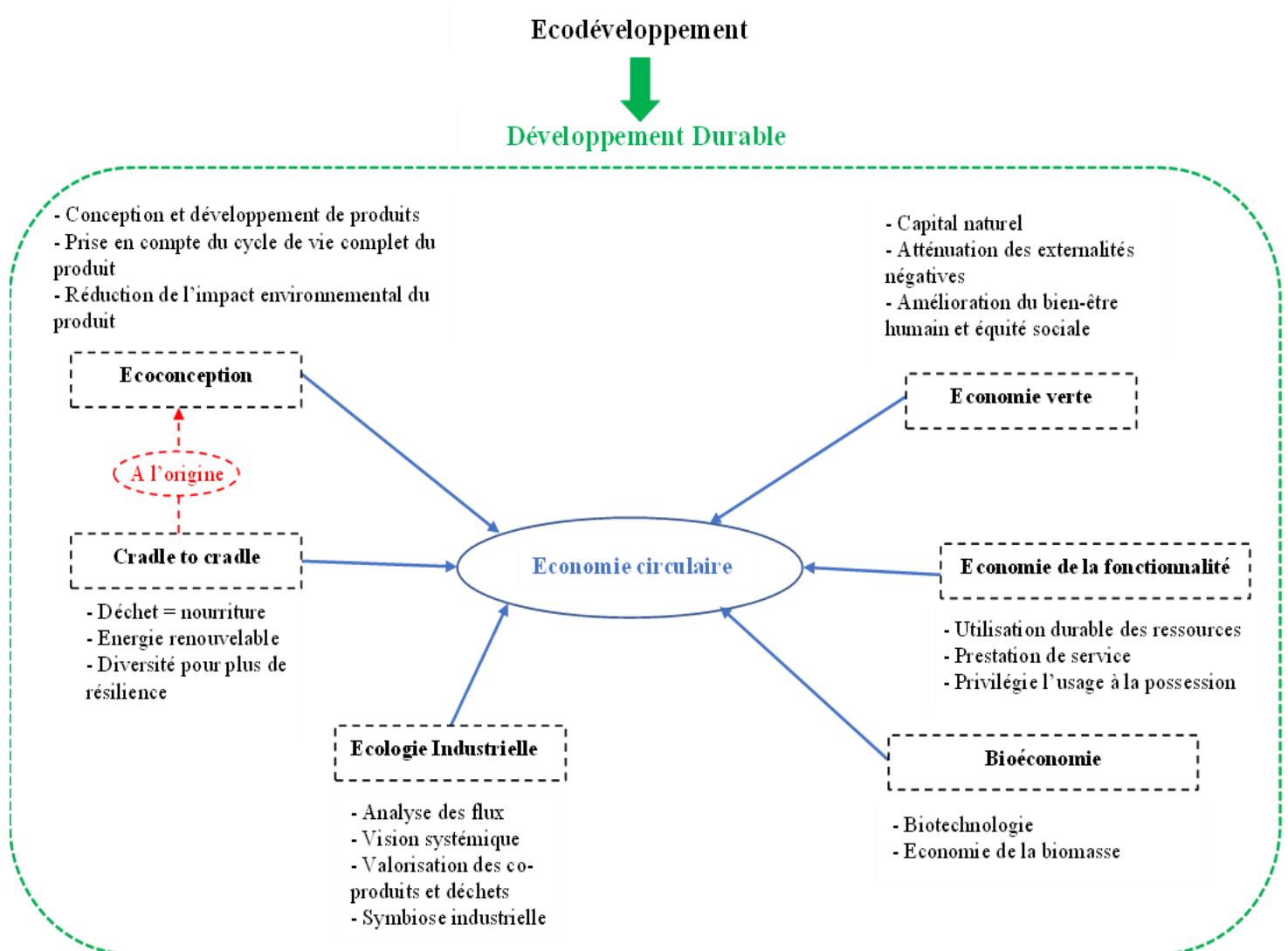
L'intérêt de l'économie circulaire par les chercheurs et la diversité des modèles qu'ils ont pu identifier ont suscité la formulation de nombreuses définitions. À partir d'une revue de la littérature de 155 articles et des références associées à ces articles, Ghisellini et al. (2016) ont étudié les définitions décrites dans le numéro spécial sur l'économie circulaire du *Journal of Industrial Ecology* par Bocken et al. (2017). Ghisellini et al. (2016) concluent d'ailleurs qu'il existe un manque de consensus autour de la définition du concept lié à la profusion des articles et a d'ailleurs conduit d'autres chercheurs à proposer des synthèses des travaux publiés.

Kirchherr et al. (2017) par exemple retiennent 114 définitions de l'économie circulaire et concluent qu'il y a une évolution dans l'emploi de l'économie circulaire avant et après 2012. Si avant 2012, les définitions de l'économie circulaire tournaient autour du principe des 3R, la perspective des systèmes est rajoutée par la suite. L'augmentation du nombre des publications a d'ailleurs conduit Kirchherr et al. (2023) à revisiter l'article paru en 2017 pour y inclure 221 définitions. Kirchherr et al. (2017) proposent de définir l'économie circulaire comme « *un système économique basé sur des modèles commerciaux qui remplacent le concept de "fin de vie" par la réduction, la réutilisation alternative, le recyclage et la récupération des matériaux dans les processus de production/distribution et de consommation, opérant ainsi au niveau micro (produits, entreprises, consommateurs), méso (parcs éco-industriels) et macro (ville, région, nation et au-delà), dans le but de tendre vers le développement durable qui implique la création d'un environnement de qualité, la prospérité économique et l'équité sociale, au bénéfice des générations actuelles et futures* » (*ibid*, p.224, traduit par auteur). Si cette définition semble toujours valable dans la mise à jour de leur article de 2023, Kirchherr et al. (2023) indiquent qu'en plus des systèmes, le rôle des facilitateurs de l'économie circulaire se précise. L'économie circulaire telle qu'elle apparaît dans la littérature inclut dorénavant non seulement les consommateurs et les producteurs, mais aussi les décideurs politiques et les instituts de recherches comme les universités. Dans le cadre de la thèse, nous retenons la définition proposée par Kirchherr et al. (2017).

À travers les travaux scientifiques, il est constaté que l'économie circulaire est devenue un « *umbrella concept* » ou concept parapluie qui crée des relations entre des concepts préexistants qu'Hirsch et Levin (1999, p. 200) définissent comme « *un concept ou une idée large utilisés librement pour englober et rendre compte d'un ensemble de phénomènes divers* » (Traduit par auteur).

Parmi les différents concepts regroupés dans l'économie circulaire, la Figure 0-3 suivante montre quelques-uns des concepts qui ont pris de l'importance avec le développement durable.

Figure 0-3. Quelques-uns des concepts rattachés à l'économie circulaire



Source : Auteur

Parmi les nombreux concepts associés à l'économie circulaire (voir Figure 0-3), il y a par exemple l'économie verte qui se base sur le capital naturel pour l'amélioration du bien-être humain et social (GASTAL et al., 2006; Greffet et al., 2012; Jurgensen, 2009). La bioéconomie qui est un concept connu pour avoir un emploi varié dans différentes disciplines scientifiques au cours du 20^e siècle (Pahun et al., 2018). Elle peut être définie comme « *l'économie de la biomasse et/ou des biotechnologies, c'est-à-dire comme une économie qui tire sa croissance de l'exploitation du vivant et répond aux besoins énergétiques et matériels des populations par le développement de la chimie du végétal ou chimie biosourcée* » (Pahun et al., 2018, p. 7).

Toutefois, le concept a été critiqué comme étant un concept utilisé pour promouvoir les intérêts des grandes entreprises qui sont intéressées à commercialiser des innovations (Gottwald & Budde, 2015). En 1987, Braungart et Mc Donough publient le livre « Cradle to cradle » et jettent les bases de l'écoconception par l'exploration des moyens de rendre les processus de production plus respectueux de l'environnement. L'écoconception s'oriente autour de trois aspects centraux : (1) la conception et le développement des produits; (2) la réduction de l'impact environnemental des produits ; et (3) la prise en compte du cycle de vie complet du produit (Schäfer & Löwer, 2020).

L'expression économie de la fonctionnalité a été introduite par Orio Giarini et Walter Stahel en 1986. Le concept derrière cette dénomination est de vendre des services aux clients au lieu de biens matériels (Giarini & Stahel, 1990). L'utilisation première du terme n'est donc pas reliée directement à la prise en compte de l'environnement ni du développement durable. Cependant, au cours des années 1990 et 2000, l'économie de la fonctionnalité a commencé à être considérée comme une approche potentielle pour promouvoir une utilisation plus durable des ressources (Bourg & Buclet, 2005).

Parmi les concepts présentés dans la Figure 0-3, trois concepts à savoir l'écologie industrielle, l'écoconception et l'économie de la fonctionnalité sont présentés comme faisant partie des piliers de l'économie circulaire selon l'ADEME. Notons que parmi les travaux recensés sur l'économie circulaire, Ghisellini et al. (2016) montrent que le concept est étudié à trois différents niveaux :

- Au niveau micro à travers une entreprise seule ou du consommateur ;
- Au niveau méso à l'échelle des parcs éco-industriels, symbioses industrielles (écologie industrielle) ;
- Au niveau macro à l'échelle des provinces ou encore du pays.

Le travail de recherche que nous proposons de réaliser dans la thèse est l'étude de la mise en œuvre des pratiques d'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires. Ce qui correspond au niveau méso économique. Comme notre périmètre d'étude est le territoire industrialo-portuaire qui correspond au niveau méso économique, nous nous focalisons surtout dans cette thèse sur l'écologie industrielle.

3.3. L'écologie industrielle pour étudier l'économie circulaire à un niveau mésoéconomique

Dans le livre fondateur de Suren Erkman pour la communauté francophone, publié en 1998, l'auteur traite de la mise en œuvre de diverses stratégies d'écologie industrielle visant à développer une économie circulaire. Bien que ce terme ne soit pas explicitement défini dans l'ouvrage. Il est important de se rappeler que l'écologie industrielle apparaît avant celui de l'économie circulaire. Buclet (2015) revient sur cette antériorité et l'intégration du concept dans l'économie circulaire en mettant en avant l'évolution de l'implémentation de l'écologie industrielle et des symbioses industrielles. Le cas emblématique de Kalundborg au Danemark (zone portuaire importante du pays) qui a développé de nombreux échanges de matières et d'énergie entre acteurs, en est un exemple. Le focus sur Kalundborg a encouragé la croyance que l'écologie industrielle devrait être axée sur l'environnement dans l'industrie plutôt que sur celui de la société industrielle. C'est pourquoi le champ de travail de ceux qui cherchent à promouvoir l'écologie industrielle s'est concentré sur la mise en œuvre de la symbiose industrielle à travers les parcs éco-industriels. Selon Erkman (1998), un parc éco-industriel vise une utilisation efficace de toutes les ressources dans une région donnée.

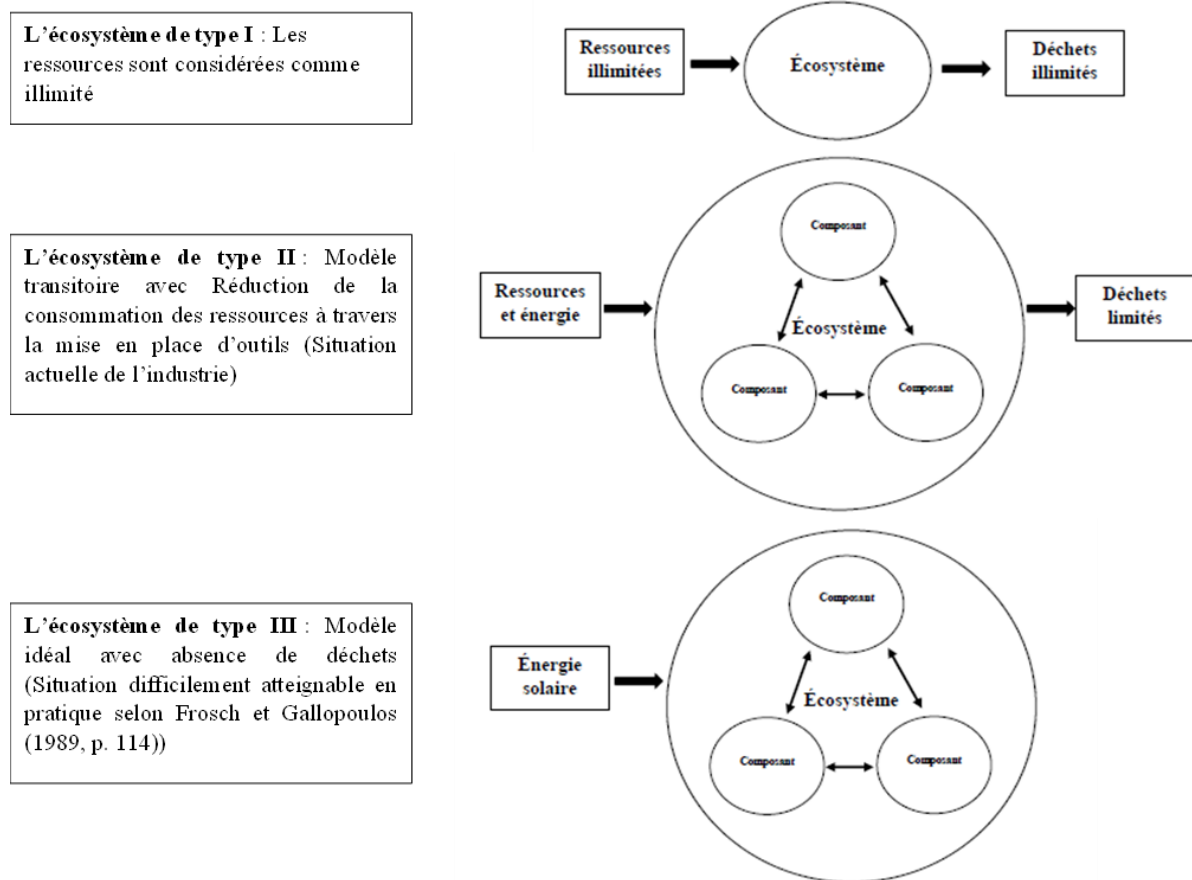
Selon Gallaud et Laperche (2016), la principale application de l'économie circulaire à une échelle territoriale est l'écologie industrielle. En effet, le concept d'écologie industrielle et le territoire sont étroitement liés, car l'aspect opérationnel de l'écologie industrielle appelé symbiose industrielle s'appuie sur une organisation et une collaboration des acteurs dans une zone géographique donnée. Le concept de symbiose industrielle (Chertow, 2000) met l'accent sur l'échange de flux de déchets (eau, matière et énergie) et se constitue à travers des synergies entre les acteurs concernés (Kasmi, 2018). Les synergies formées peuvent d'ailleurs se diviser en deux types (Chertow, 2000 ; Kasmi, 2018) :

- Les synergies de substitution consistent à changer un flux entrant non renouvelable par un flux issu d'une autre entreprise pouvant être valorisé.
- Les synergies de mutualisation reposent une gestion mutualisée des flux entre des entreprises qui sont reliées entre elles.

Le concept d'écologie industrielle a connu une forte exposition à partir de la fin des années 1980 grâce aux travaux de Frosch et Gallopoulos (1989) et de leur article séminal intitulé « *Strategies for manufacturing* » qui souligne les limites du système industriel traditionnel et

préconise un écosystème industriel inspiré de la biosphère. L'écologie industrielle y est présentée comme un système qui optimise la consommation d'énergie et de matières premières et qui minimise la production de déchets qui à leurs tours serviront de matière première dans un autre processus. Le concept sera par la suite développé par des chercheurs comme Allenby (1992) qui montre les différentes étapes de la transformation des systèmes industriels vers un écosystème qui se rapproche des écosystèmes naturels (voir Figure 0-4).

Figure 0-4. Les trois types d'écosystème selon Allenby (1992)



Source : Allenby (1992)

Dans ses travaux, Brad Allenby (1992) présente l'évolution des systèmes industriels à travers les trois types d'écosystème :

L'écosystème de type I est le système qui a longtemps été en place et qui considère que les ressources sont illimitées sans la prise en compte des déchets et leurs impacts sur l'environnement. L'écosystème de type II représente l'état transitoire actuel de l'industrie dans

lequel l'environnement est pris en considération et où des outils sont mis en place pour limiter la consommation des ressources et des énergies fossiles et pour réduire la production de déchets. L'écosystème de type III peut être considéré comme le système idéal difficilement atteignable.

4. L'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires

Parmi les concepts qui ont pris de l'importance et de la visibilité grâce aux différents sommets et conférences internationales, l'économie circulaire peut être considérée comme l'un des plus diffusés. Cet intérêt pour le concept suit selon Savy et al. (2019, p. 11) quatre phases :

- 1960 à 1985 : une prise de conscience de problèmes, avec des expérimentations sans consensus sur les solutions.
- 1985 à 2000 : le déchet devient une opportunité économique pour les entreprises concernées et par extension leurs territoires d'implantation.
- 2000 à 2013 : une politique d'économie circulaire émerge.
- Depuis 2013 : un discours de promotion de l'économie circulaire se développe.

Suscitant un grand intérêt, le concept ne prend réellement son importance qu'à partir des années 2010. Cette popularité est due à plusieurs facteurs importants, notamment la reconnaissance croissante par les politiques de la nécessité de faire face aux défis environnementaux, les avantages économiques potentiels de l'adoption de pratiques durables par les entreprises et la demande croissante de la société pour des solutions durables.

En France l'économie circulaire est officiellement reconnue comme un axe prioritaire dans la mise en œuvre de la transition écologique et énergétique (Brotons, 2017). Le concept est de nos jours omniprésent dans les débats publics, dans les réglementations de l'économie et dans les politiques environnementales au sens large (Marty & Druelle-Korn, 2023). Il est mis en œuvre dans les collectivités territoriales au travers d'organismes dédiés comme l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) ainsi que l'ensemble des acteurs territoriaux comme ECOPAL à Dunkerque que nous développons dans les parties suivantes. L'économie circulaire a l'avantage d'impliquer conjointement l'ensemble des parties prenantes en proposant un compromis de développement économique et prise en compte de l'environnement (Andriamanantena et al., 2022; F. d. Kasmi, 2018b; Torre & Dermine-Brullot, 2019)

4.1. Vers la définition d'un territoire industrialo-portuaire

Généralement, un port peut être défini comme un lieu physique situé sur une côte ou le long d'une voie navigable où les navires peuvent accoster pour charger, décharger ou échanger des marchandises et des passagers. Paul de Rousiers (1904) présente le triptyque portuaire autour de trois types de fonctions : 1) la fonction régionale qui correspond au rôle du port dans le transit de marchandises pour l'arrière-pays ou « hinterlands », 2) la fonction industrielle pour satisfaire les besoins des industries qui se sont implantées dans le territoire portuaire et enfin la 3) la fonction commerciale qui s'apparente aux échanges de produits. Bien qu'ayant permis de comparer les économies portuaires (Vigarié, 1979), cette typologie a été critiquée pour son absence de précision au niveau des mécanismes en place qui ne décrivent pas assez l'aspect complexe des ports. Cette notion de complexité du milieu portuaire qui est développé par Abbes et Guillaume (2008) considère le port comme une organisation d'acteurs avec des niveaux d'interaction complexes à des échelles différentes. Selon les niveaux, il existe trois types de ports :

- Le port de transit qui est considéré comme la forme la plus simple des ports avec pour objectif principal la mise en place de liaisons maritimes.
- Le port industriel est caractérisé par ses usines de tête de cycle et qui s'est développée en résonance avec les entreprises qui y sont installées.
- Le port logistique est caractérisé par un trafic ne dépendant plus seulement d'un simple principe de proximité, mais tend vers une attractivité offerte par le port lui-même à travers l'efficacité de ses prestations ou encore de ses infrastructures avec par exemple des terminaux spécialisés.

La manière d'appréhender un territoire varie suivant les disciplines, ce qui ne facilite pas sa définition. Pour les sociologues, le territoire est perçu comme un réseau tandis que pour les géographes ce serait plutôt un ensemble de relations entre un espace et une population. Pour les économistes, le territoire s'apparente à un espace géographique qui est caractérisé par des ressources (Le Corroller, 2012). Le territoire émerge vraiment dans la théorie économique avec les travaux de Marshall (1920) qui mettent en avant les districts et systèmes productifs locaux ou SPL. Pour Courlet (2002), le système productif local (SPL) renvoie à une « *approche organisationnelle spécifique dans lequel le territoire et/ou les relations non marchandes jouent un rôle majeur* » (p.35) et « *considère le territoire comme un type d'organisation possédant*

ses logiques propres de reproduction et de développement » (p.28). Kasmi (2018a) mobilise d'ailleurs le concept de SPL pour décrire le territoire industriel comme un type d'organisation territoriale qui se caractérisent par la présence sur une zone géographique définie par un grand nombre d'acteurs divers, suffisamment proches et réciproquement liés. Il s'agit donc d'une zone mesurable et délimitée spatialement qui regroupe l'ensemble des activités socio-économiques nécessitant la combinaison et la transformation de matières premières et d'énergie pour la production de biens et service. Cette zone se caractérise ensuite par une spécialisation économique distincte, par exemple dans l'industrie lourde.

A notre connaissance, peu d'articles définissent clairement ce qu'est un territoire industrialo-portuaire. Pour Foulquier (2012), ce type de territoire industriel particulier est difficile à appréhender de par sa complexité qui est essentiellement due à l'appropriation géographique de l'espace portuaire qu'il considère comme un espace pluriel alliant une zone maritime, mais aussi terrestre. Certains auteurs comme Mat et al. (2014) décomposent ce type de territoire en en trois zones : urbaine, industrialo-portuaire et agricole et (Mat, 2015) le définit comme « *un espace interface, dont l'objet même est de permettre et faciliter une circulation des flux de matières et d'énergie entre les autres sous-systèmes* » (*ibid*, p. 39). Mais cette conception du territoire industrialo-portuaire qui se divise en plusieurs zones présente l'inconvénient de ne pas considérer ce type de territoire comme un tout. Pourtant, les activités d'économie circulaire bien qu'elles prennent généralement place dans la zone industrialo-portuaire (ZIP) ont des retombées sur l'ensemble du territoire industrialo-portuaire. Dans le cadre de la thèse, nous appréhendons le territoire industrialo-portuaire dans sa globalité pour étudier sa transition vers l'économie circulaire. Le territoire industrialo-portuaire est étudié suivant une approche systémique pour en comprendre les caractéristiques, les enjeux et les perspectives de développement. En ce sens c'est un territoire particulier qui combine des activités industrielles et portuaires, créant ainsi une synergie économique qui peut stimuler la croissance de la région et du pays dans lequel le port s'inscrit.

4.1.1. Les territoires industrialo-portuaires face à la question environnementale

Pour comprendre l'impact des nouvelles réglementations environnementales sur les territoires industrialo-portuaires, il est nécessaire de revenir sur la trajectoire de développement des ports européens qui peut être divisé en trois grandes phases :

1) Entre le 15^e et le 19^e siècle : les ports se sont imposés comme les outils d'expansion des pays européens. Au fil des siècles, les ports continuent de s'enrichir grâce à des technologies de plus en plus sophistiquées et de meilleurs matériaux de construction. Ce qui sera appelé époque moderne est marqué par la concentration des compétences humaines qui se diversifient ainsi qu'une organisation spécifique du travail pour une main-d'œuvre nombreuse. Le 19^e siècle représente pour les ports une industrialisation et une urbanisation rapide qui est le moteur d'une dynamique de mondialisation qui s'exprime pleinement entre 1850 et 1914 (Marnot, 2000; Michon, 2000).

2) Le 20^e siècle est marqué par la fin de la marine à voile, les navires se spécialisent progressivement en fonction des marchandises à transporter qui permettent des échanges intercontinentaux indépendamment des conditions climatiques en mer. Cette deuxième période est surtout marquée par la succession des deux guerres mondiales qui ont surtout touché l'Europe et ses ports (Gras, 2010). Les grands ports du range nord-européen sont partiellement ou totalement détruits par les bombardements aériens (Paxton & Hessler, 2011). Cependant, l'après-guerre est caractérisée par le renouveau des ports marqué par l'expansion économique sans précédent qu'a connue la France, comme les autres grands pays industriels européens. Cette période d'abondance appelée « les trente glorieuses » est reprise du titre d'un livre de Jean Fourastié (1979). Cette période de croissance continuera jusqu'au choc pétrolier de 1973.

Pour les ports, les trente glorieuses représentent avant tout une industrialisation massive et rapide de leurs territoires par des industries essentiellement lourdes qui fonctionnent surtout grâce aux ressources fossiles comme le charbon et le pétrole. Cette industrialisation a d'ailleurs été rendue possible par des navires de plus en plus grands qui continuent à se spécialiser. Les vrac liquides comme le pétrole sont transportés par les pétroliers, les vrac secs comme les minerais ou le charbon sont pris en charge par les vraquiers tandis que les marchandises diverses sont transportées dans des conteneurs affrétés dans les porte-conteneurs. La conteneurisation va d'ailleurs instaurer le standard pour le transport de marchandises générales (Fremont, 2019).

3) La troisième période qui est celle du 21^e siècle est surtout marquée par les difficultés rencontrées par les ports. Les réglementations sur l'environnement deviennent plus strictes, ce qui remet en question leurs modèles de développement économique centré sur les matières non renouvelables (Poupard & Baude, 2014). La mondialisation vient rajouter une pression

supplémentaire aux ports européens qui doivent aussi s'adapter à une concurrence internationale plus forte. Aujourd'hui, le range Nord européen est relégué à la place de deuxième façade maritime mondiale derrière celle de l'Asie avec une Chine qui vit sa période glorieuse au plan économique bien qu'il est difficile de dire combien de temps elle durera.

4.1.2. L'économie circulaire pour transformer les territoires industrialo-portuaires

Les territoires industrialo-portuaires se sont développés durant plusieurs décennies grâce à l'industrie lourde et l'emploi salarié ouvrier (Poupard & Baude, 2014). Tout comme les autres territoires d'industrie, ces territoires industrialo-portuaires se sont développés selon un modèle économique consistant à « prendre – utiliser – jeter » aussi appelé économie linéaire (Ness, 2008). Dans une dynamique économique en constante transformation, ces territoires ont peu à peu perdu de leur attractivité au profit des territoires favorisant l'économie tertiaire (Conseil national de l'industrie - France, 2019). Les contraintes réglementaires, l'épuisement des ressources naturelles et énergétiques (Park & Chertow, 2014) ont ainsi incité les responsables politiques et les entreprises à privilégier un autre mode de production visant à réduire leur consommation.

Les ports industriels peuvent privilégier le développement d'activités associées à l'économie circulaire et l'écologie industrielle (Gallaud & Laperche, 2016), car ils rassemblent des industries lourdes et des entreprises sous-traitantes qui produisent différents types de déchets qui peuvent servir de matières premières à une seconde industrie. L'écologie industrielle (EI) peut même constituer un levier spécifique de développement pour les territoires industrialo-portuaires en recherche de diversification face à une concurrence internationale entre ces derniers qui est plus marquée (Beyer & Lacoste, 2017; Carpenter et al., 2018; Mat, 2015). L'économie circulaire offre des alternatives aux territoires industrialo-portuaires pour un développement plus durable. Étant donné que l'EI vise à réorganiser le système industriel pour être compatible avec l'environnement sur le long terme dans un objectif de développement durable (Erkman, 2004).

Bien que les territoires industrialo-portuaires se présentent comme des espaces favorables pour la mise en place de l'économie circulaire et plus particulièrement de l'EI (Andriamanantena et al., 2020), La littérature scientifique n'associe que très peu le concept d'économie circulaire avec les territoires industrialo-portuaires. En effet, le nombre d'articles qui traitent de l'économie circulaire est en constante augmentation ces dernières années, il est constaté que

les articles qui associent économie circulaire et ports ne représentent qu'une part marginale des articles publiés. Une revue de la littérature sur les bases de données Web of Science, Scopus et Science Direct effectuée par Veyssière et al. (2021) a mis en évidence 30 références d'économie circulaire appliquée à l'échelle portuaire. Elle a été réalisée dans le cadre d'un travail ayant comme objectif d'analyser la manière dont les articles sur l'économie circulaire traitaient des trois dimensions constitutives du développement territorial (coordination, facteurs institutionnels et ressources locales). Cette revue de la littérature qui a été effectuée sur la période 1990-2020 correspond à la diffusion des premières expériences d'écologie industrielle, et à la constitution de l'écologie industrielle et de l'économie circulaire comme champ scientifique (Figuière & Chebbi, 2016). Nous avons prolongé par la suite cette étude grâce à une recherche sur les articles parus entre 2021 et fin 2022 sur Scopus et Web of science, ce qui nous a permis d'identifier 53 articles additionnels. Notre équation de recherche a été construite avec les mots-clés et les opérateurs booléens suivants (en anglais puis en français) : circular economy OR industrial ecology AND 'port*' OR 'port territory*' OR 'port area*' OR 'industrial port territory*' OR 'industrial port zone*'.

Nous avons pu distinguer trois types d'articles :

Un premier groupe concerne l'étude de projets d'économie circulaire intégrés aux zones et aux villes portuaires. Il intègre par exemple les travaux de Baas (Baas, 1998, 2000, 2011; Baas & Huisingh, 2008) sur le projet INclusion, Égalité, Solidarité (INES) dans la zone industrielle du Port de Rotterdam, de Wang et Li (2009) sur le parc industriel du port de Tianjin (chine), et de Zhenfeng et Xinning (2008) et de Wang et al. (2010) sur la zone industrialo-portuaire de Hebei en Chine. Toutefois, ces travaux se focalisent sur le développement de synergies entre acteurs plutôt que le contexte portuaire lui-même. Cerceau et al. (2014) mettent en perspective différentes études de cas de projets d'écologie industrielle, en prenant en compte la localisation au sein d'un port comme critère de comparaison.

Un deuxième groupe d'articles concerne l'étude des ports en termes de métabolisme territorial (Bahers et al., 2020; Boehme et al., 2009; Shahrokni et al., 2015). Les auteurs partent du principe que les ports sont des espaces où transitent un nombre important de flux entrants (matériaux, marchandises) et sortants (déchets), que les travaux cherchent à quantifier et

modéliser. Par exemple, Voskamp et al. (2017) analysent les flux de matière et d'énergie (AFME) de la ville d'Amsterdam en utilisant la méthode Eurostat⁷.

Un troisième champ considère les ports comme des territoires particuliers, et analyse leurs dynamiques de développement (Angrisano & Fusco Girard, 2017; Beyer & Lacoste, 2017; Bosman et al., 2018; Budoc, 2017; Carpenter et al., 2018; de Langen et al., 2020; Ezzat, 2016; Fusco Girard, 2013; Karimpour et al., 2019; Lorek, 2012; Mat et al., 2017). Contrairement aux travaux qui se focalisent sur le port en tant qu'infrastructure ou objet technique (Uche-Soria & Rodríguez-Monroy, 2019), ces publications intègrent les ports dans un ensemble géographique plus large, celui de la ville portuaire ou celui des relations ports-hinterland. Les dynamiques de développement de territoires industrialo-portuaires sont étudiées dans une perspective de transition écologique et de reconversion des activités (Lorek, 2012 ; Beyer, Lacoste, 2017 ; Williams, 2019).

L'étude de la prise en compte de l'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires peut aussi se faire en étudiant les projets d'économie circulaire dans ce type de territoire. En prenant par exemple le cas de la France, l'INEC⁸ et le CIRIDD⁹ avec le soutien de l'ADEME ont créé EconomieCirculaire.org qui est une plateforme internationale collaborative sur l'économie circulaire. La particularité du site est qu'il recense toutes les démarches suivant les sept piliers de l'économie circulaire présentés par l'ADEME. La plateforme compte 196 démarches d'écologie industrielle (EI) actives à travers la France dans tous les secteurs d'activités (site consulté en juin 2023). Parmi toutes les démarches d'EI relevé en France, on peut en dénombrer 6 appliquées en milieu portuaire avec par exemple dans les Hauts-de-France l'Association d'écologie industrielle¹⁰ qui a été créée en 2001 et est portée par ECONomie et ECOlogie Partenaires dans l'Action Locale ou ECOPAL¹¹. Elle travaille dans les domaines de la chimie, de l'énergie, de l'industrie et du transport. et Dunkerque l'Energie Créative qui est

⁷ Eurostat est l'office statistique de l'Union européenne, responsable de la collecte, de la production et de la diffusion des statistiques officielles de l'UE. La méthode Eurostat est la méthode statistique utilisée par Eurostat pour produire des données harmonisées pour les différents pays membres de l'Union européenne.

⁸ [Institut National de l'Économie Circulaire](#)

⁹ [Centre International de Ressources et d'Innovation pour le Développement Durable](#)

¹⁰ [Association d'écologie industrielle](#)

¹¹ ECOPAL est une association loi 1901 à but non lucratif spécialisée dans l'écologie industrielle et territoriale créée en 2001 par 17 entreprises volontaires dans l'optique d'accompagner ses adhérents dans la mise en application concrète des démarches d'EIT.

une ambition collective¹² qui vise à accélérer la dynamique de la transformation du territoire industrialo-portuaire de Dunkerque vers l'industrie décarbonée et les énergies renouvelables.

Bien que les données disponibles permettent de recenser les projets d'économie circulaire en place dans les territoires industrialo-portuaires, peu d'informations permettent de comprendre les mécanismes à l'œuvre derrière ces projets.

4.2. Le concept d'écosystème d'innovation pour appréhender l'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires

4.2.1. L'approche systémique de l'innovation à travers le concept de système d'innovation

L'analyse systémique est une méthode qui repose sur l'idée selon laquelle l'innovation ne peut pas être comprise uniquement en termes de prise de décision indépendante au niveau de l'entreprise et implique plutôt des interactions complexes entre une entreprise et son environnement. Dans les territoires, des interactions complexes peuvent être identifiées grâce aux différentes formes de proximité (géographique, cognitive et institutionnelle) entre les acteurs (Boschma, 2005; Boutillier & Uzunidis, 2010; Kasmi, 2021; Uzunidis, 2008).

Pour expliquer et comprendre le concept d'écosystème d'innovation, il est important de revenir sur le concept de système d'innovation. Les systèmes d'innovation trouvent leurs antécédents à partir des années 1980 (Freeman, 1982; Lundvall, 1985; Nelson, 1993). Le système d'innovation est d'abord défini au niveau national (« *National innovation system* ») comme « *le réseau d'institutions dans les secteurs public et privé dont les activités et les interactions initient, importent, modifient et diffusent les nouvelles technologies* » (Freeman, 1987, p. 1). Ce concept est utilisé par les chercheurs pour montrer l'importance des relations étroites entre les acteurs autour d'un projet commun pour générer l'innovation. Les travaux sur le système national d'innovation (SNI) ont par la suite été déclinés par d'autres chercheurs pour être appliqués à des échelles différentes du territoire. Par exemple, Asheim et al. (2016) ont étudié les systèmes d'innovation au niveau régional et Malerba (2002) au niveau sectoriel. Ces

¹² [Liste des partenaires de Dunkerque l'énergie créative](#)

contributions ont en commun de s'écarter de l'approche linéaire du progrès technologique et d'identifier des innovations aux niveaux micro, méso et macro. Selon Lundvall et al. (2009), « *Le système d'innovation (national/régional/sectoriel) est un dispositif de focalisation visant à analyser et à comprendre les processus d'innovation (plutôt que l'allocation) où les agents interagissent et apprennent (plutôt que de s'engager dans un choix rationnel). L'objectif de l'utilisation de ce dispositif est de découvrir quelles configurations institutionnelles alternatives soutiennent une forte performance dynamique d'une économie (nationale/régionale) ou d'un secteur* » (ibid, p.19).

Bien que le système d'innovation soit étudié à différentes échelles, dans le cadre de la thèse, nous nous focalisons sur l'échelle méso / régional qui correspond à celui du territoire industrialo-portuaire qui nous intéresse dans nos recherches.

Le point à retenir de ce modèle d'innovation est la perspective systémique qui assume que l'innovation vient d'un processus d'apprentissage interactif entre différents types d'acteurs (Moulaert & Sekia, 2003). Un tel système d'innovation peut selon Cooke et al. (2004) s'analyser suivant deux dimensions : 1) l'échange de connaissance à travers les interactions des acteurs et 2) l'importance du rôle des institutions pour l'innovation à l'échelle régionale.

4.2.2. Evolution des concepts connexes au système d'innovation

Plusieurs concepts connexes associés au système d'innovation ont été développés avec le temps comme le district industriel et les clusters. Ces concepts sont devenus les bases des concepts développés autour du terme écosystème comme par exemple l'écosystème entrepreneurial ou encore l'écosystème d'innovation. Les relations entre ces concepts dans la littérature scientifique peuvent être étudiées suivant leurs évolutions historiques.

Les travaux d'Alfred Marshall dans les années 1890 sur les économies de localisation constituent les bases du concept de district industriel. Marshall (1966, p.230) définit alors le concept comme « *une concentration de petites entreprises de caractéristiques similaires dans des localités particulières* » (traduit par l'auteur). Le concept est essentiellement caractérisé par la prépondérance de l'entreprise verticalement intégrée, qui s'appuie sur les économies d'échelle générées en interne pour produire des biens standardisés destinés à un marché prévisible. Cependant, la remise en question de la production de masse au cours des années

1970 comme la crise pétrolière va conduire à de gouvernance de l'activité économique (Castells, 2011). Ce qui va conduire des chercheurs comme Becattini (2016) a utilisé les travaux de Marshall pour interpréter le développement des petites entreprises dans les régions italiennes. Les travaux séminaux de Marshall sur les effets d'agglomération produisant des économies d'échelle ont d'ailleurs fait progresser différents concepts comme celui de la compétitivité de Porter.

Porter (1998, p. 225) définit d'ailleurs le concept de cluster comme « *un groupe géographiquement proche d'entreprises interconnectées et d'institutions associées dans un domaine particulier, liées par des points communs et des complémentarités* ». L'évolution du concept de clusters montre d'ailleurs qu'il est enraciné dans celui du district industriel et qu'il a connu deux grandes étapes d'évolution depuis les années 1990 : le courant économique et le courant socio-économique et d'innovation (Rocha & Audretsch, 2022). À travers le concept de cluster, Porter (1998) propose un cadre d'analyse des entreprises inséré dans un contexte de compétitivité régionale voir nationale, dans lequel la localisation est une source d'avantage concurrentiel. Cependant, l'approche de l'innovation par les clusters se heurte à une critique majeure : le capital humain n'a pas besoin d'être ancré localement pour transférer les connaissances et favoriser l'innovation (Zucker et al., 1998).

Sur la base des concepts de district industriel et de cluster, des concepts autour de l'écosystème vont progressivement émerger à partir des années 2000. Dans la section suivante, nous proposons de revenir sur le concept d'écosystème puis nous développerons l'évolution de ce concept dans les sciences économiques et de gestion.

4.2.3. L'évolution des concepts autour de l'écosystème

Le concept d'écosystème a tout d'abord été utilisé dans les sciences naturelles et vient d'une combinaison de deux concepts : écologie et système. En 1935, Tansley (botaniste et écologiste britannique) introduit le concept d'écosystème dans les sciences naturelles. Ce concept va ensuite être développé par d'autres chercheurs comme Lindeman (1942) qui met en avant les flux dans un écosystème, Odum (1953) qui caractérise les acteurs d'un écosystème naturel ou encore Whittaker (1962) qui développe l'approche systémique. Depuis ces travaux, la littérature relative au concept d'écosystème et à l'utilisation du terme « écosystème » a connu

une exposition considérable, en particulier en Amérique et en Europe (Willis, 1997). À partir des années 1990, le concept d'écosystème s'est vu réutiliser comme une métaphore dans d'autres disciplines scientifiques.

En 1993, Moore dans son article « *Predators and Prey: A New Ecology of Competition* » reprend le concept d'écosystème issu de la sphère des sciences naturelles et l'introduit dans les sciences de gestion. Le but étant de comprendre les stratégies complexes des entreprises. L'écosystème vu par Moore aussi appelé écosystème d'affaires ou ESA sème les bases de ce qui sera plus tard l'écosystème entrepreneurial ou encore l'écosystème d'innovation. Moore (1993, p.76) définit l'écosystème d'affaire comme « *un ensemble d'entreprises qui codéveloppent des compétences autour d'une nouvelle innovation, travaillant de façon coopérative tout en étant en compétition afin de soutenir de nouveaux produits, de satisfaire les besoins des clients et peuvent éventuellement atteindre une nouvelle série d'innovations* ». Dans ses travaux, Moore fait appel à des études de cas d'entreprises comme Apple ou encore IBM, dans lesquels l'ESA tourne uniquement autour d'un projet commun d'une entreprise pivot et des entreprises partenaires. Cependant, des chercheurs comme Koenig (2012, p. 213) soulèvent une limite dans l'approche de l'ESA de Moore et mettent en avant que l'ESA devrait être gouvernée de façon démocratique tandis que Moore le présente plutôt comme une firme (entreprise pivot) qui exerce une pression dominante grâce à son contrôle sur les ressources de l'écosystème.

D'autres travaux ont ensuite complété les travaux de Moore. Iansiti et Levien (2004a, 2004b) ont exploré l'approche de la stratégie d'entreprise basée sur l'analogie avec l'écologie. Dans leur article, l'écosystème d'affaires est constitué d'un ensemble complexe d'entreprises, de concurrents, de clients, de fournisseurs, de régulateurs et d'autres acteurs. Comme dans un écosystème naturel, ces acteurs interagissent les uns avec les autres de manière dynamique et complexe, créant des conditions de concurrence¹³ qui évoluent en permanence. Dans l'approche de l'ESA, l'innovation apparaît comme un levier de compétitivité pour les entreprises, l'ESA préfigure donc déjà le concept d'écosystème entrepreneurial (Theodoraki & Catanzaro, 2022) ou encore celui d'écosystème d'innovation (Gawer & Cusumano, 2002).

¹³ La coopétition qui est une ambivalence relationnelle composée de deux mots, la coopération et la compétition Nalebuff, B. J., & Brandenburger, A. (1996). *Co-opetition*.

Le concept d'ESA proposé par Moore va progressivement se décliner en plusieurs concepts, dont celui d'écosystème entrepreneurial et celui d'écosystème d'innovation. Selon Adner et Kapoor (2010, p. 309), le préfixe « éco » dans « éco-système » est une façon « *de rendre les interdépendances plus explicites* » entre les parties prenantes.

Le concept d'écosystème entrepreneurial connaît une exposition croissante depuis les années 2010. Bien qu'aucun consensus n'a été trouvé autour de la définition du concept (Theodoraki & Catanzaro, 2022), le concept peut être compris comme étant « *un ensemble d'acteurs, d'institutions, d'organisations et de processus entrepreneuriaux interconnectés qui, de manière formelle et informelle, s'unissent pour relier, médiatiser et régir les performances au sein de l'environnement entrepreneurial local* » (Mason & Brown, 2014, p. 5). Ce type d'écosystème part du principe que l'entrepreneuriat ne se manifeste pas de manière isolée, mais plutôt grâce à des interactions entre acteurs qui favorisent les activités entrepreneuriales (Rocha & Audretsch, 2022). L'écosystème entrepreneurial a une dimension spatiale, généralement, ce type d'écosystème est géographiquement délimité, cependant il n'y a pas de limitation quant à leur échelle géographique.

Le concept d'écosystème d'innovation ou ESI est formulé pour la première fois par Adner (2006) dans son l'article intitulé « *Match your innovation strategy to your innovation ecosystem* ». Alors que l'ESA est généralement utilisée pour analyser comment une organisation donnée parvient à créer de la valeur grâce à ses interactions avec diverses parties prenantes, l'ESI met surtout l'accent sur la question de la création de valeur en analysant la manière dont une structure d'acteurs hétérogènes engagés dans un processus d'innovation est capable de créer de la valeur.

Le Tableau 0-1 suivant résume les similitudes et les différences entre l'écosystème entrepreneurial et l'écosystème d'innovation.

Tableau 0-1. Caractéristiques de l'écosystème entrepreneurial et de l'écosystème d'innovation

Ecosystème entrepreneurial	Ecosystème d'innovation
Ces deux concepts trouvent leurs origines dans les fondements de l'écosystème (d'affaire) de Moore (1993) : nature dynamique et systémique	
Plusieurs types d'acteurs interdépendants	
Interactions multiples entre les acteurs de l'écosystème	
Ancrage spatial : proximité géographique	
Réseau d'agents économiques interdépendants issus d'une zone spécifique	Réseau d'agents économiques juridiquement indépendants qui entretiennent des relations de collaborations n'excluant pas la compétition
Les infrastructures existantes créent un environnement propice à la création d'entreprises	Les interactions entre les acteurs conduisent à la mise en commun de ressources qui permet de créer de nouvelles infrastructures
Accent mis sur l'esprit d'entreprise axé sur la croissance	Accent porté sur la co-évolution des acteurs qui composent l'écosystème
Stimule l'entrepreneuriat et la création d'entreprises, ce qui crée à son tour des opportunités d'innovation	co-crée de la valeur pour les clients de l'écosystème à travers l'innovation qui peut être des innovations de produits / services, organisationnelle ou encore de processus.

Source : Adapté de Rocha & Audretsch (2022) et Andriamanantena et al. (2022)

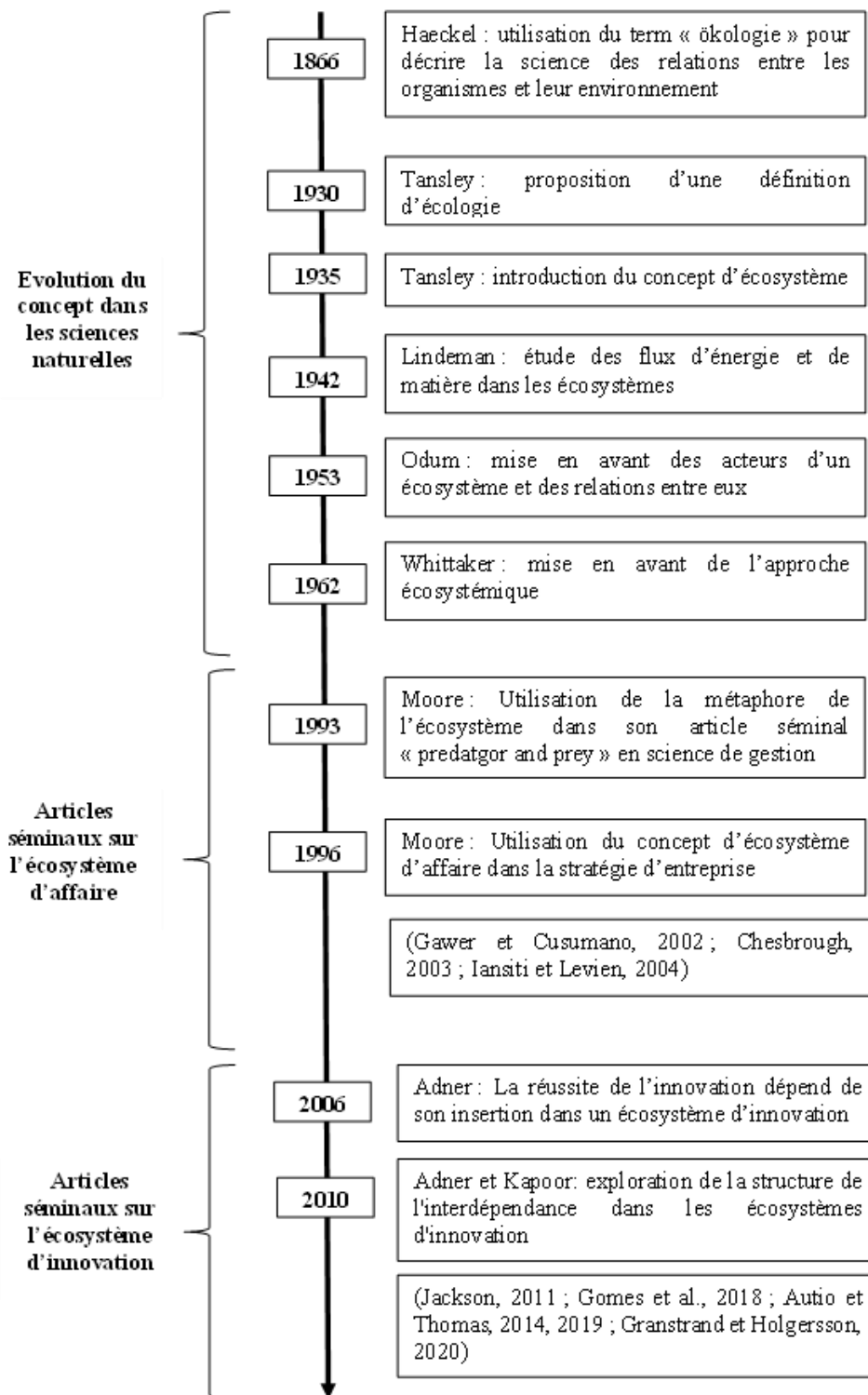
Le Tableau 0-1 montre que les deux types d'écosystème présentent plusieurs similitudes, mais se distingue aussi l'un de l'autre par leurs finalités. L'écosystème entrepreneurial met en place un environnement favorable pour la création d'entreprises, ce qui à son tour stimule l'innovation. Tandis que l'écosystème d'innovation se repose sur des entreprises déjà existantes qui grâce à leurs relations de collaboration vont co-crée de la valeur pour leurs marchés.

Notre travail de thèse s'intéresse surtout à la co-crée de valeur obtenue grâce aux interactions des acteurs. Cette co-crée prend généralement la forme d'innovation qui peut être de la création d'entreprises ou encore de la création d'institutions. Notre recherche va au-delà de la stimulation entrepreneuriale (Audretsch, 2012; Chen, 2007; Hisrich et al., 2017) pour prendre en compte toutes les formes d'innovation qui émergent au sein des territoires

industrialo-portuaires. En ce sens, nous nous focalisons sur l'écosystème d'innovation que nous proposons de détailler dans les paragraphes qui suivent.

Selon Cohendet et al. (2021), le concept d'écosystème d'innovation diffère du système d'innovation, car ce dernier semble être mieux adapté pour analyser la dynamique complexe des transformations. Le système d'innovation en particulier (national ou régional) se concentre sur la nature des interactions entre les institutions existantes qui conditionne les trajectoires d'innovation. L'écosystème d'innovation s'écarte de ce raisonnement et ne suppose pas que les institutions existent déjà. Au contraire, l'écosystème d'innovation se concentre sur la dynamique de l'innovation qui conduit à la transformation des institutions existantes et à la création de nouvelles institutions (Bresnahan et al., 2001). Un écosystème d'innovation peut donc attirer de nouveaux acteurs (Cohendet et al., 2021; Iansiti & Levien, 2004a). L'évolution du concept d'écosystème est résumée dans la Figure 0-5 suivante.

Figure 0-5. Évolution du concept d'écosystème d'innovation



Source : Auteur

Depuis l'article séminal d'Adner en 2006, le concept d'écosystème d'innovation a été largement utilisé pour étudier divers secteurs tels que les industries primaires (énergie, agriculture), les industries manufacturières (aviation, textile, automobile), les industries de services (santé, internet, technologies de l'information) et les industries de haute technologie (nanoélectronique, semi-conducteurs, électronique) (Yaghmaie & Vanhaverbeke, 2019).

L'engouement pour le concept d'ESI s'est accompagné de plusieurs propositions de définitions qui sont aussi larges que variées (Wei et al., 2020). Le modèle d'un écosystème d'innovation souligne la relation étroite et l'interdépendance entre les acteurs (Jackson, 2011). Certains travaux évaluent les objectifs d'un tel écosystème, comme Gomes et al. (2018), qui montrent que le résultat de l'écosystème est la co-création conduisant à la proposition d'une valeur commune. Tsujimoto (2018) détaille la forme de la valeur proposée comme étant une innovation, soit un produit (par exemple, du ciment produit à partir de l'économie circulaire), un service (par exemple, la collecte partagée de déchets), un processus (par exemple, l'adaptation des processus d'une entreprise pour utiliser un sous-produit) ou organisationnelle (par exemple, les changements liés à l'entreprise interne pour faciliter l'échange de ressources). Certaines recherches se concentrent sur les caractéristiques d'un écosystème d'innovation. Carayannis et Campbell (2009), par exemple, mettent davantage l'accent sur les relations entre les différents acteurs et plus particulièrement sur les notions de collaboration et de concurrence. Granstrand et Holgersson, (2020), qui ont proposé une revue systémique autour du modèle, mettent l'accent sur les trois principales composantes d'un écosystème d'innovation, les acteurs, les activités et les ressources qui regroupent les ressources tangibles et intangibles, ce qui est une manière de mettre en avant l'innovation organisationnelle.

La fonction des acteurs est également analysée comme dans le cas de Guerrero et al. (2016), qui discutent de l'écosystème d'innovation et du rôle clé des universités dans le développement de l'écosystème, ou comme dans Nambisan et Baron (2013), qui soulignent le rôle d'un acteur pivot (ou acteur clé) dans l'écosystème d'innovation. En analysant les travaux sur l'écosystème d'innovation, il est possible de donner les quatre principales caractéristiques d'un écosystème d'innovation : acteurs, relations, ressources et résultats. La définition que nous retenons dans le cadre de nos recherches de l'écosystème d'innovation provient donc de notre compréhension des définitions proposées dans la littérature et peut se formuler ainsi : « *Un écosystème d'innovation est un ensemble d'acteurs qui établissent des relations de collaborations qui*

n'excluent pas la compétition (coopétition) et qui mettent en commun des ressources pour créer de la valeur sous forme d'innovation ».

L'économie circulaire et le concept d'écosystème d'innovation partagent une vision systémique similaire qui réunit des acteurs qui collaborent entre eux pour la mise en œuvre d'un projet. Les caractéristiques de l'écosystème d'innovation en font un concept particulièrement adapté pour étudier l'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires dans lequel l'écologie industrielle est très développée. C'est dans ce cadre que nous proposons un nouveau concept pour étudier les territoires industrialo-portuaires appelés écosystème d'innovation circulaire. Ce type d'ESI particulier garde les mêmes caractéristiques que l'ESI, mais se distingue de cette dernière en se créant et en se développant autour d'un projet d'économie circulaire.

5. Présentation de la problématique et de la méthodologie de recherche

Dans notre travail de recherche, nous recourons à une approche hypothético-déductive. Cette approche est une méthodologie de recherche qui est souvent utilisée dans le cadre des sciences humaines et sociales et qui repose sur l'élaboration et le test de propositions afin de formuler des conclusions (Dépelteau, 2000; Hamon, 2015; Nguyễn-Duy & Luckerhoff, 2006). Notre travail de recherche a donc commencé par une revue de la littérature qui a permis la formulation de trois propositions qui expriment les relations entre l'économie circulaire, écosystème d'innovation et territoires industrialo-portuaires (que nous présentons dans les sections qui suivent). Nous avons ensuite testé nos propositions grâce à une collecte de données dans deux cas d'études (Dunkerque et North Sea Port) à travers des entretiens, questionnaires, observations et analyses documentaires (Gauthier, 2003; Journé, 2018; Van der Maren, 2010). Les données recueillies ont par la suite été analysées pour déterminer dans quelle mesure les résultats observés concordent ou divergent avec nos propositions. Les résultats de l'analyse des données ont ensuite été utilisés pour évaluer la validité des propositions qui peuvent être confirmées ou partiellement confirmées.

Nos travaux de recherche remettent en question le modèle de développement dominant dit « linéaire » dans les territoires industrialo-portuaires, et met ainsi l'accent sur les

transformations du territoire industrialo-portuaire suivant une vision positive des effets apportés par l'économie circulaire. Les travaux n'interrogent pas les changements dans les politiques et les réglementations mises en place en matière d'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires, mais s'intéressent davantage au jeu des acteurs locaux impliqués dans la transition vers l'économie circulaire. D'autre part, la thèse s'inscrit dans une étude à l'échelle mésoéconomique, celle du territoire industrialo-portuaire, en ce sens, notre étude se focalise sur l'étude de l'économie circulaire ou plus précisément de l'écologie industrielle en ayant recours au concept d'écosystème d'innovation circulaire.

Dans les territoires industrialo-portuaires, l'économie circulaire est mise en avant comme la solution pour relancer le développement économique ralenti par les contraintes réglementaires relatives au respect de l'environnement de plus en plus fort (Beall, 2017), ainsi que la réticence des acteurs à l'égard des coûts d'acquisitions des technologies verts¹⁴ (Andriamanantena et al., 2022; Bilal et al., 2021). Nous présumons que cela explique pourquoi de plus en plus de projets d'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires se multiplient et sont médiatisés lors de leursancements. Cependant, cet engouement semble beaucoup plus tempéré lors de l'exploitation des projets et bien plus encore quand il s'agit d'en faire le bilan et ses retombées (Andriamanantena et al., 2022). Cela laisse percevoir une réalité en demi-teinte sur le rôle que joue l'économie circulaire dans le développement économique et durable des territoires industrialo-portuaires.

Par conséquent, notre travail de recherche présente un double enjeu. Premièrement, il s'agit de mettre en évidence le rôle que peut avoir l'économie circulaire dans le développement des économies plus durable pour les territoires industrialo-portuaires. Deuxièmement, il s'agit d'identifier les mécanismes qui contribuent à la mise en place d'activités d'économie circulaire et les résultats qui en découlent dans ce type de territoire. Nous nous intéresserons surtout à ce dernier point. L'objectif de la thèse étant de savoir si l'économie circulaire permet réellement de changer la trajectoire du développement économique d'un territoire industrialo-portuaire vers un modèle plus durable et permettre l'émergence d'un écosystème d'innovation.

¹⁴ Technologie verte dans le sens technologie plus respectueuse de l'environnement

Par conséquent, nous formulons la question de recherche suivante : **dans quelle mesure l'adoption de l'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires permet l'émergence d'un écosystème d'innovation circulaire?**

Pour répondre à cette problématique de recherche, nous formulons trois propositions de recherche que nous confronterons ensuite aux deux terrains de recherche que nous avons étudiés.

La première proposition (P1) porte sur les caractéristiques des territoires industrialo-portuaires qui en font des territoires pertinents pour le développement d'activités d'économie circulaire. Nous avons pu observer quatre raisons qui permettent de considérer les territoires portuaires comme des espaces pertinents pour l'économie circulaire et en particulier l'écologie industrielle : la nécessité de la transition vers le développement durable (Carpenter et al., 2018), l'existence de flux multiples favorables à la mise en place de boucles d'économie circulaire et de synergies (Cerceau et al., 2015; Colrat et al., 2018; Duszyński et al., 2015), l'existence d'un tissu économique adapté et de réserves foncières disponibles (Cikankowitz & Laforest, 2010; Dufourg, 2019; Husser & Raison, 2015; LesEchos, 2021; Libourel, 2017), la nécessité de se différencier dans un contexte concurrentiel mondialisé (Ducruet, 2015; Gaudiaut, 2023; Marnot, 2014).

La deuxième proposition (P2) porte sur les relations complexes entre les acteurs d'un territoire industrialo-portuaire impliqués autour d'un projet d'économie circulaire qui permettent l'émergence d'un écosystème d'innovation. L'économie circulaire qui réunit des acteurs pour sa mise en œuvre peut être étudiée avec le concept d'écosystème d'innovation circulaire. En effet, l'écosystème d'innovation circulaire souligne la relation étroite et l'interdépendance entre les acteurs qui en font partie (Jackson, 2011). Un tel écosystème possède trois autres composantes essentielles qui en font un concept pertinent à associer à l'économie circulaire : les activités et les ressources (Granstrand & Holgersson, 2020). Gomes (2018) souligne que le résultat d'un tel écosystème est la cocréation conduisant à la proposition d'une valeur commune. Cette création de valeur prendra la forme d'innovations (Tsujimoto et al., 2018).

La troisième proposition (P3) porte sur l'émergence d'un écosystème d'innovation circulaire qui se traduit par des résultats économiques, en termes d'émergence d'éco-innovations de produits / services, organisationnelles ou de procédé. Cette co-création de valeur peut aussi prendre la forme de création d'entreprises, d'attractivité du territoire et de réduction des

externalités négatives sur l'environnement (réduction d'émission). Quatre raisons nous permettent de considérer l'économie circulaire, et plus spécifiquement l'écologie industrielle comme un atout et un outil de développement des territoires industrialo-portuaires. L'économie circulaire peut ainsi favoriser le renouvellement du tissu économique du territoire (Gallaud & laperche, 2016; F. d. Kasmi, 2018c), faire émerger des innovations (Niang et al., 2020; OCDE, 2005), renforcer l'attractivité locale et diversifier l'économie (Kasmi, 2020), réduire les impacts négatifs des activités économiques sur l'environnement (Mchich et al., 2022; Sehnem et al., 2019; Zink & Geyer, 2017).

Afin de vérifier nos propositions, nous étudions deux cas selon la méthodologie d'étude de cas (Yin, 2014) en privilégiant une recherche qualitative : Dunkerque qui se trouve dans la région des Hauts-de-France et North Sea Port qui est un port partagé entre Gand en Belgique et Zeeland aux Pays-Bas. Ces deux études du cas rentrent dans le cadre du programme IMPPEC ou impact des ports sur l'économie circulaire financé par le port de Dunkerque en collaboration avec ECOPAL et la Communauté Urbaine de Dunkerque.

Le choix de Dunkerque est motivé par plusieurs raisons. Tout d'abord, Dunkerque est considéré comme le pionnier de l'écologie industrielle en France dont les origines remontent aux années 1960 avec l'installation du sidérurgiste Usinor, aujourd'hui ArcelorMittal et qui continue de se développer. Les acteurs du territoire sont actifs dans la promotion du territoire avec par exemple les toiles industrielles faites par l'Agence d'Urbanisme de Dunkerque (AGUR) qui ont donné l'exemple aux territoires en France. Dunkerque a été désigné « territoire d'innovation » par le gouvernement français et gagne une dotation de 37,5 millions d'euros pour soutenir l'économie circulaire. Ce qui montre le dynamisme des acteurs du territoire en matière d'économie circulaire. En plus des entreprises engagées dans des démarches d'écologie industrielle, Dunkerque possède des institutions dédiées à la transition vers l'économie circulaire comme : ECOPAL avec ses 100 adhérents qui favorise et facilite la mise en place de synergies, la mutualisation des flux et l'optimisation des ressources, EURAENERGIE et son parc d'innovation qui soutient les projets innovants en lien avec l'économie circulaire et la transition énergétique, Polénergie qui anime la filière énergie dans la région.

Le travail de terrain pour ce premier cas a d'abord commencé avec la constitution d'un tableau de bord de 35 indicateurs répartis autour de quatre axes (Stratégie, gouvernance, communication ; Symbiose industrielle, Développement économique et Impacts

environnementaux). Construit à partir de la littérature existante ainsi que par les indicateurs fournis par les institutions comme l'ADEME et des indicateurs *ad hoc*. Ce tableau est utilisé comme outil pour permettre de diagnostiquer les efforts ayant déjà été réalisés pour l'adoption d'activités d'économie circulaire, la construction d'un écosystème d'innovation circulaire. Il permet également de confronter les moyens mis en œuvre et les résultats obtenus en terme d'émergence d'innovation (produits / services, organisationnelle, procédé), et de définir des recommandations en vue d'accompagner la transition vers un développement plus durable.

Dans le cadre de la recherche, les parties prenantes retenues pour l'étude sont celles qui peuvent avoir une implication dans le développement de l'économie circulaire à Dunkerque. Ainsi, quatre groupes de parties prenantes ont été retenus, à savoir 1) les entreprises de la symbiose industrielle, 2) les institutions qui participent à l'émergence de l'économie circulaire, 3) le port de Dunkerque en tant qu'autorité portuaire et 4) l'université du Littoral Côte d'Opale pour son rôle dans la formation et la recherche. Le travail préliminaire avant le début des enquêtes a consisté à faire une cartographie des acteurs du territoire. Cette étape a été rendue possible grâce aux précédents rapports et recherches publiés sur le territoire qui ont permis d'avoir une première base des acteurs potentiels à retenir pour l'étude. Cette liste a ensuite été mise à jour et affinée en repassant en revue les sites institutionnels des acteurs et en s'informant sur les projets récents mis en place sur le territoire. La liste établie a ensuite été envoyée aux partenaires du programme IMPPEC pour être complétée. À l'issue de cette étape, 66 entreprises, 16 institutions, l'université du littoral côte d'opale et le port de Dunkerque a été retenu. Les enquêtes (dont la méthodologie de construction est détaillée en Annexe 1) se sont ensuite déroulées entre la période de décembre 2020 à octobre 2021 bouleversée par l'épidémie de la COVID. De par les restrictions et la distanciation sociale qui en a résulté, nous avons dû nous adapter et adopter une démarche flexible pour la collecte des données. Ainsi, nous avons privilégié les enquêtes en ligne à travers l'utilisation de logiciels dédiés tels que LimeSurvey et Google Forms et organisé des entretiens par visioconférence (Zoom, Teams), téléphoniques, et quand la situation le permettait, des rendez-vous en présentiel. Les données obtenues sont ensuite complétées par les informations contenues dans la littérature grise ainsi que les articles de la presse locale, ce qui a permis de compléter et par la même occasion de vérifier la pertinence des données.

Le choix d'une deuxième étude de cas est motivé par l'idée d'utiliser l'outil construit à des fins de comparaison entre plusieurs territoires industrialo-portuaires. La sélection de notre

deuxième étude de cas qui est North Sea Port s'est faite à partir de quatre critères (localisation, trafic maritime, superficie du port et activités d'économie circulaire) pour sélectionner le territoire industrialo-portuaire qui possède les caractéristiques les plus similaires à Dunkerque. L'objectif étant double, identifier les bonnes pratiques en matière d'économie circulaire dans un autre territoire objectivement comparable à Dunkerque et montrer les possibilités qui offrent un tel outil en termes de suivi pour les décideurs. North Sea Port est un territoire industrialo-portuaire particulier, car il est le résultat de la fusion entre deux ports localisés dans deux pays voisins. La collaboration de ces deux ports présente un intérêt supplémentaire, car il ouvre la possibilité d'une collaboration autour d'un projet d'économie circulaire entre acteurs qui dépassent les frontières d'un pays. D'autre part, les clusters d'entreprises diversifiés présents peuvent être étudiés pour vérifier si les caractéristiques de l'écosystème d'innovation circulaire sont retrouvées.

La collecte des données pour le cas de North Sea Port bien qu'elle suive la logique du tableau d'indicateurs, a dû être adaptée à cause de plusieurs facteurs : la distance et la barrière de la langue qui ont limité les déplacements et les prises de contact direct avec les entreprises locales, l'absence de partenariat avec les institutions locales de North Sea Port se traduit aussi par l'absence de données de bases comme la liste des entreprises impliquées dans l'économie circulaire. Le travail préliminaire a donc consisté à construire un panorama de l'économie circulaire à partir des informations disponibles dans les articles scientifiques, les données institutionnelles et la presse locale (Andriamanantena et al., 2023). Ce panorama a permis d'établir une liste potentielle d'acteurs pour les enquêtes. La répliquabilité des enquêtes n'étant pas faisable pour les raisons susmentionnées, nous avons opté pour des entretiens semi-directifs qui se sont déroulés au cours de l'année 2022 sur les acteurs qui peuvent compléter et vérifier le panorama de l'économie circulaire construit. Pour chaque entretien, les questionnaires ont été construits et adaptés suivant les données prérecueillies sur chaque acteur. Ainsi, nous avons réalisé deux entretiens avec trois représentants de North Sea Port, un entretien avec CAPTURE qui regroupe des institutions de recherche dont l'université de Gand ainsi qu'une centaine d'entreprises membres, un entretien groupé avec deux représentants de la province des Flandres et une personne de POMOV qui est une agence de développement de la province, un entretien avec l'unité pilote unique au monde qui produit et teste les innovations sur le territoire appelé Bio Base Europe Pilot Plant et enfin un entretien avec l'entreprise ArcelorMittal Gent qui est considérée comme le plus grand émetteur de CO₂ du territoire, comme à Dunkerque.

6. Structure de la thèse

Ce travail de thèse sur articles se divise en trois chapitres qui correspondent aux trois articles produits.

Le **premier chapitre** s'intitule **La transformation des territoires industrialo-portuaires par l'Économie Circulaire. Proposition d'un tableau de bord d'indicateurs appliqués au cas de Dunkerque France**. Cet article retenu pour le colloque international DevPort qui s'est tenu au Havre en 2020 a été recommandé par le colloque et est en cours d'évaluation dans la revue Galician Journal of Economics. Dans sa première, l'article présente la double relation qui existe entre les territoires industrialo-portuaires et l'économie circulaire, d'un côté, les territoires industrialo-portuaires se présentent comme des terrains favorables au développement d'activités d'économie circulaire et de l'autre, l'économie circulaire permet aux territoires industrialo-portuaires de s'adapter aux nouvelles contraintes environnementales, à la raréfaction des matières premières non renouvelable et à une compétition internationale accrue. Dans la deuxième partie, nous présentons la méthodologie de construction d'un tableau de bord de 35 indicateurs dans le cadre du programme IMMPEC (Impacts des ports sur l'économie circulaire – financé par le port de Dunkerque). La troisième et dernière partie présente les résultats des enquêtes issues du tableau d'indicateurs pour le cas de Dunkerque.

Les deux chapitres qui suivent présentent nos résultats pour nos deux cas d'études : Dunkerque (France) et North Sea Port (Pays-Bas) dont la collecte des données se base sur l'adaptation en questionnaires des 35 indicateurs présentés dans le premier chapitre.

Le **deuxième chapitre** s'intitule **Construction d'un écosystème d'innovation circulaire dans les territoires industrialo-portuaires : Le case de Dunkerque, France**. Cet article a été publié en 2022 en tant que chapitre de l'ouvrage « Business Models for the Circular Economy: A European Perspective » publié par Springer International Publishing (en anglais, mais traduit en français pour le manuscrit de thèse). Cet article développe le concept d'écosystème d'innovation que nous utilisons pour étudier l'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires. Grâce à une revue de la littérature sur le concept d'écosystème, nous mettons en évidence les caractéristiques d'un tel écosystème. Nous reprenons ensuite les résultats obtenus des enquêtes menées à partir du tableau de bord d'indicateurs du programme IMMPEC et l'analysons pour déterminer si un écosystème d'innovation circulaire est présent à

Dunkerque. Cet article représente aussi notre principal apport théorique qui est l'introduction d'un nouveau concept appelé écosystème d'innovation circulaire.

Le **troisième et dernier chapitre** s'intitule **Panorama des activités d'économie circulaire dans un port fusionné, le cas de North Sea Port, Belgique et Pays-Bas**. Cet article en cours de soumission à la revue « The bottom line » revient dans un premier temps sur les origines de la fusion des ports de Gand en Belgique et Zeeland aux Pays-Bas pour constituer North Sea Port. Dans un contexte où l'économie circulaire amène les parties prenantes à collaborer, nous analysons le rôle de chacun d'eux dans la transition vers l'économie circulaire du territoire. Nous présentons ensuite un panorama des activités d'économie circulaire qui se développe à North Sea Port en mettant en avant les déchets ou coproduits valorisés ainsi que les résultats obtenus de ces valorisations.

Nous discutons ensuite des résultats dans une **conclusion générale**, qui revient sur la synthèse des différents articles qui constitue la thèse. Comme apport théorique, cette thèse permet de contribuer à la littérature associant économie circulaire et écosystème d'innovation dans les territoires industrialo-portuaires. En mettant en avant les relations qui émergent grâce à l'adoption de projets d'économie circulaire, nous introduisons un nouveau concept, celui de l'écosystème d'innovation circulaire. Ce qui permet de mieux comprendre les dynamiques de mise en place de l'économie circulaire souvent peu discuter.

D'un point de vue pratique, le tableau de bord d'indicateurs se veut être un outil fonctionnel avec plusieurs utilités. Tout d'abord, il permet de faire un état des lieux et faire le suivi des activités d'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires, il peut aussi être adapté pour les autres types de territoires industriels. C'est un outil de comparaison ou de *benchmark* pour se positionner face à la concurrence des autres ports tout en recueillant les bonnes pratiques en matière d'économie circulaire. Bien que le tableau d'indicateurs concentre surtout des données qualitatives, son adaptation en outil numérique en collaboration avec les entreprises pourrait faciliter la création des synergies. Nous terminons cette partie par les limites de la thèse ainsi que les ouvertures pour la continuité de la recherche.

CHAPITRE 1. LE ROLE DES PORTS DANS L'ECONOMIE CIRCULAIRE. CONSTRUCTION D'UN TABLEAU DE BORD D'INDICATEURS

Aina Ndrianjara ANDRIAMANANTENA

ISI/lab.RII Université du Littoral Côte d'Opale

Sonia VEYSSIERE

ISI/lab.RII Université du Littoral Côte d'Opale

Son Thi Kim LE

ISI/lab.RII Université du Littoral Côte d'Opale

Gwenaelle COTONNEC

Grand Port Maritime de Dunkerque

Blandine LAPERCHE

ISI/lab.RII Université du Littoral Côte d'Opale

**Article en anglais présenté lors de la colloque Devport au Havre en 2020, en cours d'évaluation dans la revue « Galician Journal of Economics ».*

Résumé

Dans cet article nous développons l'hypothèse (proposition) d'une double relation entre territoires industrialo-portuaires et économie circulaire. D'une part les territoires industrialo-portuaires apparaissent comme des espaces favorables au développement de l'économie circulaire et d'autre part, l'économie circulaire peut être un levier pour le développement de ce type de territoire. Bien que des indicateurs existent pour mesurer la transition des économies vers l'économie circulaire, ceux-ci sont surtout adaptés à des échelles micro (celle de l'entreprise) et macro (national et international) de cette transition. Il existe peu d'indicateurs adaptés à l'évaluation de cette transition à l'échelle territoriale (mésos). Nous proposons donc un tableau d'indicateurs, et expliquons la méthodologie de sa construction. Nous l'appliquons ensuite au cas du territoire industrialo-portuaire de Dunkerque, qui fait figure de pionnier de l'écologie industrielle en France. Un tel tableau de bord se présente ainsi comme un outil de

gestion de la transition territoriale, qui peut servir de base à l'analyse académique, mais aussi être un outil de pilotage et de suivi de politiques publiques.

Mots clés : Ports, Économie circulaire, Écologie industrielle, Territoires industrialo-portuaires, Tableau de bord, Indicateurs de circularité.

Abstract

In this article we develop the hypothesis (proposition) of a double relationship between industrial-port territories and circular economy. Firstly, industrial-port territories appear to be favorable spaces for the development of the circular economy and secondly, the circular economy can be a lever for the development of this type of territory. Although indicators exist to measure the transition of economies to the circular economy, these are mostly adapted to micro (that of the company) and macro (national and international) levels. There are few indicators adapted to the evaluation of this transition at the territorial (meso) level. We therefore propose a table of indicators and explain the methodology for their construction. We then apply it to the case of the industrial-port territory of Dunkirk, which is a pioneer of industrial ecology in France. Such a dashboard is thus presented as a management tool for territorial transition, which can be used as a basis for academic analysis but also as a tool for steering and monitoring public policies.

Key words: Ports, Industrial ecology, Circular economy, Industrial and Port Territories, Dashboard, Indicators of circularity.

1. Introduction

Ce premier article présenté sous forme de chapitre dans notre travail de thèse relie le concept d'économie circulaire à notre type de terrain d'étude qui est le territoire industrialo-portuaire. Il présente ensuite la construction d'un tableau de bord d'indicateurs qui nous sert à mesurer la transition des territoires industrialo-portuaires. Enfin, le chapitre présente les résultats obtenus pour le premier de nos deux études de cas qui le territoire industrialo-portuaire de Dunkerque.

L'économie circulaire (EC) est « un système économique qui remplace le concept de « fin de vie » par la réduction, la réutilisation alternative, le recyclage et la récupération des matériaux dans les processus de production/distribution et de consommation (...), dans le but de parvenir à un développement durable» (Kirchherr et al., 2017, p. 224). C'est un concept « parapluie » qui rassemble plusieurs pratiques dont celle de l'écologie industrielle (Fenna Blomsma & Geraldine Brennan, 2017; Hirsch & Levin, 1999; Homrich et al., 2018; Nobre & Tavares, 2021). Cette dernière correspond à un ensemble de flux de matières, d'énergies, de déchets et de co-produits entre acteurs (entreprises, institutions) valorisés par les uns et utilisés comme matière première d'un autre processus productif par les autres. L'écologie industrielle est un pilier de l'EC souvent privilégié dans les territoires portuaires (Cerceau et al., 2014; de Langen et al., 2020; Gravagnuolo et al., 2019; Karimpour et al., 2020), comme le montrent les cas emblématiques de Kalundborg au Danemark (Ehrenfeld, Gertler, 1997) et de Dunkerque en France (Gallaud, Laperche ; 2016 ; Kasmi *et al.*, 2017).

La relation entre territoires industrialo-portuaires et économie circulaire (et donc écologie industrielle) peut, selon nous, être analysée sous deux aspects. D'une part, en raison des activités qui y sont menées, les ports industriels apparaissent particulièrement adaptés au développement de ce type de pratique. D'autre part, l'économie circulaire et l'écologie industrielle en particulier peuvent constituer des leviers pour ces territoires à la recherche de stratégies différenciées pour renforcer leur position dans la concurrence avec d'autres ports (Mat, Cerceau, 2015 ; Cerceau *et al.*, 2014 ; Ezzat, 2016 ; Beyer, Lacoste, 2017 ; Strale, 2017 ; Amenta, De Martino, 2018 ; Carpenter *et al.*, 2018 ; Karimpour *et al.*, 2019).

Pour mesurer cette double relation et évaluer la transition des territoires vers l'économie circulaire, des outils de suivi s'avèrent nécessaires. De nombreux travaux ont été développés par des institutions publiques nationales et internationales afin de mesurer la transition des économies vers la circularité (De Pascale et al., 2021; Moraga et al., 2019; Saidani et al., 2019). Ils concernent majoritairement les stratégies des entreprises (indicateurs micro-économiques) et les politiques publiques dans leur ensemble (indicateurs macro-économiques). Dans cet article, notre objectif est de proposer un tableau de bord d'indicateurs de la transition vers l'économie circulaire, adaptés à l'analyse des territoires (échelle méso-économique), et en particulier des territoires industrialo-portuaires. Nous nous appuyons sur une recherche-action

menée avec le Grand Port Maritime de Dunkerque sur la période 2020 à fin 2022¹⁵. Le tableau de bord a pour ambition de permettre l'analyse, l'évaluation et le suivi de cette transition du territoire vers l'économie circulaire. Son application au cas de Dunkerque (France) montre la contribution de ce type d'outils à des fins d'analyse académique et d'outils de gouvernance territoriale.

Dans une première partie, nous étudions la double relation entre ports industriels et économie circulaire. Dans un second temps nous présentons le tableau de bord d'indicateurs construit dans le contexte de la recherche menée sur le cas de Dunkerque et la méthodologie de sa construction. Enfin, nous présentons les résultats de ce tableau de bord d'indicateurs appliqué au cas de Dunkerque. Finalement nous discutons les résultats et concluons l'article..

2. Territoires industrialo-portuaires et économie circulaire : une double relation

2.1. Les ports : des territoires favorables au développement des activités liées à l'économie circulaire

Si les ports favorisent le développement d'activités liées à l'économie circulaire, c'est selon nous pour quatre raisons principales (voir aussi la partie supérieure de la Figure 1-1).

Premièrement, En Europe, la fin de la Deuxième Guerre mondiale annonce le début d'une croissance forte des pays européens dans laquelle les ports jouent un rôle clé en particulier pour le développement de l'industrie lourde motrice du régime de production fordiste. Ce développement est rendu possible grâce aux énergies fossiles et s'inscrit dans un développement économique 'linéaire', fondé sur le triptyque « extraire, utiliser, jeter » et le « tout pétrole ». Si les ressources naturelles ont permis à ces territoires de prospérer, elles représentent désormais un facteur limitant leur croissance, face aux enjeux de la raréfaction des matériaux fossiles (Vie publique, 2022). Le premier défi des ports est aujourd'hui de trouver le moyen de s'adapter et d'innover en intégrant les enjeux globaux (les bateaux cargos de plus en

¹⁵ Programme IMPPEC : IMPact des Ports sur l'Economie Circulaire, sous la direction de B. Laperche, ISI/Lab.RII, ULCO. Programme financé par le Grand Port Maritime de Dunkerque.

plus grands qui nécessitent des aménagements portuaires toujours plus importants, compétition des nouveaux ports, etc.). Leur poids dans les rejets indésirables et la production de déchets, soumis aux nouvelles contraintes environnementales, les obligent à se tourner vers un développement plus respectueux de l'environnement (Carpenter et al., 2018). Imbriqués dans un environnement local complexe composé de zones portuaires, industrielles, agricoles, urbaines, mais aussi touristiques, les conflits liés à la gestion de l'énergie, de l'eau, des déchets, des surfaces foncières se multiplient (Mat *et al.*, 2015). Ce qui implique aussi des enjeux environnementaux multiples (comme la décarbonisation de l'économie, l'acceptabilité sociale et sociétale des infrastructures).

Les ports industriels sont de plus des lieux d'échange et de transformation des énergies fossiles. Ils se trouvent ainsi au cœur des enjeux de mutation industrielle visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à diversifier le bouquet énergétique. La durabilité est devenue un axe stratégique pour leur développement (Acciaro *et al.*, 2014). Pour Foulquier (2012), les territoires industrialo-portuaires sont des espaces complexes, car ils se situent à la jonction entre réseaux terrestres et maritimes qui contribuent à la fois à l'économie locale et globale, disposant d'un accès à la mer, ils sont des nœuds logistiques essentiels pour la circulation des flux. Duszynski *et al.* (2015) reviennent sur cette complexité des territoires industrialo-portuaires en insistant cette fois sur les flux entre les acteurs de ces territoires. Les auteurs mettent en avant trois grandes catégories de flux :

- Les flux de matières qui regroupent la circulation de matières premières comme le minerai de fer, les marchandises, les produits de consommation, ou encore l'énergie comme le charbon, le pétrole, etc.
- Les flux logistiques qui regroupent les services logistiques tels que le transport, le stockage, etc.
- Les flux contractuels, moins visibles que les deux premiers, regroupent les relations entre les acteurs qui servent à déterminer l'acteur pivot et les autres acteurs qui gravitent autour de lui, les relations hiérarchiques et les relations de sous-traitance entre acteurs.

Troisièmement, en raison de leurs emplacements privilégiés, les ports sont des espaces qui attirent les industriels ayant des activités diversifiées (sidérurgie, métallurgie, pétrochimie, chimie, etc.) et les PME sous-traitantes. Ces territoires industrialo-portuaires où se côtoient les

grandes unités de production se prêtent à la création de symbioses industrielles construites à partir de flux de substitution (les déchets des uns deviennent la matière première des autres) et de mutualisation (des déchets en vue de leur valorisation ou des achats de matière) (Kasmi, 2018 ; Mortensen et al., 2023). Les relations commerciales forgées de longue date entre ces acteurs font que de nouvelles relations spécifiques à la réutilisation, au recyclage et à la création de nouvelles filières peuvent émerger. De plus, ces territoires sont adaptés (sur un plan réglementaire, mais aussi en termes de disponibilité foncière) à la localisation d'unités industrielles nouvelles. Les territoires industrialo-portuaires ont la possibilité d'implanter des unités industrielles dites « à risques » (de type Seveso) et s'occupe de la gestion de flux des matières dangereuses qui suit la réglementation des installations classées¹⁶. La réserve foncière qui caractérise souvent les ports est aussi un atout pour le développement de nouvelles filières industrielles s'inscrivant dans l'économie circulaire. Par exemple, le port de Dunkerque (France) possède un territoire portuaire de 7 000 hectares de superficie terrestre, dont une importante réserve foncière d'environ 3 000 hectares, dont 500 hectares de terrain prêt à bâtir ou « plug and play », en cours de réalisation (Port de Dunkerque, 2020). Le port d'Anvers (Belgique) possède un territoire portuaire de 14 000 hectares de superficie terrestre, dont une réserve foncière de 4 000 hectares (Antwerp, 2019 ; IMPPEC, 2022).

Enfin, pour les ports, l'économie circulaire et l'écologie industrielle s'intègrent de manière croissante aux stratégies de différenciation destinées à faire face à une concurrence de plus en plus forte (par exemple, par l'offre de services mutualisés, générateurs d'effets d'agglomération). Ils peuvent de même favoriser la circulation et la valorisation des flux de matières et d'énergie à l'échelle internationale, lorsque des déchets et sous-produits sont en excédent à un endroit et en déficit à un autre. Renforcer leur attractivité est d'autant plus important comme l'explique Ducruet (2015), que les mouvements de flux centrés autour des plus grands ports et sur de longs trajets (5 000 km et plus) sont en train de laisser place à des corridors maritimes fonctionnant sur la base de trajets de courte distance interdépendants ; ce qui veut dire que de plus en plus de ports entrent dans l'équation du trafic maritime mondial. Les territoires industrialo-portuaires voient dans l'économie circulaire et l'écologie industrielle

¹⁶ Réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement ou ICPE en France et « Integrated Pollution Prevention and Control » ou IPPC qui s'applique aux installations classées dangereuses sur tout le territoire européen (Cikankowitz et Laforest, 2010).

une stratégie de différenciation leur permettant de construire des avantages comparatifs à une échelle nationale et internationale.

2.2. L'économie circulaire comme le levier de développement des territoires industrialo-portuaires

De manière parallèle si les territoires industrialo-portuaires se révèlent adaptés au développement d'activités liées à l'économie circulaire, celle-ci et plus spécifiquement l'écologie industrielle peut être un levier de développement territorial (partir centrale et basse de la Figure 1-1). Par développement territorial, nous entendons la dynamique qui s'appuie sur trois éléments clés, à savoir la *coordination d'acteurs*, impulsée notamment par une *gouvernance spécifique* de différentes *ressources matérielles ou immatérielles* présentes et/ou créées sur le territoire (Veyssière *et al.*, 2021).

Les acteurs se coordonnent ensemble autour d'un projet d'économie circulaire et créent des ressources matérielles et immatérielles spécifiques (Colletis & Pecqueur, 2005), qui sont utilisées dans un processus de création de valeur. L'économie circulaire au niveau territorial nécessite une gouvernance adaptée pour soutenir le processus de coordination entre acteurs. Ce soutien peut se traduire par la réglementation, l'élaboration des politiques et l'animation de projets collectifs. Cette gouvernance peut aussi être menée en coopération avec les entreprises et les associations, il s'agit alors d'une gouvernance que l'on peut qualifier de « mixte » (Kasmi *et al.*, 2017)

L'écologie industrielle se caractérise par l'émergence de synergies de mutualisation de déchets et de substitution de matières premières par des déchets qui sont appelés co-produits. La naissance de ces synergies nécessite la mise en œuvre de relations de proximité entre acteurs sur la base de ressources matérielles. La proximité est d'abord géographique, mais comprend aussi, des dimensions organisationnelles (procédures organisationnelles communes), institutionnelles (cadre institutionnel identique) et cognitives (savoir -faire et connaissances partagées) (Uzunidis, 2007, Torre, 2009, Martin, Boschma, 2010). Ces formes de proximités entre entreprises et institutions sont à l'origine d'effets d'agglomération, qui prennent la forme de la création d'un marché du travail spécialisé et partagé, du développement d'inputs spécialisés (des actifs spécifiques) partagés qui améliorent la productivité des entreprises

(infrastructures communes : routes, communication ; accès à des matières premières ou autres ressources spécifiques comme des compétences et des savoir-faire), ou encore de retombées technologiques en termes de diffusion des connaissances (Gallaud, Laperche, 2016).

La mise en évidence d'un effet de levier actionné par l'économie circulaire (en particulier l'écologie industrielle) sur le développement territorial s'appuie ainsi sur la mise en évidence des effets d'agglomération générés par les formes de proximité essentielles aux développements des synergies entre acteurs (que ce soit dans le cadre de la mutualisation de déchets ou de l'utilisation de déchets ou co-produits comme matière première). Ces effets d'agglomération peuvent avoir un effet positif sur les entreprises en place (souvent des unités de production appartenant à des groupes multinationaux) qui peuvent en effet bénéficier d'économies d'échelle externes, issues de la taille et des caractéristiques du milieu dans lequel elles sont insérées : réduction du coût du travail, concentration d'infrastructures, connaissances qui justifient leur maintien sur place (pérennisation de l'activité). De même ils peuvent stimuler la création de nouvelles entreprises (de recyclage par exemple) et la localisation d'autres entreprises qui souhaitent bénéficier d'intrants productifs moins onéreux ou d'une main-d'œuvre spécialisée et sensibilisée aux questions liées à l'écologie industrielle. L'attractivité structurelle du territoire peut ainsi être renforcée par la mise en œuvre des projets d'écologie industrielle (Kasmi, 2020).

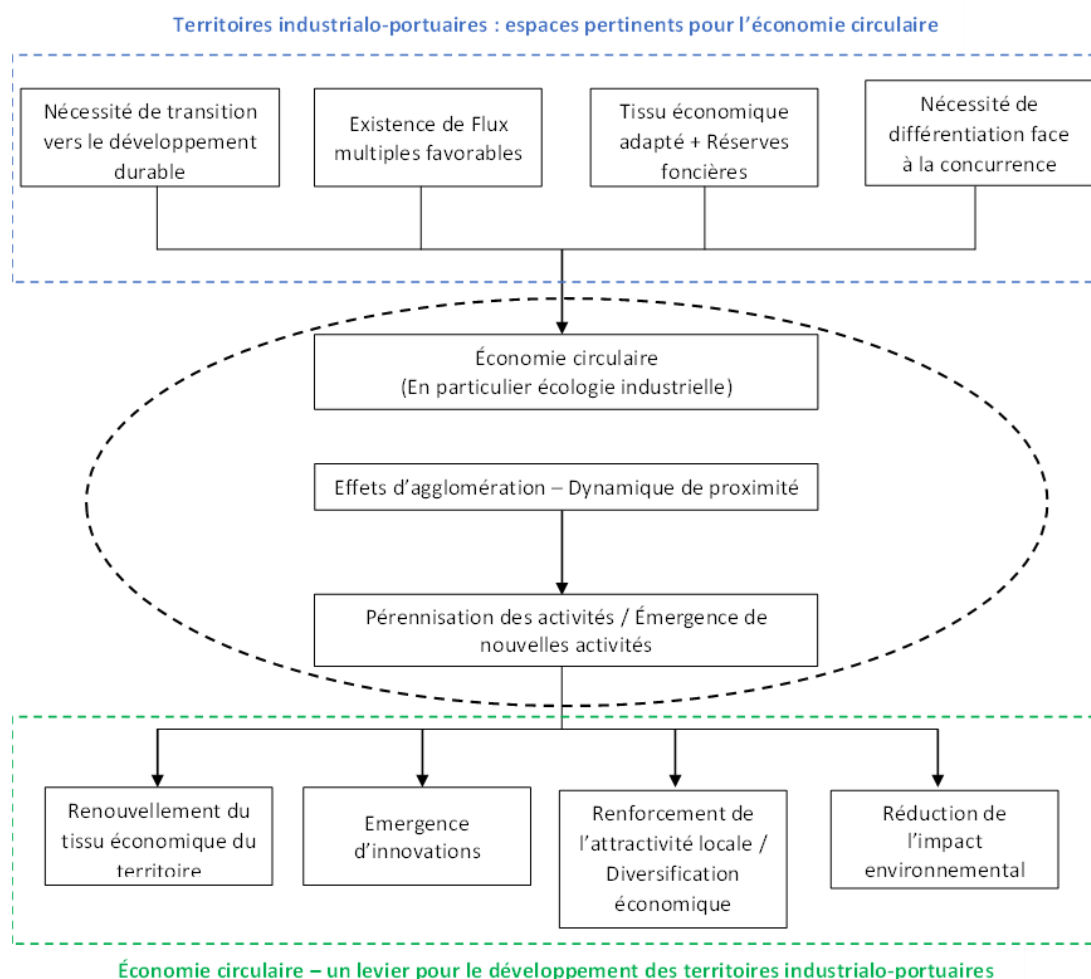
Une meilleure attractivité peut permettre la diversification économique par le biais de la création de nouvelles filières (comme des filières de traitement et de transformation de déchets en matières premières utilisables par d'autres).

Enfin, l'économie circulaire, en fermant la boucle du cycle de vie des matières et en allongement de la durée de vie des produits, permet de limiter les dommages causés à l'environnement (Zink & Geyer, 2017) par la valorisation des déchets ou co-produits (Sehnem et al. (2019) et la réduction de l'usage de matières premières et la réduction des émissions de gaz à effet de serre (Mchich et al. (2022) ,

Ainsi, l'écologie industrielle peut être considérée comme un outil de construction de milieux innovateurs (Aydalot, 1986 ; Camagni, Maillat, 2006, Uzunidis, 2007, Kasmi 2018) ou dans des termes contemporains d'écosystèmes d'innovation (Granstrand & Holgersson, 2020; Thomas & Autio, 2019).

La Figure 1-1 suivante qui constitue notre cadre d'analyse résume la double relation que nous venons d'expliquer entre les ports et l'économie circulaire.

Figure 1-1. Économie circulaire et territoires industrialo-portuaires.



Source : Auteurs

Dans la deuxième partie qui suit, nous nous intéressons à la question de la mesure de la transition des territoires vers l'économie circulaire. Une telle mesure permettrait en effet de vérifier notre hypothèse (proposition) du rôle d'effet de levier que peut avoir un projet d'écologie industrielle sur un développement territorial durable.

3. L'évaluation de la transformation territoriale misant sur l'économie circulaire : méthodologie de construction d'un tableau de bord

3.1. Les indicateurs de l'économie circulaire dans la littérature

L'intérêt apporté à l'économie circulaire est accompagné de plusieurs travaux proposant de mesurer les changements qu'elle apporte à travers des indicateurs. Les indicateurs sont des variables qui fournissent des preuves du changement, ils apportent des informations pour la prise de décision, le suivi et l'évaluation (Gallopín, 1996). En ce sens ces variables sont une représentation d'attributs quantitatifs et qualitatifs (Waas et al., 2014).

Moraga et al. (2019) ont étudié les indicateurs qui mesurent l'économie circulaire à travers un cadre de classification implémenté à trois échelles distinctes : 1) micro comme un produit ou une seule entreprise, 2) méso comme les symbioses industrielles et 3) macro comme une région ou une nation. Ils illustrent par la suite leurs classifications d'indicateurs avec une sélection d'indicateurs quantitatifs à l'échelle micro tirés de la littérature et des indicateurs à l'échelle macro tirée du « cadre de suivi économie circulaire » de l'Union Européenne. Leurs résultats montrent que la plupart des indicateurs se concentrent sur la préservation des matériaux.

De Pascale et al. (2021) ont étudié les travaux sur les indicateurs de l'économie circulaire à travers une revue systématique de la littérature parue entre 2000 et 2019. Les chercheurs retiennent au final 61 articles qu'ils analysent et classent suivant les échelles micro, méso et macro. Leurs résultats montrent que même si la littérature étudie les indicateurs de circularité aux trois échelles, il est constaté que la répartition des articles est beaucoup plus centrée au niveau micro et macro.

Dans la littérature existante, l'échelle mésoéconomique, celle du développement territorial reste peu abordée tout comme le développement territorial. Ce constat est retrouvé dans les travaux de Pinyol Alberich (2022) qui a étudié les feuilles de route et les stratégies d'économie circulaire parue entre 2016 et 2020 de 12 pays de l'Union européenne. Malgré l'émergence constante de stratégies de développement durable des états membres de l'Union européenne depuis 2016, l'économie circulaire est surtout perçue à l'échelle macroéconomique comme une opportunité de générer des opportunités commerciales et des emplois en remodelant les flux de ressources et les relations économiques .

Pourtant, selon Smol et al. (2017), l'échelle mésoéconomique est une échelle pertinente qui fait le lien entre le niveau micro et macro. Les travaux sur les indicateurs de l'économie circulaire à cette échelle commencent d'ailleurs à émerger. Smol et al. (2017) étudient les éco-innovations (innovation issue de l'économie circulaire) au niveau territorial à l'aide de 16 indicateurs comme les investissements locaux en matière d'économie circulaire, les types de déchets produits dans ces territoires ou encore le pourcentage de déchets industriels recyclés. L'ADEME qui est un établissement public français et chargé de soutenir la transition vers l'économie circulaire a publié un référentiel d'action traduit par des indicateurs adaptés au niveau territorial. Ce référentiel réparti suivant cinq axes est un outil de mesure de la maturité de la performance des politiques d'économie circulaire destiné aux collectivités. Ce référentiel inclut des indicateurs sur la stratégie globale de l'économie circulaire ; sur le développement des services de réduction, de collecte et de valorisation des déchets ; le déploiement des piliers de l'économie circulaire ; les outils financiers ; et la coopération entre les acteurs (ADEME, 2020).

Plus récemment, Dialga (2021) qui étudie la région Normandie en France met en avant la nécessité de construire des indicateurs plus spécifiques au territoire étudié. Ainsi, en plus des indicateurs traditionnels, des indicateurs plus adaptés sont introduits comme le patrimoine naturel, l'attractivité du territoire ou encore l'agenda local du développement durable.

Par indicateur traditionnel, nous entendons les indicateurs généraux comme les impacts économiques, la collecte et le traitement des déchets (EEA, 2016) ou encore l'évolution des émissions de CO₂ (Geng et al., 2009) qui sont bien ancrés et utilisés par les organisations internationales et mobilisés dans les recherches et les rapports existants. Les indicateurs spécifiques sont plus adaptés aux différentes caractéristiques particulières du cas étudié. Dans le cas d'un territoire industrialo-portuaire, ces indicateurs peuvent être par exemple les terrains disponibles gérés par le port, le nombre d'infrastructures construites pour faciliter le développement de l'économie circulaire ou encore le pourcentage de sédiments valorisés.

La nécessité de construire des indicateurs adaptés à l'échelle mésoéconomique est donc justifiée par la diversité et la particularité des territoires existants que des indicateurs plus généraux ne sauraient pleinement prendre en compte. Ces indicateurs spécifiques permettent de mieux comprendre les caractéristiques du territoire étudié, de faire des suivis ainsi que des évaluations plus précises pour une meilleure prise de décision au niveau territorial.

3.2. La construction d'un tableau de bord d'indicateurs pour mesurer la transition d'un territoire industrialo-portuaire vers l'économie circulaire

Actuellement, les travaux institutionnels sur l'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires se limitent surtout au recensement des activités pour avoir un panorama général de ce qui s'y fait (Synapse, 2020 ; Orée, 2021). Cependant, l'inventaire des démarches d'EIT par exemple ne donne que peu de détails sur la transition qui opère dans le territoire ou encore le rôle des parties prenantes.

Mesurer l'impact d'un projet d'économie circulaire s'avère donc nécessaire à des fins de suivi de projets. En ayant une meilleure approche de la transformation du territoire, il devient possible de mieux orienter les actions concertées des décideurs et des parties prenantes impliquées dans l'économie circulaire, et ce, grâce à davantage d'informations à leurs dispositions. La construction de ces informations est rendue possible grâce à des indicateurs synthétiques.

Cependant, la particularité des territoires industrialo-portuaires (associant un espace terrestre et maritime) s'accompagne d'un manque d'indicateurs spécifiques qui leur sont dédiés. Ce qui nous a conduits à construire un tableau de bord d'indicateurs plus adaptés pour mesurer les activités d'économie circulaire qui s'y déroulent.

Rappelons que les stratégies d'économie circulaire à l'échelle territoriale ont l'ambition de répondre à un double enjeu environnemental et socio-économique. L'enjeu environnemental doit répondre aux défis de la réduction des externalités négatives des activités présentes sur le territoire, et assurer le bouclage des flux (matériaux, énergie, eau). Cette réduction est rendue possible grâce à la mise en œuvre de différentes pratiques comme l'écoconception, l'écologie industrielle, la réutilisation, le réemploi ou encore le recyclage. L'enjeu socio-économique devrait quant à lui permettre le développement des territoires, en soutenant la création d'activités nouvelles et d'emplois, le partage de connaissances et de compétences, l'innovation et la mobilisation des acteurs.

Par conséquent, le tableau de bord d'indicateurs devra inclure un axe à portée économique et un autre à portée environnemental. À ces deux axes, nous rajoutons un axe qui décrit la stratégie, la gouvernance et la communication du territoire. Un dernier axe appelé symbiose industrielle est construit pour prendre en compte l'une des spécificités des territoires industrialo-portuaires

qui sont la présence de flux denses qui permet la mise en œuvre des projets d'écologie industrielle.

La construction de ces quatre axes qui composent le tableau de bord d'indicateurs s'est faite à partir d'un recensement des indicateurs existants dans la littérature académique et institutionnelle (Commission européenne, Ademe). Nous avons sélectionné les indicateurs pertinents en fonction de notre périmètre d'étude et de la disponibilité des données.

La combinaison des informations collectées a permis d'une part d'établir une classification entre les indicateurs existants et d'autre part, de sélectionner les indicateurs adaptables aux territoires industrialo-portuaires et utilisable en tenant compte de la disponibilité des données. Un certain nombre d'indicateur co-construits avec les partenaires du programme IMPPEC (appelée plus bas indicateurs *Ad-hoc*¹⁷) sont ainsi proposés.

Nous proposons un tableau de bord constitué de 35 indicateurs centré autour de 4 axes permettant d'évaluer quantitativement et qualitativement la mise en œuvre de l'économie circulaire sur les territoires (voir aussi les détails des indicateurs en annexe).

Axe 1- Stratégie, gouvernance, communication ;

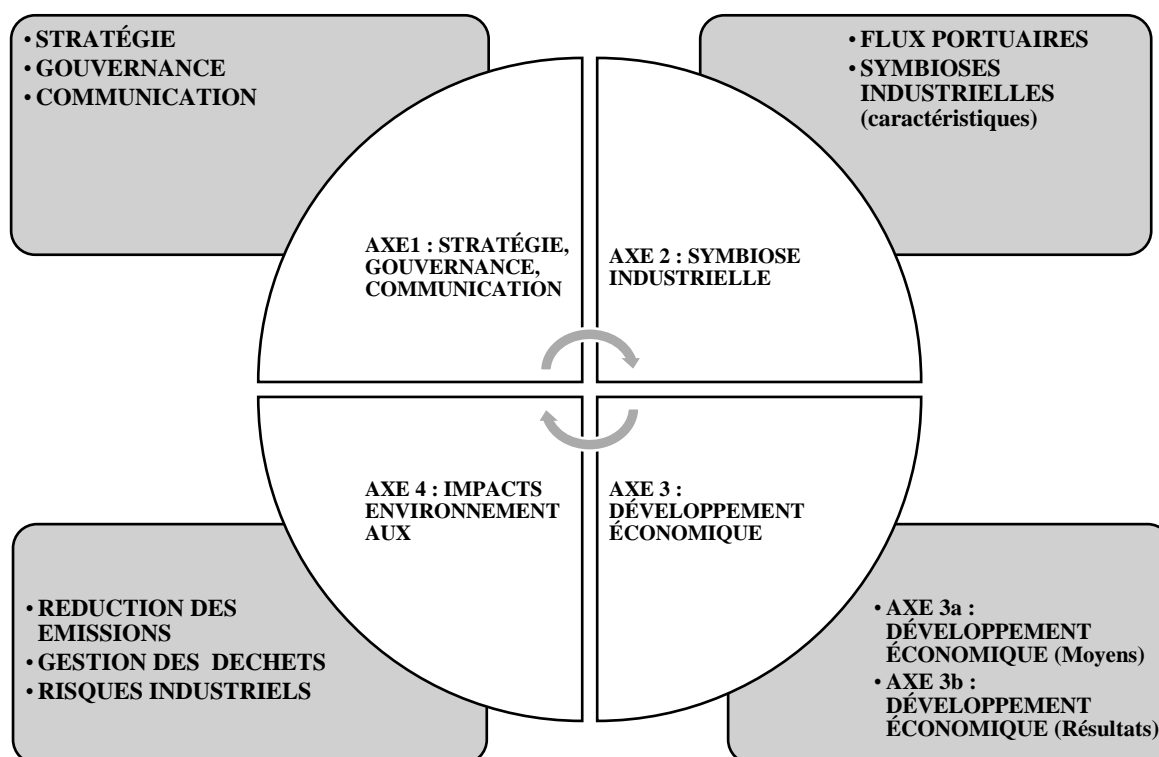
Axe 2 - Symbiose industrielle ;

Axe 3 - Développement économique ;

Axe 4 - Impacts environnementaux.

¹⁷ Un indicateur ad hoc est un indicateur spécialement conçu ou adapté à une situation ou à un objectif spécifique. Il diffère des indicateurs généraux et standardisés utilisés couramment, car il est créé pour répondre à des besoins particuliers qui ne sont pas pleinement satisfaits par les indicateurs existants.

Figure 1-2. Axes du tableau de bord d'indicateurs



Source : Auteurs

Le premier axe (stratégie, gouvernance et communication), composé de huit indicateurs (exemples : part du budget affecté à l'économie circulaire, coopération locale, nationale et internationale) vise à évaluer la stratégie opérationnelle des parties prenantes en soutien au développement de l'économie circulaire. Pour la partie stratégie, nous nous intéressons par exemple au plan d'action défini en matière de développement durable et d'économie circulaire (adapté du référentiel ADEME) et la part de budget alloué par les parties prenantes (adapté des travaux de Ferreira et al., 2019). La gouvernance concerne surtout la coopération entre les parties prenantes impliquées dans l'économie circulaire (adapté du référentiel European Environment Agency ou EEA) et enfin la communication qui se traduit par les plateformes de collaboration (adapté de Avdiushchenko et al., 2019 et EEA) et les actions de communication (de Geng et al., 2009).

Le deuxième axe (Symbiose industrielle) composé de cinq indicateurs (exemples : nombre d'entreprises de la symbiose industrielle, nombre de piliers de l'économie circulaire) a pour objectif de mesurer le développement de l'écologie industrielle qui prend surtout place dans

les territoires industrialo-portuaires. La toile industrielle de Dunkerque¹⁸ produite par l'AGUR (Agence d'urbanisme Flandre-Dunkerque) a permis d'avoir une idée générale sur les types de flux qui circulent dans le port de Dunkerque. Un indicateur supplémentaire appelé suivi des flux portuaires (indicateur *ad hoc*) a été construit pour connaître la quantité de ces flux qui transitent et qui restent au sein du territoire.

Les indicateurs sur les caractéristiques de la symbiose industrielle ont quant à eux été construits sur la base des travaux de Ferreira et al. (2019) qui proposent un ensemble d'indicateurs pour évaluer la mise en œuvre et la maturité des symbioses industrielles dans les industries papetières en Espagne. Ainsi que ceux de Huang et al. (2015) qui analysent des indicateurs appliqués aux entreprises dans le cadre du programme chinois d'expérimentation des parcs d'écologie industrielle. Ces indicateurs permettent de suivre l'évolution de la symbiose industrielle avec par exemple le nombre d'entreprises qui la compose ou encore le rôle apporté par les institutions à ces entreprises. Comme l'économie circulaire est composée de sept piliers selon l'ADEME (extraction et exploitation durable, éco-conception, écologie industrielle, économie de la fonctionnalité, consommation responsable, allongement de la durée de vie, recyclage), un dernier indicateur appelé nombre de piliers de l'économie circulaire (adapté du référentiel ADEME) vient compléter cet axe.

Le troisième axe (développement économique) est composé de treize indicateurs (exemples : terrains mis à disposition, formation en rapport avec l'économie circulaire, innovation introduite) divisés en deux sous-axes. Le premier se consacre aux moyens accordés pour mise en œuvre de l'économie circulaire et le deuxième présente les résultats qui émergent de ces moyens. La transition vers l'économie circulaire est accompagnée par des efforts conjoints entre les parties prenantes, ces moyens ou ressources peuvent prendre une forme financière que nous mesurons par exemple grâce à l'indicateur part de dépenses pour la R&D (adapté de Portillo-Taragona et al., 2018) ou un investissement en termes d'infrastructures avec par exemple le nombre de nouvelles infrastructures construites (indicateur *ad hoc*). Les ports gèrent leurs espaces fonciers qui sont nécessaires pour l'implantation de nouvelles entreprises, en ce sens, il est important de connaître la superficie disponible pour les projets. L'indicateur terrains

¹⁸ La toile industrielle de Dunkerque est un outil d'aide à la décision en matière de stratégie économique, présentée sous forme de carte, elle décrit l'ancrage local des entreprises du territoire et leurs interdépendances

mis à disposition (*ad hoc*) permet d'avoir une perspective d'évolution du tissu industriel du territoire. Adopter des projets d'économie circulaire implique aussi la transformation des emplois qui passe par la création de formation plus adaptée par l'université et la création de nouvelles connaissances produites par les laboratoires de recherches. Ainsi l'indicateur de formation en rapport avec l'économie circulaire (*ad hoc*) permet d'évaluer la manière selon laquelle l'université s'est adaptée à la transition.

Le deuxième sous-axe s'intéresse aux résultats économiques qui émergent des ressources allouées à l'économie circulaire. Ces résultats sont mesurés à travers le nombre de brevets déposés (adapté de Portillo-Taragona et al., 2018) et les innovations introduites (produits, procédés, services, organisation du travail, méthodes commerciales). La mise en place de synergies devrait permettre d'engendrer des opportunités pour la création d'entreprises, l'évolution du nombre des entreprises créées (adapté de Huang et al., 2018) donne ainsi une bonne indication de la croissance de la symbiose. Au niveau de l'entreprise, le changement qui suit l'adoption de l'économie circulaire peut être mesuré en termes de nombre d'emplois créés (indicateur adapté de la feuille de route de Paris).

Le dernier axe (impacts environnementaux) compte neuf indicateurs (exemples : total des émissions de CO₂, économie des ressources, déchets industriels) et prend en compte les effets de l'économie circulaire sur l'environnement. En intégrant la gestion complète du cycle de vie des produits, une réduction des externalités négatives est envisageable. La réutilisation des flux permet de réduire les ressources naturelles extraites. En ce sens, il est important de connaître la quantité de déchets produite et surtout la part valorisée pour avoir un meilleur panorama des co-produits potentiels utilisables. En ce sens, des indicateurs sur les déchets ménagers, industriels et portuaires ont été construits sur la base des travaux de Geng et al. (2009). Les industries dans les territoires industrialo-portuaires ont commencé à produire dans un contexte où la réglementation sur le rejet des déchets et des émissions de gaz à effets de serre n'étaient pas encore aussi strictes. En adoptant des activités d'économie circulaire, les entreprises réduisent leurs impacts sur l'environnement. Concernant les ressources naturelles, l'indicateur d'économie des ressources permet de comparer la quantité de ressources extraites (eau, énergie, matières premières) avant et après adoption de l'économie circulaire. Les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont aussi prises en compte, mais vu la multitude de GES existant, nous nous concentrons surtout sur le CO₂ et les émissions de poussière.

3.3. Application du tableau de bord d'indicateurs au cas de Dunkerque : méthodologie de l'enquête de terrain

Le territoire industrialo-portuaire de Dunkerque (région Hauts de France) est considéré comme le pionnier de l'écologie industrielle en France. Avec une transition vers l'économie circulaire qui commence dès les années 1960 et qui continue de s'opérer encore de nos jours, Dunkerque se présente comme un cas pertinent pour une première application du tableau de bord d'indicateurs construit.

Dans le cadre de la recherche, les parties prenantes retenues pour l'étude sont celles qui peuvent avoir une implication dans l'économie circulaire. Il y a quatre groupes de parties prenantes à savoir 1) les entreprises de la symbiose industrielle, 2) les institutions qui participent à l'émergence de l'économie circulaire, 3) le port de Dunkerque en tant qu'autorité portuaire et 4) l'université du Littoral Côte d'Opale pour son rôle dans la formation et la recherche.

Le travail préliminaire avant enquête a consisté à faire une cartographie des acteurs du territoire. Cette étape a été rendu possible grâce aux précédents rapports publiés sur le territoire et l'aide du port de Dunkerque, de la communauté urbaine de Dunkerque et ECOPAL (association qui agit en tant qu'intermédiaire et facilitateur de synergies interentreprises) qui a permis d'affiner la liste obtenue. Elle se compose de :

- 66 entreprises qui font partie de la symbiose industrielle de Dunkerque et dont les domaines d'activités sont surtout centrés autour de la métallurgie, de la sidérurgie et de la production d'énergie. Les synergies qui se sont développées sur le territoire sont basées sur la réutilisation des co-produits de ces activités.
- 16 institutions qui sont impliquées dans les projets d'économie circulaire, et ce à tous les niveaux de sa mise en œuvre. Par exemple l'AGUR offre un panorama des relations entre entreprises grâce à ses toiles industrielles, Dunkerque promotion qui promeut le territoire pour attirer de nouveaux projets, ECOPAL aide les porteurs de projets à s'insérer dans la symbiose industrielle.

- L'université du Littoral Côte d'Opale qui forme les futurs salariés et cadres et possède une capacité de recherche mise à disposition des entreprises et des autres parties prenantes.
- Le port qui est l'une des spécificités de ce type de territoire est retenu, car il joue un rôle stratégique de par ses fonctions concernant l'aménagement de son territoire.

La réalisation des enquêtes (questionnaires et entretiens) s'est déroulée, essentiellement à distance entre la période de décembre 2020 à février 2022. Le questionnaire est construit par la transformation de notre liste d'indicateurs en questions adaptées à chaque type d'interlocuteur. Les questions portent sur différentes dates (préciser) afin d'apprécier les changements réalisés

Le Tableau 1-1 ci-dessous montre le taux de participation par type d'acteurs. À ce tableau s'ajoute la participation du port.

Tableau 1-1. Participation aux enquêtes par type d'acteur

Type d'acteur	Nombre total des acteurs ciblés	Nombre d'acteurs ayant participé aux enquêtes	Taux de participation (%)	Personnes interviewées
Entreprises	66	32	48.49	Représentants des entreprises
Institutions de recherche	16	8	50	Responsables de formation à l'ULCO ¹⁹
Organismes de régulation	16	7	43.75	Représentants des organismes de régulation

Les réponses obtenues ont par la suite été analysées et un système de notation simple à trois niveaux a été établi pour permettre d'évaluer chaque indicateur. Ce système est résumé dans le Tableau 1-2 ci-dessous.

¹⁹ Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO) avec quatre sites d'enseignement et plus de 300 chercheurs et 10.000 étudiants. L'ULCO a été ciblée pour notre recherche dans laquelle nous avons mené des enquêtes auprès des responsables de formation (présélectionnés) de chaque département. L'université est présente sur quatre sites : Dunkerque, Calais, Boulogne, et Saint Omer.

Tableau 1-2. Système de notation des indicateurs

Notation	Description
A	Des changements notables ont été constatés
B	Des changements commencent à prendre forme
C	Aucun changement significatif enregistré
N/A	Les informations recueillies ne permettent pas de noter l'indicateur

Ce système de notation a pour objectif de montrer le degré de changement enregistré par la mise en place de projets d'économie circulaire à Dunkerque au moment de la collecte des données. En ce sens, deux points sont à retenir : 1) la notation ne se réfère pas à une notion absolue , mais s'apparente à l'appréciation des changements en cours. 2) la notation n'est pas fixe et peut évoluer suivant les actions réaliser, elle peut donc augmenter si des changements notables sont enregistrés et baisser si les efforts ne sont pas poursuivis. Chaque axe reçoit une notation générale basée sur la moyenne des notes des indicateurs qui la compose.

La notation « A » est attribuée lorsque les indicateurs démontrent un changement notable(davantage d'investissements, des dépenses de R&D plus importantes depuis la mise en place du projet d'EC par exemple) ou une qualité reconnue favorable à la transition. En prenant par exemple le cas de l'indicateur sur les déchets, une entreprise qui a nouvellement intégré des co-produits dans son processus de production sera notée « A » pour refléter le changement implémenté. L'indicateur sur les terrains disponibles est aussi noté « A », car les réserves foncières sont suffisantes pour accueillir de nouveaux projets.

La notation « B » est la note intermédiaire qui indique que des changements commencent à prendre forme. Elle peut aussi être attribuée quand les réponses obtenues manquent de précisions. Pour l'indicateur part des dépenses allouées à la R&D par exemple, il est constaté que certaines entreprises y consacrent une partie de leurs chiffres d'affaires. Cependant, le nombre d'entreprises qui font de la R&D reste très faible par rapport au nombre total

d'entreprises retenues pour l'étude. La note donnée est « B » pour montrer que certaines entreprises investissent dans la R&D mais qu'il y a encore un effort à fournir pour inciter les autres à faire de même. La croissance d'une symbiose industrielle peut être mesurée par le nombre d'entreprises créées. Bien que les institutions interrogées s'accordent à dire que cette croissance suit une tendance positive, l'absence de listes ne permet pas de connaître précisément son évolution. Le manque d'information conduit ici aussi à la note « B ».

La notation « C » est attribuée quand les données recueillies indiquent qu'aucun changement significatif n'est enregistré au moment de la collecte des informations. En termes d'émission de CO₂ par exemple, la plupart des entreprises s'accordent à dire que leurs émissions ont baissé depuis qu'ils adoptent des activités d'économie circulaire, mais n'ont pas partagé des données quantitatives, tandis que d'autres entreprises n'ont pas souhaité répondre à cet indicateur et d'autres annoncent des changements pour le futur, non mesurable à la période où l'étude est menée. Bien qu'une baisse soit indiquée, Dunkerque reste au niveau national le premier émetteur de CO₂ en France avec environ 21% des émissions.

Il est à préciser que N/A n'est pas concrètement une note, c'est une indication qui signifie qu'aucune donnée n'est disponible. C'est le cas pour l'indicateur qui traite de la quantité des déchets industriels.

4. Résultats

4.1. Le territoire industrialo-portuaire de Dunkerque : historique et évolution récente

Dunkerque est une ville côtière située dans le nord de la France, à la frontière avec la Belgique et à 100 kilomètres de l'Angleterre. Le port est situé dans le range Nord Européen qui est la deuxième façade maritime mondiale.. Détruite à 90% à la fin de la guerre, la ville se reconstruit rapidement, commence à accueillir de grands industriels avant de connaître une expansion économique sans précédent qui ne ralentira qu'avec le choc pétrolier de 1973. Aujourd'hui, la ville de Dunkerque est la 5^e ville de la région Hauts de France (84 933 habitants en 2021) et la Communauté urbaine de Dunkerque (CUD) dans laquelle se déroulent les activités d'écologie industrielle compte 195 917 habitants répartis en 17 communes (Agence d'urbanisme Flandre-Dunkerque, 2021).

Reconnue comme l'un des pionniers de l'économie circulaire (écologie industrielle) en France la symbiose industrielle se base essentiellement sur l'échange de flux de co-produits issus de la métallurgie et de la sidérurgie. Les fondements de l'économie circulaire à Dunkerque et plus précisément de l'écologie industrielle commencent avec le démarrage du sidérurgiste Usinor (aujourd'hui ArcelorMittal) et la mise en service de la centrale électrique DK4 en 1962 fonctionnant au gaz des hauts-fourneaux d'Usinor. En 1986, le réseau de chaleur Urbain (RCU) qui réutilise la chaleur fatale d'Usinor est mis en place. Ces synergies vont par la suite servir d'exemples à d'autres projets d'économie circulaire sur le territoire. Ainsi en 1991, l'eau chaude de la centrale nucléaire sera réutilisée par Aquanord qui est une ferme aquacole. En 1995, le RCU est raccordé au centre hospitalier de Dunkerque. En 2001, l'association ECOPAL ou ECONomie et ECOlogie Partenaires dans l'Action Locale est créé à l'initiative des industriels. Elle va accélérer la transition vers l'économie circulaire en devenant un intermédiaire et une facilitatrice de synergies interentreprises. En 2004, la centrale électrique thermique DK6 vient remplacer DK4 qui est mise en arrêt et un centre de valorisation des déchets organiques est mise en service. À partir de 2008, davantage de synergies émergent avec par exemple la production de biocarburants par l'entreprise Daudruy qui est à la base un spécialiste des huiles végétales et animales, la valorisation de la chaleur fatale de la centrale nucléaire en 2017, ou encore la valorisation des co-produits d'ArcelorMittal en ciment par l'entreprise ECOCEM en 2019.

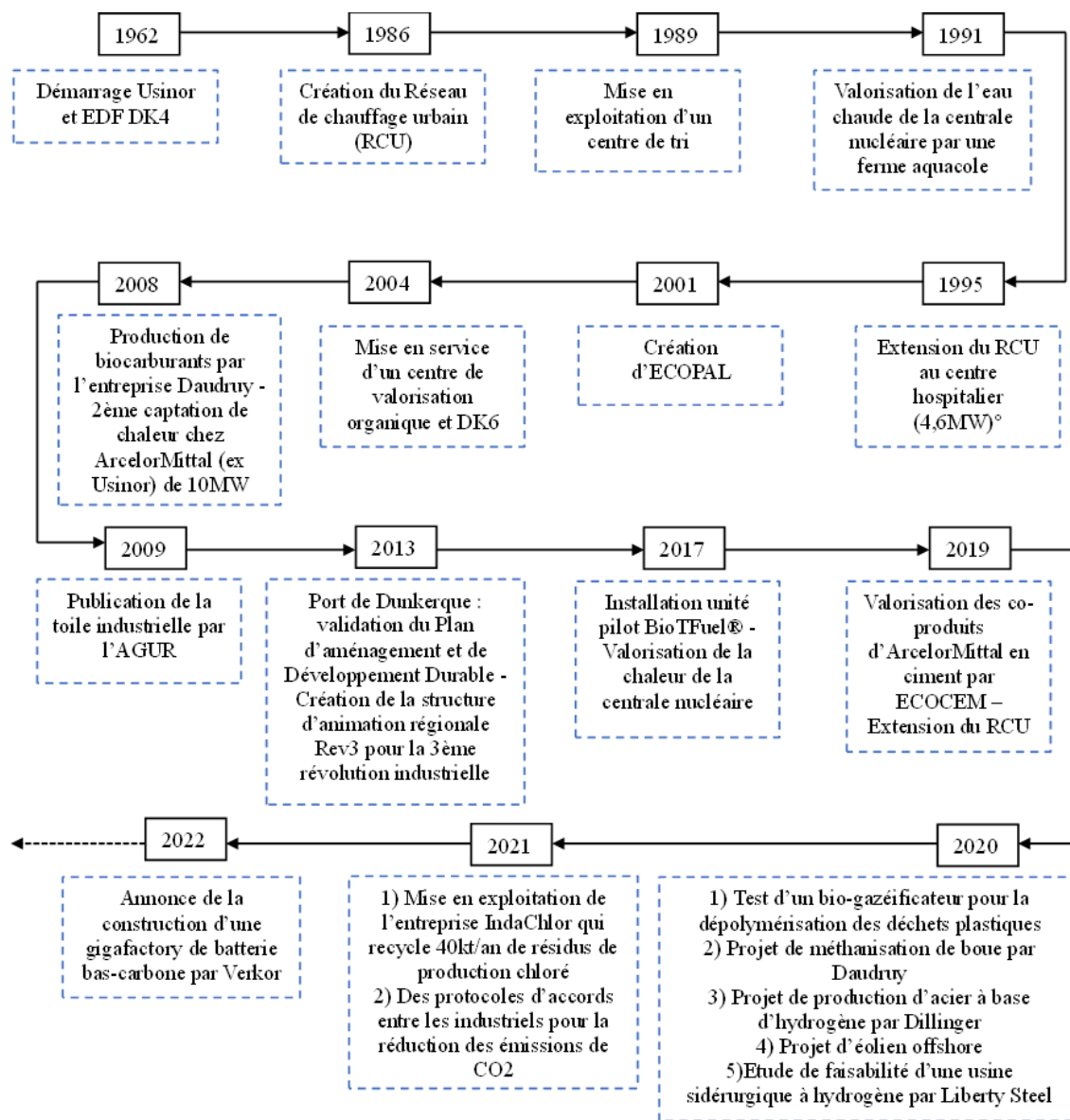
Au fil des années, les institutions locales, et en premier lieu la Communauté Urbaine, s'impliquent davantage dans la gouvernance de la symbiose industrielle en formation, au sein de l'association Ecopal mais aussi par d'autres actions. L'Agence d'urbanisme (AGUR) publie par exemple en 2009 la première toile industrielle de Dunkerque qui est une carte représentant les flux qui circulent au niveau des entreprises à Dunkerque. En 2013, le port valide le plan d'aménagement et de développement durable.

À partir de 2020, les projets d'économie circulaire se multiplient sur le territoire avec par exemple le projet de méthanisation des boues du port par Daudruy, un projet de production d'acier à base d'hydrogène par l'entreprise Dillinger, un projet d'éolien offshore, la mise en exploitation de l'usine de recyclage de déchets chloré de l'entreprise IndaChlor en 2021 et plus récemment l'annonce de la construction d'une gigafactory par l'entreprise Verkor pour la production de batterie bas-carbone. Dans ces derniers cas, l'écologie industrielle, si elle n'est

pas le vecteur principal de localisation, contribue à la construction de l'image d'un territoire tournée vers les énergies durables.

Cette évolution est retracée dans la Figure 1-3 suivante.

Figure 1-3. Évolution de l'écologie industrielle de Dunkerque

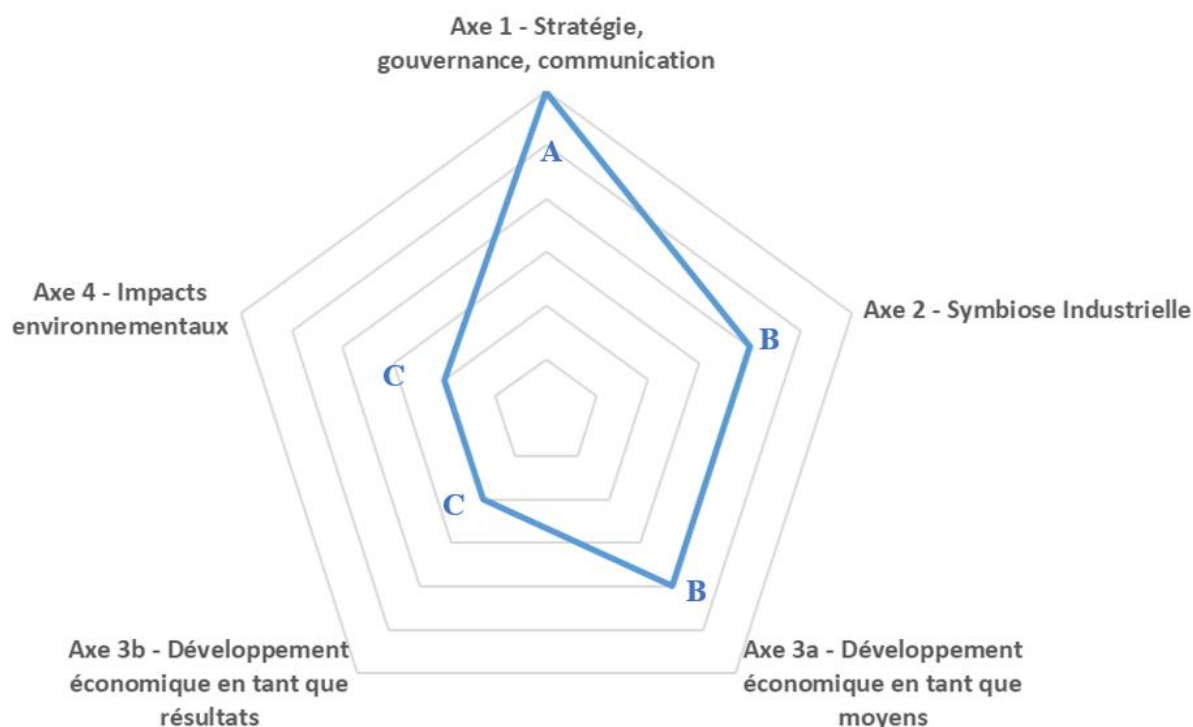


Source : Auteurs

4.2. Présentation des résultats du tableau de bord

Les données obtenues par notre enquête ont permis d'évaluer les activités d'économie circulaire à Dunkerque (voir annexes). La synthèse est présentée dans la Figure 1-4 suivante.

Figure 1-4 .Synthèse des résultats de l'analyse du cas de Dunkerque selon les quatre axes du tableau de bord d'indicateurs



4.2.1. Axe 1 : Stratégie, gouvernance, communication

Dunkerque dont le développement économique a connu une phase de ralentissement à partir de la crise des années 1970, a cherché à travers l'économie circulaire, une stratégie de différenciation pour redynamiser son territoire. Cette stratégie qui a germé avec les premières synergies entre entreprises se précise grâce aux efforts du port et des institutions qui continuent à mettre en place un environnement propice pour transformer le territoire. Se faisant, les autorités locales ambitionnent de positionner au mieux le port dans la dynamique des échanges commerciaux dont profite le range Nord Européen.

La réforme portuaire de 2008 a recentré les compétences de l'autorité portuaire autour des missions de sécurité, de gestion et d'aménagement des espaces. Ce qui donne aux ports un rôle spécifique et fondamental dans le développement des territoires et la mise en œuvre de l'économie circulaire. En termes de gouvernance, le port et les institutions présentes sur le territoire se réorganisent et adaptent leurs rôles. L'indicateur sur la coopération entre les

institutions montrent que ces dernières, avec le port jouent le rôle de facilitateurs des projets d'économie circulaire. La gouvernance qui était autrefois fragmentée est devenue plus collective grâce à des actions concertées qui aboutissent à la création ou au renforcement de structures dédiées à l'économie circulaire comme :

- ECOPAL qui a été créée pour appuyer la transition du territoire en jouant le rôle de facilitateur. L'association a par exemple réalisée 1) un diagnostic énergie sur le territoire et a mis en place le service de collecte mutualisés de déchets des entreprises (2002 – 2007), 2) l'inventaire des flux industriels entre 2007 et 2009, 3) le centrage des actions et accompagnement de clubs d'entreprises (2007-2014) et 4) la mise en avant des perspectives locales et régionales (2015- 2016).
- Pôlénergie est une association créée en 2011 chargée de l'animation de la filière Énergie des Hauts-de-France, elle se place comme un catalyseur de mises en relation entre ses 200 membres composés d'entreprises et d'institutions.
- Euraénergie est un groupement d'intérêt public créé en 2020, c'est un outil territorial créé à l'initiative de la Communauté urbaine de Dunkerque et ECOPAL pour porter et animer la dynamique de transformation de l'écosystème industrialo-portuaire de Dunkerque.

Les institutions se sont elles aussi adaptées à la transition, Dunkerque Promotion, une agence de conseil en développement des entreprises travaille pour attirer les projets d'économie circulaire sur le territoire. Leurs activités consistent à promouvoir les avantages qu'offrent le territoire (possibilité de créer des synergies, terrains plus abordables, aide aux porteurs de projets etc.) au niveau local, national mais aussi international. L'AGUR prend le rôle d'agence d'études, de conseil et d'animation pour la co-construction de projet et d'outil mutualisé au service du territoire. Pour l'indicateur part de budget affecté à l'économie circulaire, il est constaté que le port alloue un budget pour soutenir les projets d'économie circulaire portés par les institutions. Le port investit aussi dans des recherches en partenariat avec l'Université du Littoral Côte d'opale avec par exemple le programme IMPPEC qui a pour objectif de mieux comprendre son rôle dans l'économie circulaire à Dunkerque.

En termes de communication, l'indicateur actions de communication montre par exemple que l'AGUR a permis grâce à ces toiles d'inspirer d'autres territoires en France et de mieux faire connaître les échanges de flux entre les entreprises de Dunkerque. La communication autour de l'économie circulaire est aussi diffusée sur les sites institutionnels qui y consacrent un espace dédié à l'exemple de l'agence de développement Dunkerque promotion qui possède un onglet dédié qui regroupe l'actualité sur le sujet.

L'évolution de la gouvernance qui a abouti à la création d'institutions dédiées à l'économie circulaire contribue à atteindre les objectifs de redynamisation du territoire par l'économie circulaire. L'université adapte son panel de formations, les actions de communications se multiplient, ce qui commence à changer l'image de Dunkerque, d'une ville industrielle polluante à une ville pionnière de l'économie circulaire. Les efforts mis en place en termes de stratégie, de gouvernance et de communication sont significatifs. Les changements enregistrés permettent à cet axe d'obtenir la notation A.

4.2.2. Axe 2 : *Symbiose industrielle*

Suivant les résultats obtenus pour l'indicateur nombre de piliers de l'économie circulaire (Selon l'ADEME), l'économie circulaire à Dunkerque s'est surtout développée autour de deux piliers : l'écologie industrielle et le recyclage. La symbiose industrielle de Dunkerque est constituée principalement de synergies autour des co-produits de la métallurgie et de la sidérurgie.

L'indicateur « nombre d'entreprises de la symbiose industrielle » montre que cette dernière s'est construite autour d'un acteur clé qui est l'entreprise ArcelorMittal et compte environ 66 entreprises. Son évolution est marquée par l'arrivée récentes d'entreprises comme Flandres Béton qui utilise le laitier²⁰ broyé produit par l'entreprise ECOCEM pour la construction d'habitation, EQIOM Ciments qui utilise le laitier d'ArcelorMittal pour la fabrication de ciments ou encore COMILOG qui a développé une synergie en réutilisant les chutes d'aciérie de l'entreprise Ascometal. Bien que la symbiose industrielle offre des avantages compétitifs comme les économies de ressources pour les entreprises qui en font partie, il a néanmoins été

²⁰ Les laitiers de haut-fourneau sont des co-produits formés lors de la fonte du minerai de fer.

constaté que certaines entreprises ont cessé leur activité. L'entreprise Minerval qui réutilisait les déchets de briques ferme en 2016. Plus récemment en 2020, l'entreprise Aliphos qui réutilisait les déchets à base de chlore de l'entreprise Indachlor ferme en licenciant ses 47 salariés.

Cette symbiose industrielle est soutenue par les institutions locales qui travaillent en concertation avec les entreprises. Cette collaboration a pour objectif de renforcer l'attractivité de la symbiose industrielle en attirant de nouveaux projets. L'un des résultats de cette collaboration est le projet de l'autoroute de la chaleur qui consiste à étendre la réutilisation de la chaleur fatale aux entreprises et devrait par la même occasion permettre d'éviter l'émission de 60 kilotonnes de CO₂ par an sur le territoire.

La symbiose industrielle de Dunkerque qui est en grande partie composée d'entreprises implantées depuis une longue période fait aujourd'hui face au défi de la décarbonation décrit dans l'accord de Paris²¹. Pour faire face à ces nouvelles contraintes, les entreprises de Dunkerque sont incitées à changer leurs processus de production pour atteindre les objectifs fixés. ArcelorMittal par exemple a annoncé un besoin d'investissement de 1,7 milliards d'euro. Ce processus passe par l'adaptation de son processus de production grâce à la réduction directe du fer (direct reduction of iron ou DRI). Cette réduction des émissions de CO₂ des grandes entreprises comme ArcelorMittal devrait à terme faire baisser le taux des émissions de Dunkerque qui est d'aujourd'hui de 21% au niveau nationale. Cependant, ce processus de décarbonation qui s'accompagne d'un changement dans le processus de production peut contribuer à fragiliser la symbiose industrielle. En changeant le processus d'ArcelorMittal en DRI, les caractéristiques des co-produits de l'entreprise pourraient être modifiés en termes de qualité ou de quantité, et impacter les synergies existantes.

Bien que la symbiose industrielle continue à se développer avec des projets en cours, aucune information sur la quantité de flux échangés n'est disponible. Bien que des efforts ont été faits pour schématiser les flux, il reste difficile d'en connaître la quantité. Les actions de communication permettent de suivre l'annonce des nouveaux projets sur le territoire mais les

²¹ Cet accord est un traité international juridiquement contraignant sur les changements climatiques adopté par 196 Parties lors de la COP 21 et mise en vigueur le 4 novembre 2016. Il prévoit une réduction des émissions de CO₂ de l'ordre de 43% d'ici 2030 et une neutralité carbone d'ici 2050

données manquent concernant les entreprises créées au sein de la symbiose industrielle. Des efforts émergent positivement pour la transition du territoire vers d'autres piliers de l'économie circulaire mais les projets sont surtout centrés autour de l'écologie industrielle. Pour achever une plus grande « circularité », des efforts restent à fournir sur les autres piliers de l'économie circulaire. Les quelques limitations soulevées ci-dessus conduisent à la notation B pour ce deuxième axe.

4.2.3. Axe 3 : Développement économique

- Développement économique en tant que moyens consacrés à l'économie circulaire.

L'adoption de l'économie circulaire est un processus continu qui nécessite des moyens pour sa mise en œuvre. En termes d'infrastructures, Dunkerque possède 68km de conduits pour son réseau de chaleur qui sera étendu d'environ 30km pour l'usage des entreprises. Ce projet ambitieux qui nécessite un investissement compris entre 3 et 4 milliards d'euros devrait voir le jour à l'horizon 2025. Un projet de parc éolien offshore composés de 46 éoliennes pour un investissement de 1 milliard d'euros est prévu pour l'horizon 2026. Dunkerque se dote aussi d'un terminal méthanier qui est mise en service en 2017. L'avantage d'avoir ce terminal par rapport à un gazoduc réside dans une meilleure flexibilité d'approvisionnement du GNL qui offre par la même occasion un carburant alternatif qui est de plus en plus prisé par les industriels. En 2020, une station d'avitaillement d'une capacité de 3000 camions par an est mise en service. La même année, l'entreprise TotalEnergies commence la construction d'un projet de stockage d'énergie par batteries. Le port facilite l'implémentation de nouveaux projets d'économie circulaire grâce à une importante réserve foncière d'une superficie de 3000ha, dont 500ha de surface disponible de suite et 125ha de terrain aménagé et prêt à bâtir (ou « *Plug and play* ») pour les industriels. Le port aménage et modernise ses infrastructures pour augmenter l'attractivité de son territoire avec par exemple l'extension de ses quais pour accueillir des navires plus grands.

En terme de moyens financiers, Euraénergie qui porte le programme « Dunkerque l'énergie créative » est lauréat de l'appel à projet « Territoires d'innovation » qui vise à accompagner les projets ambitieux des territoires en France. Grâce à ce programme, Dunkerque pourra déployer une quinzaine de projets pour accélérer la transition de son territoire et ce, grâce à un budget prévisionnel de 288 millions d'euros, dont 37.5 millions d'euros de soutien de l'Etat. En fin 2022, l'Etat lance le plan de décarbonation des 50 sites les plus émetteurs de CO₂ en France et

octroie à ArcelorMittal Dunkerque (qui est le premier pollueur) une première enveloppe de 13.6 millions d'euros.

En termes de formation en rapport avec l'économie circulaire, L'université du littoral côte d'opale a quant à elle adapté les formations qu'elle propose pour préparer les futurs professionnels aux métiers qui se créent grâce à l'économie circulaire. Notons que l'Université est lauréate en 2023 (soit après la fin de notre enquête) d'un appel à projet national concernant les Compétences et Métiers d'Avenir (AMI CMA), avec pour ambition de devenir le leader national en matière de formation à la décarbonation de l'industrie.

Ces formations sont en réalisées partenariat avec des acteurs comme la communauté urbaine de Dunkerque, le port mais aussi des entreprises comme ArcelorMittal. Si les entreprises locales offrent des stages aux étudiants, peu concernent néanmoins directement l'économie circulaire.

Les institutions mettent des moyens considérables pour la mise en œuvre pour l'économie circulaire. Cependant, il a été constaté grâce à l'indicateur pourcentage de dépenses R&D que les entreprises sont faiblement intensives en R&D sur le territoire. Dunkerque semble être le terrain de mise en œuvre des innovations qui sont développés ailleurs. D'un côté donc, les ressources mises à dispositions ou obtenues par des appels d'offres sont croissantes et de plus en plus tournées vers l'économie circulaire, mais celles consacrées par les entreprises à l'innovation dans ces domaines restent faibles ce qui conduit à une notation B pour ce sous-axe.

- Développement économique en tant que résultat

Les moyens consacrés à l'économie circulaire sont croissants mais seront au mieux réellement observables dans les dix années à venir. A l'heure de l'enquête menée, les résultats économiques qui peuvent s'apprécier à travers les demandes de brevets déposés, les innovations introduites (produits/services, organisationnelles et de procédés), le nombres d'entreprises et d'emplois créés restent faibles. Sur les entreprises interrogées, seule une entreprise a fait une demande de dépôt de brevet, c'est également la seule entreprise à consacrer 20% de son budget à la R&D. Sur les 32 entreprises interrogées, seules 10 entreprises (22,7%) ont répondu avoir introduit des biens nouveaux ou améliorés avec des procédés de production nouveaux ou améliorés comme par exemple le ciment vert d'ECOCEM fait à partir du laitier

d'ArcelorMittal. Les nouvelles prestations de services, formes d'organisation de travail et méthodes commerciales restent limitées à quelques entreprises et donc dérisoires sur l'ensemble de la symbiose industrielle. Bien que quelques entreprises ont été créées dans la symbiose industrielle, aucune liste exhaustive n'est disponible, ce qui limite l'interprétation de l'indicateur nombre d'entreprises créées. Parmi les plus médiatisés par exemple, L'implantation future de l'entreprise Verkor et sa gigafactory permettra la production de batteries bas-carbone. L'usine d'une superficie de 150ha devrait créer à terme 1200 emplois directs. Sur l'ensemble des entreprises interrogées, 890 emplois sur compris entre 2015 et fin 2022 ont été créés dont 773 par les entreprises Aluminium Dunkerque et ArcelorMittal. Il a été aussi constaté que sur ces nouveaux emplois, seuls 44 sont reliés directement à l'économie circulaire.

En termes de projets, Les moyens consacrés à l'économie circulaire aboutissent à de nombreux projets mais qui sont encore dans des phases précoces de leurs développements ou à des phases de constructions. Ces projets devraient être mis en services dans les prochaines années. Le manque de résultats au moment de la collecte de données conduit à une notation C pour ce sous-axe. Néanmoins, cette notation au vu des projets qui sont en train de se mettre en place pourraient s'améliorer.

4.2.4. Axe 4 : Impacts environnementaux

Le tissu industriel de Dunkerque génère environ 13,7 millions de tonnes de CO₂ par an, soit 21% des émissions industrielles de France, ce qui le situe à la première place. L'économie circulaire qui ferme la boucle du cycle de vie des produits est censée diminuer les effets des activités économiques sur l'environnement. Pour le cas de Dunkerque, les entreprises de la symbiose industrielle profitent de l'accès à des co-produits comme le laitier, la chaleur fatale ou les résidus chimiques pour diminuer la quantité de ressources naturelles qu'ils utilisent. Cependant, le manque d'information sur les flux et la réticence des entreprises à partager des données quantitatives ne permet pas de connaître la part de ces co-produits dans les procédés de production. Par exemple l'entreprise COMILOG qui fabrique des produits à base de

silicomanganèse²² estime une économie de 5 000m³ d'eau par an, 5 000 tonnes de matières premières et 10GWh d'énergie. Cependant, sans les besoins totaux de l'entreprise, il est difficile de connaître la place que prennent ces co-produits dans les procédés de l'entreprise.

Parmi les entreprises de la symbiose industrielle interrogées, plus de 50% enregistrent une réduction de leurs émissions de CO₂. Cette réduction va de l'ordre de 2,5% à 30%. Il est cependant constaté que les entreprises qui enregistrent les plus grands pourcentages de réduction sont celles qui émettent le moins sur le territoire. Ces entreprises sont celles qui ont diminué leurs besoins en ressources naturelles au profit des co-produits. En ce qui concerne les déchets issus de l'activité directe du port : 14,56% des matières sont valorisés, 85,43% des déchets sont éliminés et seulement 0,01% de valorisation énergétique.

Malgré des baisses annoncées, Dunkerque reste le premier émetteur de CO₂ de France avec 21% des émissions. Aucune entreprise n'a voulu communiquer la quantité de leurs déchets industriels et les projets sont toujours en cours de mise en œuvre. Si des perspectives de réductions des externalités sont escomptées dans les prochaines années, à l'heure actuelle, les activités d'économie circulaire à Dunkerque n'ont pas encore permis des améliorations majeures sur l'état de l'environnement, ce qui conduit à la notation C pour ce dernier indicateur.

5. Discussion et Conclusion

Notre article a mis en avant la relation particulière qui unit ports et économie circulaire. D'une part, les ports peuvent se présenter comme des territoires favorables au développement des activités liées à l'économie circulaire. D'autre part, l'économie circulaire peut être considérée comme un levier de développement des territoires industrialo-portuaires en permettant aux entreprises en place de bénéficier d'économies d'échelle externes, en participant à l'émergence d'innovations et de ressources nouvelles, en renforçant l'attractivité locale, et ainsi en conduisant à une diversification économique.

²² Ferro-alliage à forte teneur en manganèse

Pour mesurer cette double relation, nous avons proposé un tableau d'indicateurs quantitatifs et qualitatifs co-construits avec les acteurs locaux (le port de Dunkerque, la CUD et ECOPAL) sur la base de la littérature existante. Le tableau est constitué de quatre axes dans lesquels se répartissent 35 indicateurs. Les indicateurs de ce tableau ont été adaptés sous forme de questionnaires pour être appliqués au cas de Dunkerque qui est un territoire pertinent à étudier de par sa trajectoire vers l'économie circulaire qui remonte aux années 1960.

Les résultats recueillis nous ont permis de retracer l'historique du projet d'économie circulaire à Dunkerque et de mettre en avant les atouts du territoire pour le développement de ce type projet (l'existence d'un tissu industriel développé autour de grandes unités de production spécialisées dans l'industrie lourde, le besoin pour ce territoire marqué par une forte pollution de se tourner vers des modes de développement plus vertueux dans un contexte de concurrence forte, etc). D'autre part, nous avons pu évaluer la manière selon laquelle l'économie circulaire soutient le développement territorial.

Notre tableau de bord montre de très bons résultats concernant l'axe Stratégie, Gouvernance, Communications (Noté A). En effet, la coordination des acteurs est de plus en plus manifeste et se traduit par de nouvelles institutions, des réponses à des appels à projets communs couronnées de succès, une répartition des tâches entre les acteurs institutionnels. Comme souligné déjà par Kasmi et al. (2017), la gouvernance est de plus en plus collective et systémique et permet de porter collectivement le projet de transformation du territoire vers l'économie circulaire. Les autres axes de notre tableau de bord montrent des résultats plus mitigés. La symbiose industrielle (Axe noté B) se développe mais les données restent relativement retreintes. Il ne nous a pas été possible, pour raison de confidentialité, de mesurer les flux de matières importés ou exportés directement liés au fonctionnement du projet d'écologie industrielles. Le nombre d'entreprises impliquées, nouvellement installées ou prévues s'accroît mais est contrebalancé par la fermeture d'unités impliquées dans la symbiose industrielle. Enfin, les projets développés à Dunkerque restent très centrés sur l'écologie industrielle (et le recyclage qui y est associé) et d'autres piliers de l'économie circulaire (comme l'économie de la fonctionnalité par exemple) restent peu mobilisés. La récente orientation des projets vers la décarbonation, selon les objectifs de la Commission Européenne, peut contribuer à renforcer le projet en cours mais peut aussi fragiliser certaines synergies, compte tenu de la transformation de la qualité et de la quantité des co-produits. En termes de développement économique (Axe noté B), les moyens mis à disposition par les institutions ont

permis la mise à disposition d'infrastructures et de services spécifiques ou encore d'espaces nécessaires pour la création d'entreprises qui contribuent au renforcement de l'attractivité du territoire. Cependant, les résultats réels en termes d'innovation (des entreprises) de produits et de services restent faibles, ce qui est relié au manque d'investissement en R&D des entreprises locales qui voient surtout le territoire comme un lieu d'exploitation où les unités de production sont implantées. Cependant, les projets annoncés laissent entrevoir une amélioration future en termes de création d'emploi et de valeur.

Enfin, si des économies de ressources liées à la réutilisation des co-produits réduisent les externalités négatives sur l'environnement (Axe noté C), les efforts sont encore à fournir pour obtenir des réductions majeures. Les principaux pollueurs qui n'ont pas fourni de données quantitatives sur leurs déchets et leurs émissions démontrant une réduction de celles-ci. À titre d'exemple ArcelorMittal a annoncé un besoin de 1,7 milliard d'euros pour mettre en œuvre son plan de décarbonation. En plus d'être un budget conséquent, la mise en place de ce projet pourrait avoir des impacts sur les entreprises qui réutilisent les déchets ou co-produits de l'entreprise.

Ces résultats semblent corroborer l'idée d'un paradoxe de l'économie circulaire (Vence et al., 2023). Il souligne le fait que l'économie circulaire est un élément déterminant des politiques, des stratégies et des discours institutionnels ou académiques, alors que la mise en évidence d'une réelle transformation des acteurs et des territoires vers la durabilité est plus difficile à observer. Les raisons peuvent être multiples. D'une part, comme le soulignent les auteurs, le changement réel vers une plus grande durabilité découle non seulement d'innovations technologiques permettant par exemple de réduire les déchets et leurs impacts sur l'environnement mais aussi d'innovations organisationnelles et sociales impliquant d'autres objectifs que ceux traditionnellement associés aux avantages compétitifs des entreprises et comparatifs des territoires. D'autre part, ce paradoxe peut être lié à la temporalité du développement territorial, dans lequel les résultats des projets mis en œuvre sont observables dans le temps long et sont caractérisés par des aller-retours et non pas par un développement linéaire, jalonné de progrès successifs facilement identifiables. C'est notamment cet aspect que nous mettons en avant en étudiant à partir des résultats de la présente enquête l'état de développement d'un « écosystème d'innovation circulaire » à Dunkerque (Andriamanantena et al., 2022). C'est aussi l'un des résultats du travail de Veyssière (2023) dans son étude de 16 projets d'économie circulaire dans la région Hauts de France, qui démontre que la création de

ressources spécifiques propre au territoire n'est pas toujours associée à la mise en œuvre des projets.

Quelle qu'en soit l'interprétation, ce tableau de bord d'indicateurs a vocation à être un outil de management du projet, permettant aux acteurs d'identifier les marges de progression possibles et de définir des actions ou des stratégies à mettre en œuvre. Il vient compléter le travail de recensement des activités d'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires. Bien qu'appliqué au cas de Dunkerque, le tableau peut être utilisé pour comparer différents territoires industrialo-portuaires, mais aussi être adapté à d'autres types de territoires et aboutir à des recommandations. Son adaptation en logiciel collaboratif pourrait aussi faciliter le recueil de données quantitatives sur les co-produits et mettre les entreprises en relation. Concernant les limites de l'étude, il est à indiquer que le tableau d'indicateurs dépend des données disponibles qui sont la plupart du temps limitées ou incomplètes. Cela peut affecter dans une certaine mesure la précision des indicateurs utilisés. Si les indicateurs ont permis de fournir des données agrégées sur la période de collecte des informations, l'évolution temporelle et les changements structurels à long terme nécessite une actualisation du tableau des données. L'actualisation des données peut ensuite permettre de modéliser les changements sur le territoire.

Ce premier chapitre montre qu'il y a effectivement une relation entre l'économie circulaire et les territoires industrialo-portuaires. Pour le cas de Dunkerque, des activités d'économie circulaire se développent. Des résultats concrets en terme de création de valeur ont émergé au niveau des institutions. Il est cependant à noter que comme la transition vers l'économie circulaire est en train de se mettre en place, les résultats en terme de création de valeur ne sont pas encore assez tangibles pour les entreprises, toutefois, la plupart des activités d'économie circulaire commencent à entrer en phase d'exploitation, ce qui laisse présager des résultats plus conséquents dans les prochaines années. Ce chapitre nous permet donc de vérifier notre première proposition (P1) c'est-à-dire l'émergence d'activité d'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires. Ces données sont ensuite mobilisées dans le deuxième chapitre de la thèse pour vérifier l'existence d'un écosystème d'innovation à Dunkerque.

Bibliographie

- Acciaro, M., Vanelslander, T., Sys, C., Ferrari, C., Roumboutsos, A., Giuliano, G., Lam, J.S.L., Kapros, S. (2014), Environmental Sustainability in Seaports: a Framework for Successful Innovation, *Maritime Policy & Management*, 41:5, 480-500, DOI: 10.1080/03088839.2014.932926
- Adner, R. (2006), Match your Innovation Strategy to your Innovation Ecosystem, *Harvard business review*, 84(4), 98.
- Alvance Aluminium Dunkerque (2019), Rapport développement durable.
- Antwerp (2018), Une année record pour le port d'Anvers, Retrouvé dans Industrie Mag, lien <http://www.industrie-mag.com/article19419.html>
- Agence d'Urbanisation de la Région du Havre (AURH) (2018), Le système portuaire et logistique belge, Analyse des cas d'Anvers, Liège et Bruxelles
- Avdiushchenko, A., Zajac, P. (2019), Circular Economy Indicators as a Supporting Tool for European Regional Development Policies, *Sustainability*, 11(11), p. 3025.
- Angrisano, M., Fusco Girard, L. (2017), The Circular Economy Approach for the Regeneration of Torre Annunziata Port Area, *Bollettino Del Centro Calza Bini*, 17(1), 11-21.
- Amenta, L., De Martino, P. (2018), Wastescapes in Port Cities Naples and Rotterdam: a Spatial and Institutional Comparison on the Role of Ports as Promoters of Circular Economy, *BDC. Bollettino Del Centro Calza Bini*, 18(2), pp.159-180.
- Antwerp Ports (2019), Antwerp as a Landlord Port, Retrieved from <https://www.portofantwerp.com/en/antwerp-landlord-port>
- Aydalot, P. (ed.) (1986), *Milieux Innovateurs en Europe*, Paris, CEE.
- Baas, L. (1998), Cleaner Production and Industrial Ecosystems, a Dutch Experience, *Journal of Cleaner Production*, 6(3-4), pp.189-197.
- Baas, L. (2000), Developing an Industrial Ecosystem in Rotterdam: Learning by ... What?, *Journal of Industrial Ecology*, 4(2), pp. 4-6.
- Baas, L., Huisingh, D. (2000), The Synergistic Role of Embeddedness and Capabilities in Industrial Symbiosis: Illustration based upon 12 years of Experiences in the Rotterdam Harbour and Industry Complex, *Progress in Industrial Ecology*, 5(5-6), pp. 399-421.
- Bahers, J. B., Tanguy, A., Pincetl, S. (2020), Metabolic Relationships between Cities and Hinterland: a Political-industrial Ecology of Energy Metabolism of Saint-Nazaire Metropolitan and Port Area (France), *Ecological Economics*, 167, 106447.

- Beyer, A., Lacoste, R. (2017), La transition écologique des territoires urbano-portuaires, *Revue d'Économie Régionale Urbaine*, (5), pp. 857-880.
- Boehme, S. E., Panero, M. A., Muñoz, G. R., Powers, C. W., Valle, S. N. (2009), Collaborative Problem Solving Using an Industrial Ecology Approach: The New York/New Jersey Harbor Economy-Wide Substance Flow Case Studies, *Journal of Industrial Ecology*, 13(5), pp. 811-829.
- Bosman, R., Loorbach, D., Rotmans, J., & Van Raak, R. (2018), Carbon Lock-out: Leading the Fossil Port of Rotterdam into Transition, *Sustainability*, 10(7), pp. 2558.
- Boschma, R. (2004), Proximité et innovation, *Économie rurale*, 280(1), pp. 8-24.
- Blomsma, F., Brennan, G. (2017), The Emergence of Circular Economy: A New Framing around Prolonging Resource Productivity, *Journal of industrial ecology*, 21(3), 603-614.
- Budoc, R. L. (2017), Le développement des ports ultramarins : quels enjeux environnementaux ?, *Développement durable et territoires*. 8(1).
- Camagni, R., Maillat, D. (2006), *Milieus innovateurs : théorie et politiques*. Paris : Economica.
- Carpenter, A., Lozano, R., Sammalisto, K., Astner, L. (2018), Securing a Port's Future through Circular Economy: Experiences from the Port of Gävle in contributing to Sustainability, *Marine Pollution Bulletin*, 128, pp. 539-547.
- Cerceau, J., Mat, N. (2015), Le rôle des ports dans la mise en place de démarches d'écologie industrielle et le développement de l'économie circulaire.
- Cerceau, J., Mat, N., Junqua, G., Lin, L., Laforest, V., Gonzales, C., (2014), Implementing Industrial Ecology in Port Cities: International Overview of Case Studies and Cross-case Analysis, *Journal of Cleaner Production*, 74, 1-16.
- Cerceau, J., Junqua, G., Lopez-Ferber, M., Mat, N. (2015), Au cœur des nouvelles filières de recyclage des déchets, les ports, Paper présenté dans *Annales des Mines-Realites industrielles*.
- Circle Economy (2019), *Rotterdam : Toward a Circular Port*.
- Cikankowitz, A., Laforest, V. (2010), La directive IPPC : où en est-on et où va-t-on ? *Vertigo*, 10, DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.9671>
- Colletis, G., Pecqueur, B. (1993), Intégration des espaces et quasi intégration des firmes : vers de nouvelles rencontres productives ?. *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, 3.

- Colletis, G., Pecqueur, B. (2005), Révélation de ressources spécifiques et coordination située, *Économie et institutions*, (6-7), 51-74. <https://journals.openedition.org/ei/900>
- De Langen, P. W., Sornn-Friese, H., Hallworth, J. (2020), The Role of Port Development Companies in Transitioning the Port Business Ecosystem, The Case of Port of Amsterdam's Circular Activities, *Sustainability*, 12(11), pp. 4397.
- De Pascale, A., Arbolino, R., Szopik-Depczynska, K., Limosani, M., Ioppolo, G. (2021), A Systematic Review for Measuring Circular Economy: The 61 Indicators, *Journal of Cleaner Production*, 281, 124942.
- Donsimoni, M. (2015), Symbioses Port-Ville pour un meilleur ancrage local des activités industrialo-portuaires : l'exemple de Safi au Maroc.
- Ducruet, C. (2015), *Maritime Networks: Spatial Structures and Time Dynamics*: Routledge.
- Dialga, I. (2021), Evaluating Normandy's sustainable development and energy transition policies, *Journal of Cleaner Production*, 305, 127096.
- Ehrenfeld, J. Gertler, N. (1997), Industrial Ecology in Practice: the Evolution of Interdependence at Kalundborg, *Journal of industrial Ecology*, 1(1), 67-79.
- Ezzat, A. M. (2016), Sustainable Development of Seaport Cities through Circular Economy: A Comparative Study with Implications to Suez Canal Corridor Project, *European Journal of Sustainable Development*, 5(4), 509-522.
- EEA. (2016), *Circular Economy in Europe - Developing the knowledge base*.
- Ferreira, I. D. A., De Castro Fraga, M., Godina, R., Souto Barreiros, M., Carvalho, H. (2019), A Proposed Index of the Implementation and Maturity of Circular Economy Practices—The Case of the Pulp and Paper Industries of Portugal and Spain. *Sustainability*, 11(6), pp. 1722.
- Figuière, C., Chebbi, A. (2016), Écologie Industrielle (EI) et Économie Circulaire (EC). Concurrentes ou complémentaires ? XXIIème journées du développement ATM, Lille.
- Fusco Girard, L. (2013), Toward a Smart Sustainable Development of Port Cities/Areas: The Role of the "Historic Urban Landscape" approach, *Sustainability*, 5(10), 4329-4348.
- Gallaud, D., Laperche, B. (2016), *Circular Economy and sustainable development*, Iste, Wiley.
- Gallopín, G. C. (1996), Environmental and Sustainability Indicators and the Concept of Situational Indicators. A Systems Approach, *Environmental modeling & assessment*, 1, 101-117.

- Geng, Y., Zhang, P., Côté, R. P., Fujita, T. (2009), Assessment of the National Eco-industrial Park Standard for Promoting Industrial Symbiosis in China, *Journal of Industrial Ecology*, 13(1), 15-26.
- Gravagnuolo, Aa., Angrisano, M., Fusco Girard, L. (2019), Circular Economy Strategies in Eight Historic Port Criteria and Indicators Towards a Circular City Assessment Framework, *Sustainability* 11(13):3512.
- Granstrand, O., Holgersson, M. (2020). Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Technovation*, 90, 102098.
- Haezendonck, E., Van Den Berghe, K. (2020), Patterns of Circular Transition: What is the Circular Economy Maturity of Belgian Ports?, *Sustainability*, 12(21), 9269.
- Hirsch, P. M., Levin, D. Z. (1999), Umbrella Advocates Versus Validity Police: A Life-cycle Model, *Organization science*, 10(2), 199-212.
- Hollen, R.M.A., Van Den Bosch, A.J., Volberda, H.W. (2015), Strategic Levers of Port Authorities for Industrial Ecosystem Development, *Maritime Economics and Logistics*, Vol. 17,1, 76-96.
- Homrich, A. S., Galvao, G., Abadia, L. G., Carvalho, M. M. (2018), The Circular Economy Umbrella: Trends and Gaps on Integrating Pathways, *Journal of Cleaner Production*, 175, 525-543.
- Huang, L., Wu, J., Yan, L. (2015), Defining and Measuring Urban Sustainability: a Review of Indicators, *Landscape ecology*, 30(7), pp. 1175-1193.
- Jackson, B. D. J. (2011), *What is an Innovation Ecosystem?* Washington DC.
- Kampelmann, S. (2016), Mesurer l'économie circulaire à l'échelle territoriale, *Revue de l'OFCE*, (1), pp. 161-184.
- Karimpour, R., Ballini, F., Ölcer, A. I. (2019), Circular Economy Approach to Facilitate the Transition of the Port Cities into Self-sustainable Energy Ports—a Case Study in Copenhagen-Malmö Port (CMP), *WMU Journal of Maritime Affairs*, 1-23.
- Karimpour, R., Ballini, F., Ölcer, A. I. (2020), Port-city Redevelopment and the Circular Economy Agenda in Europe, *European Port Cities in Transition: Moving Towards More Sustainable Sea Transport Hubs*, 53-71.
- 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*, Volume 40 (2), pp. 103 – 113.

- 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, Université du Littoral.
- Kasmi, F. (2020), Industrial Symbiosis and Territorial Development: the Cross-fertilization of Proximity Dynamics, Theoretical Insights and Empirical Analysis, *Journal of the knowledge economy*; forthcoming.
- Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M. (2017), Conceptualizing the Circular Economy: An Analysis of 114 Definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221-232.
- Konietzko, J., Bocken, N., Hultink, E. (2020), Circular Ecosystem Innovation: An Initial Set of Principles, *Journal of cleaner production*, 253, 119942.
- Lorek, M. (2012), Eco-industrie et reconversion du territoire industriel et portuaire : le cas de Gdansk, *Marché et organisations*, (2), pp. 129-152.
- Magnan, M. (2016), La production et la gestion de l'espace portuaire à vocation industrielle et logistique, Les grands ports maritimes français : gestionnaires d'espaces infrastructurels, Thèse dans la discipline géographie et aménagement.
- Mairie De Paris (2018), Deuxième feuille de route pour l'économie circulaire.
- Marshall, A. (1890), *Principles of economics*, London, Macmillan.
- Martin, R. L., Boschma, R. A. (2010), *The handbook of evolutionary economic geography*, Cheltenham, Edward Elgar.
- Mat, N., Cerceau, J. (2015), Economie circulaire et stratégies portuaires, *Note Stratégique et prospective*, Fondation Sefacil, 2015.
- Mat, N., Cerceau, J., Shi, L., Park, H. S., Junqua, G., Lopez-Ferber, M. (2016), Socio-ecological Transitions toward Low-carbon Port Cities: Trends, Changes and Adaptation Processes in Asia and Europe, *Journal of Cleaner Production*, 114, pp. 362-375.
- Mat, N., Cerceau, J., Lopez-Ferber, M., Junqua, G. (2017), Complexity as a Means of Resilience in Metropolitan Port Areas: Application to the Aix-Marseille Case Study in France, *Journal of Cleaner Production*, 145, pp. 159-171.
- Mchich, R., Yassine, A., Elhaddari, O. (2022), Conception d'un modèle d'économie circulaire pour l'optimisation des flux logistiques des sous-produits de l'olivier, *Revue Marocaine de Management, Logistique et Transport*, (5).
- Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K., Dewulf, J. (2019), Circular Economy Indicators : What do they Measure?, *Resources, Conservation and Recycling*, 146, pp. 452-461.

- Mortensen, L., Kringelum, L. B., Gjerding, A. N. (2023), How Industrial Symbiosis Emerges through Partnerships: Actors, Platforms, and Stakeholder Processes Leading to Collaborative Business Models in Port Industrial Areas, *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 17(1-2), 205-228.
- Nobre, G. C., Tavares, E. (2021), The Quest for a Circular Economy Final Definition: A Scientific Perspective, *Journal of Cleaner Production*, 314, 127973.
- ORÉE (2020), État des lieux de l'écologie industrielle et territoriale en France, 93 pages.
- Port De Dunkerque Port (2020), Vous êtes à bon port, Dossier de presse.
- Portillo-Tarragona, P., Scarpellini, S., Moneva, J. M., Valero-Gil, J., Aranda-Uson, A. (2018), Classification and Measurement of the Firms' Resources and Capabilities applied to Eco-innovation Projects from a Resource-based View Perspective. *Sustainability*, 10(9), pp. 3161.
- Pecqueur, B., Zimmermann, J. B. (2004), *Économie de Proximités*, Paris : Hermes–Lavoisier.
- Pinyol Alberich, J. (2022), Motivations of European Union Members States to adopt circular economy strategies: towards a critical geopolitical approach, *Journal of Innovation Economics & Management*, I-XXVIII.
- Rotterdam Ports (2018), Port infrastructure, Retrouvé dans <https://www.portofrotterdam.com/en/our-port/facts-and-figures/facts-figures-about-the-port/port-infrastructure>
- Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., Kendall, A. (2019), A Taxonomy of Circular Economy Indicators, *Journal of Cleaner Production*, 207, pp. 542-559.
- Sehnm, S., Vazquez-Brust, D., Pereira, S. C. F., Campos, L. M. (2019), Circular Economy: Benefits, Impacts and Overlapping, *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(6), 784-804.
- Smol, M., Kulezycka, J., Avdiushchenko, A. (2017), Circular Economy Indicators in Relation to Eco-innovation in European Regions, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 19, 669-678.
- Synapse (2019), Campagne d'évaluation nationale et recueil des démarches d'EIT, Lien : <https://www.economiecirculaire.org/articles/h/prolongation-de-la-campagne-d-evaluation-des-demarches-d-eit-jusqu-au-31-decembre-2019.html>
- Synapse (2020), Démarche d'EIT : Étude d'écologie industrielle sur le territoire de HAROPA, Lien : <https://www.economiecirculaire.org/eit/h/le-reseau-synapse.html#search> ,LGtleXdvcvcmQ6aGFyY3Bh:page1

- Ministère De L'environnement, De L'énergie Et De La Mer, En Charge Des Relations Internationales Sur Le Climat (2016), *10 Indicateurs-clé pour le suivi de l'économie circulaire*.
- Shahrokni, H., Arman, L., Lazarevic, D., Nilsson, A., Brandt, N. (2015), Implementing Smart Urban Metabolism in the Stockholm Royal Seaport: Smart city SRS, *Journal of Industrial Ecology*, 19(5), 917-929.
- Strale, M. (2017), The Role of Port and Logistics Activities in Brussels, *Brussels Studies. La revue scientifique électronique pour les recherches sur Bruxelles/Het elektronisch wetenschappelijk tijdschrift voor onderzoek over Brussel/The e-journal for academic research on Brussels*.
- Torre, A. (2009), Retour sur la notion de proximité géographique, *Géographie, économie, société*, 11(1), 63-75.
- Torre, A. (2018), Les moteurs du développement territorial, *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, (4), pp. 711-736.
- Torre, A., Tanguy, C. (2014), *Les systèmes territoriaux d'innovation : fondements et prolongements actuels. Principes d'économie de l'innovation*, Bruxelles, Peter Lang.
- Thomas, L. D., Autio, E. (2019), *Innovation Ecosystems*, Available at SSRN 3476925.
- Uche-Soria, M., Rodriguez-Monroy, C. (2019), Solutions to Marine Pollution in Canary Islands' ports : Alternatives and Optimization of Energy Management, *Resources*, 8(2), pp. 59.
- Veyssière, S., Laperche, B., Blanquart, C. (2021), Territorial Development Processes based on Circular Economy : a Systematic Review, *European Planning Studies* ; forthcoming.
- Vie Publique (2022), Ports français : une transition énergétique nécessaire, p.6, lien : <https://www.vie-publique.fr/eclairage/286999-changement-climatique-la-transition-energetique-des-ports-francais>.
- Waas, T., Hugé, J., Block, T., Wright, T., Benitez-Capistros, F., Verbruggen, A. (2014), Sustainability Assessment and Indicators: Tools in a Decision-Making Strategy for Sustainable Development, *Sustainability*, 6(9), 5512-5534.
- Wang, L., Li, H. (2009), Study on Development of Circular Economy in Tianjin Harbor Industrial Park, *Renewable Resources and Recycling Economy*, 12.
- Wang, J. S., Bao, J. L., Chang, W. T., Ran, L., Feng, Z. Z. (2010), Construction of Circular Economy Symbiotic Network in Port Heavy Chemical Industry Zone, *Journal of Hebei University (Philosophy and Social Science)*, (3), 24.
- Williams, J. (2019), The Circular Regeneration of a Seaport, *Sustainability*, 11(12), pp. 3424.

Zhenfeng, W. Y. W. M. Z., Xinning, Z. (2008), On the Establishment of Regional Circular Economy Mode in Hebei Port-based Industrial Zone. *Journal of Adult Education School of Hebei University of Technology*, (2), 13.

Zink, T., Geyer, R. (2017), Circular Economy Rebound, *Journal of industrial ecology*, 21(3), 593-602.

CHAPITRE 2. CONSTRUCTION D'UN ECOSYSTEME D'INNOVATION CIRCULAIRE DANS LES TERRITOIRES INDUSTRIALO-PORTUAIRES : LE CASE DE DUNKERQUE, FRANCE

Titre du livre : Circular Economy-oriented Business Model Innovations : A European Perspective

Titre du chapitre proposé : Construction d'un écosystème d'innovation circulaire dans les territoires industrialo-portuaires : le cas de Dunkerque, France. (chapitre en anglais)

Titre du chapitre original : Building Circular Innovation Ecosystem in Industrial Port Territories: The Case of Dunkirk, France

Noms et affiliations des auteurs : Aina Ndrianjara Andriamanantena¹ , Blandine Laperche², Sophie Boutillier²

¹Doctorant à l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO), Centre de recherche sur l'innovation et les stratégies industrielles (ISI), F-59140 Dunkerque, France.

²Professeur à l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO), Centre de recherche sur l'innovation et les stratégies industrielles (ISI), F-59140 Dunkerque, France.

**Chapitre en « peer review » suivant les normes de publication des articles de revues scientifiques.*

Résumé

Ce chapitre met en évidence le lien entre l'économie circulaire et l'écosystème d'innovation dans un territoire industrialo-portuaire. Nous partons de l'hypothèse qu'un projet circulaire à l'échelle d'un territoire peut conduire à l'émergence d'un écosystème d'innovation appelé " écosystème d'innovation circulaire " qui se caractérise par ses acteurs, ses relations et ses ressources, et aboutit à la création de valeur aux niveaux micro et méso. En l'appliquant au cas du territoire industrialo-portuaire de Dunkerque en France, nous cherchons à évaluer, via un ensemble d'indicateurs quantitatifs et qualitatifs, l'existence de chacune des composantes d'un écosystème d'innovation circulaire. Nos résultats montrent que le projet circulaire de ce

territoire industrialo-portuaire, orienté vers l'écologie industrielle, a été une impulsion pour le développement d'un tel écosystème d'innovation circulaire, qui est encore dans sa phase de développement. Notre recherche contribue à la définition et à l'évaluation des écosystèmes d'innovation circulaire, qui peuvent être reproduits dans d'autres territoires industrialo-portuaires.

Mots clés : Écosystème d'innovation, Économie circulaire, Écosystème d'innovation circulaire, Dynamique entrepreneuriale, Territoire industrialo-portuaire.

Abstract

This chapter highlights the link between the circular economy and the innovation ecosystem in an industrial port territory. We assume that a circular project at the territorial level can lead to the emergence of an innovation ecosystem called “circular innovation ecosystem” which is characterized by its actors, relationships, and resources, and results in the creation of value at both micro and meso levels. In applying it to the case of the industrial port territory of Dunkirk in France, we aim to assess, via a set of quantitative and qualitative indicators, the existence of each of the components of a circular innovation ecosystem. Our results show that the circular project in this industrial port territory, oriented toward industrial ecology, has been an impetus for the development of such a circular innovation ecosystem, which is still in its development phase. Our research contributes to the definition and assessment of circular innovation ecosystems, which can be replicated in other industrial port territories.

Keywords: Innovation ecosystem, Circular economy, Circular innovation ecosystem, Entrepreneurial dynamics, Industrial port territory.

1. Introduction

Le deuxième chapitre de la thèse reprend les données qui ont permis d'évaluer la mise en place de l'économie circulaire à Dunkerque. En repartant sur les données recueillies, notre objectif est de vérifier si ces activités d'économie circulaire conduisent à l'émergence d'un écosystème d'innovation et ensuite de mettre en avant les résultats en terme de création de valeur d'un tel écosystème.

La dépendance aux énergies fossiles et l'augmentation constante du coût des matières premières sont plus que jamais synonymes de vulnérabilité économique pour les entreprises, les territoires et/ou les pays. La prise de conscience écologique a entraîné l'introduction de nouvelles normes environnementales, une concurrence de plus en plus féroce et la raréfaction annoncée des ressources. Tous ces nouveaux facteurs incitent les entreprises, les territoires et les pays à adopter de nouveaux modèles d'affaires et des approches de reconversion industrielle. Tous ces nouveaux facteurs incitent les entreprises, les territoires et les pays à adopter de nouveaux modèles économiques et des démarches de reconversion industrielle qui peuvent prendre la forme de stratégies et de politiques d'économie circulaire (EC) (Guillard, 2018; WWF, 2014). L'EC implique une transformation profonde de la manière traditionnelle dont les affaires sont menées, ainsi que de la manière dont les ressources sont exploitées. Elle s'oppose souvent au schéma dominant de l'économie « linéaire » qui constitue le fondement théorique du développement économique depuis la première révolution industrielle, basée sur les pratiques « prendre-utiliser-jeter » sans aucun égard pour l'environnement (Blomsma et Brennan, 2017). Les EC peuvent, au contraire, être à l'origine d'un nouveau modèle industriel (Gallaud et Laperche, 2016). Il s'agit notamment de nouvelles façons de créer de la valeur par l'innovation autour des principes de la « circularité » (réutilisation, écologie industrielle, extension du cycle de vie des produits et recyclage, par exemple...) (Lacy et al., 2020). En tant que concept parapluie, il peut être défini comme « *une stratégie qui émerge pour s'opposer au système traditionnel sans fin, visant à relever le défi de la rareté des ressources et de l'élimination des déchets dans une approche gagnant-gagnant avec une perspective économique et de valeur* » (Homrich et al., 2018, p. 534).

L'EC est souvent étudié au niveau macro (politiques publiques) et au niveau micro (entreprises) ; les études portent également sur les nouveaux modèles d'affaires qu'ils

développent. (Konietzko et al., 2020; Lopez et al., 2019; Pieroni et al., 2019) C'est moins le cas au niveau des territoires et, surtout, le processus par lequel l'EC peut avoir un rôle dans le développement territorial est moins étudié et est rarement appliqué aux territoires industrialo-portuaires (Veyssiere et al., 2021). À partir de ce constat, nous nous intéressons particulièrement aux territoires industrialo-portuaires et à la manière dont l'EC peut constituer un nouveau modèle économique pour leur développement. Notre objectif principal dans ce chapitre est donc d'analyser les mécanismes par lesquels un projet d'EC pourrait contribuer au développement territorial des territoires industrialo-portuaires, que nous étudions à travers l'émergence d'écosystèmes d'innovation. Ceux-ci sont constitués d'un ensemble d'acteurs développant des relations économiques étroites afin de générer de la valeur aux niveaux micro (entreprises) et méso (territoires), à travers de nouveaux produits, services et organisations, c'est-à-dire à travers des innovations (voir par exemple : Granstrand et Holgersson, 2020 ; Gomes et al., 2018 ; Tsujimoto et al., 2018 ; Walrave et al., 2018).

Notre méthodologie est basée sur le développement d'un cadre théorique expliquant comment les projets d'EC peuvent contribuer à l'émergence et au renforcement des principales caractéristiques qui sous-tendent et définissent les écosystèmes d'innovation. Nous l'appliquons ensuite au cas des territoires industrialo-portuaires, et notamment au cas du territoire industrialo-portuaire de Dunkerque, dans le nord de la France²³, qui est le pionnier français de l'écologie industrielle (un des piliers de l'EC) (F. d. Kasmi, 2018a). Nous utilisons les indicateurs pertinents nous permettant de vérifier l'existence des principales caractéristiques d'un écosystème d'innovation dans ce territoire industrialo-portuaire.

Notre travail contribue à la définition du concept d'« écosystème d'innovation circulaire », c'est-à-dire des écosystèmes d'innovation construits à partir d'un projet d'EC, qui peut être considéré comme un outil analytique pour comprendre les mécanismes par lesquels un projet

²³ Le port de Dunkerque est le 3rd plus grand port de commerce français et se classe au 7th rang dans le Range Nord Européen qui s'étend du Havre à Hambourg (Port de Dunkerque, 2021). Avec 53 Mt traitées sur ses quais, il est reconnu comme un grand port de vrac pour ses nombreuses installations industrielles. Ces installations sont principalement des industries lourdes (sidérurgie et métallurgie), des producteurs d'énergie (première installation nucléaire en Europe pour la production d'électricité), des terminaux GNL (gaz naturel liquéfié) et des producteurs d'énergie renouvelable (biocarburants ou éoliennes)).

Source : Port et Corridors. (2020). Résultats des GPM Français et de leurs principaux concurrents. Trafics Portuaire 2019. Consulté le mai 2021, lien <https://www.umlr.fr/wp-content/uploads/2020/05/R%C3%A9sultats-2019-des-Grands-Ports-Maritimes-fran%C3%A7ais-et-de-leurs-principaux-concurrents-MM.pdf>

d'EC pourrait contribuer au développement territorial, en particulier dans les territoires industrialo-portuaires. Il présente également une méthodologie pour l'évaluation du développement de ces écosystèmes d'innovation circulaire.

Le reste du chapitre est le suivant : basée sur une analyse de la littérature, la première section décrit notre modèle théorique construit sur l'hypothèse que les projets d'EC pourraient être à l'origine d'écosystèmes d'innovation dans les territoires industrialo-portuaires. La méthodologie est décrite dans la deuxième section avec une description du territoire industrialo-portuaire de Dunkerque que nous avons choisi, puis notre approche pour aborder notre étude de cas. La section trois présente les résultats et discute de la notion d'écosystèmes d'innovation circulaire. La section quatre conclut le chapitre.

2. L'économie circulaire comme nouveau modèle économique pour les territoires industrialo-portuaires

Des expériences bien connues d'EC (comme l'écologie industrielle) ont souvent lieu dans des territoires industrialo-portuaires comme la symbiose industrielle (SI) à Kalundborg. Dans cette première partie, nous proposons de revisiter les concepts d'économie circulaire et d'écosystème d'innovation et leurs liens potentiels avec les territoires industrialo-portuaires. Pour ce faire, nous présentons la relation entre économie circulaire et territoires industrialo-portuaires, ainsi que le développement de l'économie circulaire dans ce type de territoire, puis nous montrons comment un projet d'économie circulaire peut amener les acteurs du territoire à se regrouper et à former un « écosystème d'innovation circulaire ».

2.1. L'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires

2.1.1. L'économie circulaire comme modèle de développement des territoires industrialo-portuaires

Le modèle économique « circulaire » se positionne comme un modèle récent de développement économique et de durabilité en favorisant la réutilisation des déchets et la fermeture du cycle des ressources (Blomsma et Brennan, 2017). En tant que concept récent, l'EC consiste à repenser la manière dont les ressources sont utilisées. Homrich et al. (2018) soulignent l'importance de cette utilisation des ressources en fournissant des preuves de la rareté des

ressources disponibles et du défi auquel les sociétés modernes sont confrontées pour fermer le système traditionnel ouvert en incluant l'élimination des déchets afin de parvenir à une approche gagnant-gagnant avec une perspective économique et de valeur.

Popularisé dans les années 1990, le modèle de l'EC s'inspire des idées de l'écologie industrielle des années 1980 en repensant les processus industriels (Frosch et Gallopoulos, 1989). Adoptés par les institutions, les concepts d'écologie industrielle et d'EC sont largement diffusés en Europe. Selon la fondation Ellen MacArthur (2015), l'EC trouve ses fondements dans plusieurs concepts dont, entre autres, l'écologie industrielle. Pour l'agence française de l'environnement, l'écologie industrielle est l'une des racines et l'un des piliers de l'économie circulaire (Geldron, 2014 ; Gallaud et Laperche, 2016).

L'écologie industrielle vise à optimiser la gestion locale des déchets et des ressources en densifiant les interactions entre les acteurs occupant une même zone géographique ou fonctionnelle (Mat, 2015). Elle se déroule à l'échelle des territoires et peut être définie comme une construction sociale réalisée par un ensemble d'acteurs ancrés dans une zone géographique définie (Pecqueur et Zimmermann, 2004). En tant que système complexe et évolutif, un territoire associe un ensemble d'acteurs et les ressources que ces acteurs utilisent, développent et gèrent dans un espace géographique spécifique. (Veyssière et al., 2021). Il existe différents types de territoires, dont les territoires industriels qui s'organisent autour d'une concentration de divers types d'industries. Dans cette recherche, nous nous intéressons aux territoires industrialo-portuaires qui peuvent être considérés comme des territoires industriels particuliers et complexes du fait de leur situation géographique à la convergence des réseaux terrestres et maritimes (Foulquier, 2012).

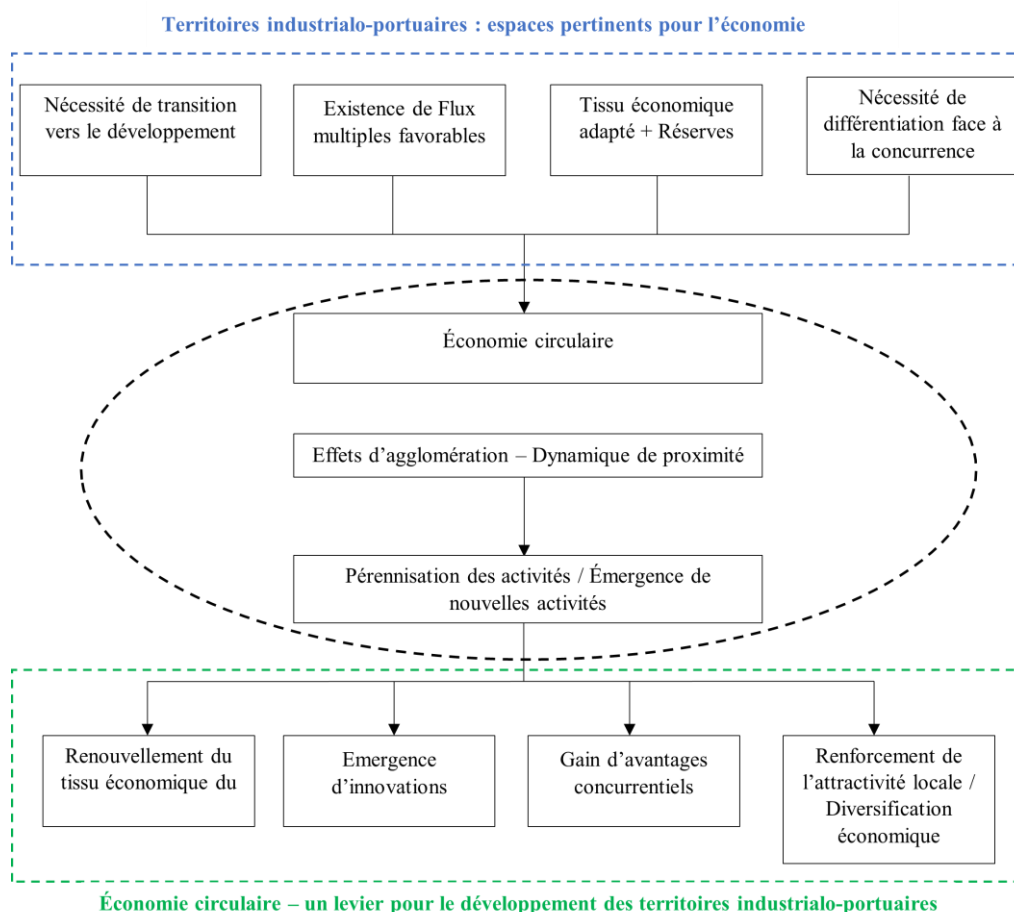
Les territoires industrialo-portuaires peuvent être catégorisés comme une combinaison de trois zones distinctes : urbaine, agricole et industrialo-portuaire. (Mat, 2015). Chaque zone a un rôle distinct et constitue ensemble un territoire industrialo-portuaire. Le territoire industrialo-portuaire, également appelé zone industrialo-portuaire, représente la zone d'interface qui permet et facilite la circulation des matériaux et de l'énergie. Ayant une fonction logistique (nœud, plateforme de transit, stockage de carburant, etc.), cette zone concentre également le tissu industriel du territoire industrialo-portuaire qui est généralement connecté aux terminaux portuaires pour un accès direct aux flux bruts (flux de matières premières, flux d'énergie, etc.). Ce tissu industriel est souvent caractérisé par des industries lourdes (sidérurgie, métallurgie,

production de produits chimiques) qui vont transformer les flux bruts en produits avant de transiter par le port pour être exportés ou aller dans l'arrière-pays.

2.1.2. Développement de l'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires

En Europe, l'EC prend de l'ampleur en tant que l'un des principaux éléments du Green Deal européen²⁴, qui est le nouvel agenda de l'Europe pour la croissance durable. Pour la Commission européenne, la transition vers l'EC est considérée comme un moyen de réduire la pression sur les ressources naturelles et en même temps une opportunité de créer une croissance et des emplois durables (Commission européenne, 2020). La Figure 2-1 ci-dessous reprend le cadre conceptuel développé dans le premier chapitre.

Figure 2-1. Économie circulaire et territoires industrialo-portuaires.



Source : Andriamanantena et al. (2020).

²⁴ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Les territoires industrialo-portuaires se distinguent des territoires industriels par leur situation géographique associant un espace terrestre, mais aussi un espace maritime (généralement en bord de mer ou à proximité des voies navigables d'un pays) qui en font des portes d'entrée vers les arrière-pays.

Ces territoires particuliers sont plus sévèrement touchés par la raréfaction des matières premières et la hausse du prix des énergies fossiles en raison de leurs modèles de développement « linéaires ». Le durcissement des contraintes environnementales et la concurrence d'autres territoires conduisent les territoires industrialo-portuaires à trouver de nouvelles voies pour poursuivre leur développement. Néanmoins, ces préoccupations présentent des opportunités. Comme le montre la Figure 2-1, une relation double entre ces territoires particuliers et l'EC peut être avancée. Les territoires industrialo-portuaires sont des zones pertinentes pour le développement d'activités d'EC en raison de leur besoin de se démarquer de la concurrence et aussi d'adopter une voie plus durable pour continuer à se développer. L'existence de flux multiples favorables (c'est-à-dire les déchets, les matières premières, etc.) offre de nouvelles opportunités pour développer de nouvelles activités liées à l'EC. Le tissu économique dense et la réserve foncière sont bien adaptés à l'écologie industrielle et à l'implantation de nouvelles entreprises. D'autre part, un projet d'EC peut améliorer la relation entre les acteurs par l'échange de déchets échangés entre entreprises (Baas, 2000; Baas & Huisinck, 2008). Les relations de proximité peuvent induire des effets d'agglomération positifs, tels que la réduction de la consommation d'énergie fossile et de matières premières et l'émergence d'innovations par la réutilisation et la valorisation des flux. Il en résulte certains avantages concurrentiels sous la forme de prix plus bas pour les prises et d'économies d'échelle. Les nouvelles ressources et les interactions entre les acteurs sont synonymes de nouvelles possibilités qui peuvent renforcer l'attractivité du territoire en attirant de nouveaux investisseurs et entreprises (Kasmi, 2020).

Bien que l'EC et les territoires industrialo-portuaires semblent faire bon ménage, notre revue de littérature liant l'EC et le développement territorial basé sur Veyssière et al. (2021) et nos résultats mettent en évidence 39 références. Nous pouvons classer ces articles qui lient l'EC et les ports autour de quatre thèmes principaux :

Tableau 2-1. Classification des articles liant CE et ports

Sujets	Exemples	Exemples entre les 39 références
Construction de la symbiose industrielle (SI)	- Les déchets des navires seront utilisés dans des usines biologiques.	(Karimpour et al., 2019) (Garrido et al., 2021)
	- Déchets plastiques pour l'impression 3D.	(Baas et Huisingh, 2008)
	- Une chaleur fatale pour le chauffage urbain et l'élevage de crevettes.	(Legua et al., 2021 ; Martínez-Nicolás et al., 2021)
	- Sédiments pour la culture	(Carpenter et al., 2018)
	- Matériaux de dragage contaminés pour créer de nouveaux terrains	
Métabolisme urbain	- Importance du patrimoine culturel pour l'EC	(Acri et al., 2021; Fusco Girard, 2013; Pintossi et al., 2021)
	- Études des flux énergétiques vers une transition énergétique des villes portuaires.	(Bahers et al., 2020; Bosman et al., 2018)
	- Mise en œuvre de villes urbaines intelligentes dans les territoires portuaires	(Shahrokni et al., 2015)
	- Effet de l'EC sur la régénération urbaine	(Williams, 2019)
Mesures préventives contre la pollution	- Résultats de la réduction de la consommation d'énergie et d'eau et de l'utilisation de boues biologiques.	(Baas, 1998)
	- Réduction des émissions	(Boehme et al., 2009)

	- Effets de l'EC sur l'environnement.	(Budoc, 2017)
	- Gestion des déchets solides des ports pour réduire la pollution marine	(Uche-Soria et Rodríguez-Monroy, 2019)
Innovation - nouvelles pratiques vers la CE	- Proposition de nouveaux cadres pour aider les ports et les villes à collaborer	(Roberts et al., 2021)
	- Eco-conception pour la réhabilitation de l'ancienne carrière du port	(Escobal et al., 2021)
	- Adoption d'innovations "technologiques vertes" dans le port	(Lorek, 2012)
	- Milieu innovant et attractivité	(Kasmi, 2020)

Sources : Auteurs, sur la base de Veysièrre et al. (2021)

La question de la création de valeur aux niveaux micro (entreprises) et méso (territoires) à partir d'un projet d'EC est rarement abordée dans la littérature, ce qui justifie notre recherche. Le modèle d'écosystème d'innovation peut contribuer à une meilleure compréhension des mécanismes de cette création de valeur.

2.2. De l'écosystème de l'innovation à l'écosystème de l'innovation circulaire

Les origines de la recherche sur les systèmes d'innovation trouvent leurs antécédents dans les années 1980 (Freeman, 1982; Lundvall, 1985). Le système d'innovation est d'abord défini au niveau national (National innovation system) comme « *le réseau d'institutions dans les secteurs public et privé dont les activités et les interactions initient, importent, modifient et diffusent les nouvelles technologies* » (Freeman, 1987, p. 1). Ce concept est utilisé par les chercheurs pour démontrer l'importance des relations étroites entre les acteurs autour d'un projet commun pour générer l'innovation à un autre niveau.

Le modèle d'un écosystème est utilisé bien plus tôt, mais pas directement en économie et en gestion (Tansley, 1935). Il faut attendre les recherches de Moore en 1993 pour que le modèle d'un écosystème d'entreprise soit utilisé en dehors de sa sphère initiale de la biologie et de l'environnement et appliqué à la gestion. Moore (1996) propose que les entreprises puissent être transposées comme faisant partie d'un écosystème qu'il présente comme un écosystème d'affaires. Cet écosystème d'affaires est constitué de réseaux d'acteurs interconnectés qui co-évoluent en partageant leurs compétences, leurs technologies et leurs ressources autour d'une innovation. Ainsi, Moore (2006, p. 33) décrit l'écosystème d'affaires comme « les accords de collaboration par lesquels les entreprises combinent leurs offres individuelles dans une solution cohérente, orientée vers le client », ce qui propose un réseau d'acteurs qui se construit autour d'une grande entreprise.

D'autres chercheurs ont depuis développé le terme d'écosystème autour d'autres modèles tels que les écosystèmes de services, l'écosystème plateforme, ou encore l'écosystème d'innovation, concept assez récent qui prend toute son importance grâce aux travaux d'Adner (2006). Selon Adner et Kapoor (2010, p. 309), le préfixe « eco » dans éco-système est « une façon de rendre les interdépendances plus explicites » entre les parties prenantes. De nos jours, le modèle d'écosystème d'innovation est appliqué dans divers secteurs tels que les industries primaires (énergie, agriculture), les industries manufacturières (aviation, textile, automobile), les industries de services (santé, internet, technologies de l'information) et les industries de haute technologie (nanoélectronique, semi-conducteurs, électronique). (Yaghmaie et Vanhaverbeke, 2019).

Les définitions proposées pour le modèle d'écosystème d'innovation sont en effet variées. Le modèle d'un écosystème d'innovation souligne la relation étroite et l'interdépendance entre les acteurs (Jackson, 2011). Certains travaux évaluent les objectifs d'un tel écosystème, comme Gomes (2018), qui souligne que le résultat de l'écosystème concerne la co-création conduisant à la proposition d'une valeur commune. Tsujimoto (2018) détaille la forme de la valeur proposée comme étant soit un produit (par exemple, du ciment produit à partir de CE), un service (par exemple, la collecte partagée de déchets), un processus (par exemple, l'adaptation des processus d'une entreprise pour utiliser un sous-produit) ou organisationnelle (par exemple, les changements liés à l'entreprise interne pour faciliter l'échange de ressources). Certaines recherches se concentrent sur les caractéristiques d'un écosystème d'innovation. Carayannis et Campbell (2009), par exemple, mettent davantage l'accent sur les relations entre les différents

acteurs et plus particulièrement sur les notions de collaboration et de concurrence. Granstrand et Holgersson, (2020), qui ont proposé une revue systémique autour du modèle, mettent l'accent sur les trois principales composantes d'un écosystème d'innovation, les acteurs, les activités et les artefacts qui regroupent les ressources tangibles et intangibles, ce qui est une manière de mettre en avant l'innovation organisationnelle. La fonction des acteurs est également analysée, comme dans le cas de Guerrero et al. (2016), qui discutent de l'écosystème d'innovation et du rôle clé des universités dans le développement de l'écosystème, ou comme dans Nambisan et Baron (2013), qui soulignent le rôle d'un acteur pivot (ou acteur clé) dans l'écosystème d'innovation. Plusieurs études s'intéressent également à l'écosystème d'innovation sous l'angle du risque lié à l'intégration d'un tel écosystème (Adner, 2006), à la viabilité d'un tel écosystème (Walrave et al., 2018), ou encore à ses étapes de développement (Dattée et al., 2018).

Sur la base de ces travaux, on peut considérer qu'un écosystème d'innovation est un ensemble d'acteurs se réunissant autour d'un projet commun, développant des relations complexes de collaboration qui n'excluent pas la concurrence (coopétition) et partageant des ressources pour la création de valeur qui prend la forme de différents types d'éco-innovation (produit/service, processus, organisation) (voir Tableau 2-1).

Tableau 2-2. Caractéristiques d'un écosystème d'innovation

Acteurs	<p>Les acteurs d'un écosystème d'innovation peuvent être divisés en trois groupes : 1) les entreprises et les organismes financiers, 2) les organismes de recherche et 3) les organismes de réglementation.</p> <ul style="list-style-type: none">- Les entreprises vont des start-ups aux grandes entreprises et les organisations financières comprennent les banques commerciales, les plateformes de crowdfunding, etc. Au niveau micro, les entreprises vont donc adapter leurs modèles d'entreprise pour correspondre aux objectifs communs de l'écosystème d'innovation (Konietzko et al., 2020; Lopez et al., 2019; Pieroni et al., 2019).- Les organismes de recherche, qu'ils soient publics ou privés, sont souvent considérés comme ayant des capacités de recherche de pointe établies en réponse à un besoin particulier et peuvent être considérés comme d'importants catalyseurs de l'innovation (Philbin et al., 2014). Le rôle commun de ces institutions de recherche est la production de connaissances scientifiques et la diffusion des connaissances générées aux organisations partenaires.- Les institutions ou agences de régulation sont des organisations publiques ou des agences gouvernementales créées pour exercer une fonction de régulation. Leur rôle principal est d'imposer des exigences ou des restrictions ou de fixer la norme des activités. Les institutions de régulation visent à créer un climat des affaires qui établira un environnement favorable au développement des activités entrepreneuriales (Uzunidis, 2014). <p>Dans un tel écosystème d'innovation, parmi tous les acteurs impliqués, un acteur clé (ou acteur pivot) émerge généralement et peut être n'importe quel acteur de l'écosystème d'innovation, sans être limité à une entreprise comme pour l'écosystème commercial. Cet acteur pivot exerce une influence considérable sur les stratégies et les fortunes de tous les autres acteurs (Nambisan et Baron, 2013)(Nalebuff et al., 1996).</p>
----------------	---

Relations

Tous les acteurs complémentaires d'un écosystème d'innovation entretiennent entre eux des relations étroites et interdépendantes. Par relations, nous entendons les interactions qui se forment entre les acteurs. Ces relations peuvent prendre deux formes : la coopération et/ou la concurrence.

Les acteurs se joignent à un écosystème d'innovation pour partager des objectifs communs et en tirer des avantages ; pour profiter de ces avantages, ils établissent des relations de coopération qui contribuent à faciliter les transactions lorsque le besoin s'en fait sentir et créent une source d'opportunités. (Jackson, 2011). La coopération est à la fois sociale et comportementale, incluant, par exemple, la confiance, l'ouverture, la transparence, le tact, le professionnalisme et la complémentarité. La coopération s'appuie sur diverses formes de proximité entre les acteurs. La combinaison de différentes formes de proximités est nécessaire pour que la coopération entre acteurs se constitue. Ces formes de proximités peuvent être géographiques, organisationnelles, cognitives et institutionnelles. (Torre, 2009; Uzunidis, 2010).

Bien que les acteurs soient impliqués dans des relations de coopération, ces mêmes acteurs ont encore des attributs, des principes de décision, des croyances différents.... (Tsujimoto et al., 2018), et des réseaux propres, avec des caractéristiques et des objectifs individuels qui conduisent également à la concurrence.

La relation de coopération découle de l'avantage compétitif potentiel qu'un écosystème peut apporter à ces membres. Les synergies entre acteurs permettent d'accéder à des ressources nouvelles ou plus intéressantes (prix, accessibilité de la ressource). Cependant, les relations de coopération n'empêchent pas l'existence d'une concurrence entre ces mêmes acteurs.

	<p>Les relations de coopération et de concurrence sont en effet présentes au sein d'un écosystème d'innovation, ce que l'on appelle également la coopétition. Les relations de coopétition entre les acteurs, qui semblent à première vue contradictoires, permettent à l'écosystème d'innovation d'évoluer (Volkmer Martins et al., 2019).</p>
<p>Ressources</p>	<p>Pour matérialiser les bénéfices des relations, les acteurs doivent engager des ressources vers les objectifs partagés (Autio et Thomas, 2014). Par ressources, nous entendons l'ensemble des actifs matériels et immatériels utilisés pour produire des biens, pour fournir des services, pour faciliter les échanges ou l'entrée de nouveaux acteurs. Les ressources peuvent ainsi être divisées en deux catégories : matérielles (<i>par exemple</i>, un produit) ou immatérielles (<i>par exemple</i>, un savoir-faire) (Veyssière et al., 2021, Kasmi, 2018).</p> <p>Dans un écosystème d'innovation, les ressources peuvent être 1) la main-d'œuvre (étudiants, personnel, chercheurs de l'industrie, représentants de l'industrie, travailleurs qualifiés) des types d'acteurs que nous avons mentionnés précédemment et qui seront en soutien des nouveaux objectifs partagés. (Heaton et al., 2019), 2) une forme financière qui est fournie par des organisations financières, et 3) un savoir-faire et des compétences partagées par les acteurs de l'écosystème. Mais les ressources peuvent également prendre la forme d'intrants, de déchets ou de secondes matières premières et n'ont de valeur qu'en raison de l'existence des synergies. En ce sens, les synergies à travers les relations créées au sein de l'écosystème d'innovation peuvent révéler des ressources qui ne peuvent être trouvées ailleurs (Veyssière et al., 2021).</p> <p>Idéalement, un écosystème d'innovation basé sur un projet d'EC sera structuré pour récupérer, réutiliser et recycler efficacement toutes les ressources (y compris le capital humain) produites par tous les acteurs. La façon dont les ressources sont consommées (Jackson, 2011) et la circulation continue du flux (connaissances, énergie, main-d'œuvre, matière première, etc.) au sein de l'écosystème d'innovation déterminent son succès ou son échec.</p>

Résultats : Éco- innovations	<p>Les acteurs rejoignent un écosystème d'innovation en établissant des relations et en engageant des ressources ensemble pour obtenir des bénéfices autour des objectifs partagés. Les bénéfices sont alors les résultats ou les sorties qui prennent la forme d'une création de valeur qui ne peut être créée que si toutes les conditions (acteurs, relations et ressources) sont présentes (Hannah et Eisenhardt, 2018).</p> <p>La création de valeur dans un écosystème d'innovation adoptant des activités « circulaires » peut se situer à deux niveaux, d'abord au niveau micro pour les entreprises de l'écosystème. Cette création de valeur prend généralement la forme d'éco-innovations de produits (y compris les services), de processus, d'entreprises et d'organisations (Autio & Thomas, 2014; Gomes et al., 2018; OECD, 2018).</p> <p>La valeur peut également se situer au niveau méso, c'est-à-dire l'ensemble des acteurs du territoire en question. La valeur créée peut être tangible, comme de nouvelles ressources (produits, procédés) créées par les nouveaux projets ou de nouvelles infrastructures partagées et des emplois circulaires, mais aussi intangibles, par exemple une main-d'œuvre formée avec des connaissances et des compétences dans le projet d'EC, une attractivité pour les entrepreneurs et les start-ups (Nambisan et Baron, 2013). La création de valeur peut également être comprise à travers les impacts environnementaux positifs résultants du projet d'EC.</p>
---	--

Source : Auteurs

L'écosystème d'innovation est présenté comme un système évolutif (Dattée et al., 2018). Tout au long de son fonctionnement, les acteurs vont, par exemple, intégrer ou se retirer de l'écosystème, ce qui va l'impacter. En ce sens, un écosystème d'innovation pourrait avoir un cycle de vie qui pourrait s'apparenter à cette évolution, composé de trois étapes : l'étape initiale, l'étape de développement et l'étape de renouvellement (Heaton et al., 2019).

L'étape initiale pourrait être associée à la formation de l'écosystème d'innovation. L'écosystème d'innovation commence à prendre forme avec un acteur qui pose les bases du futur écosystème en définissant un projet commun. Grâce à cette première étape, les acteurs commencent à rejoindre l'écosystème et gravitent généralement autour de l'acteur à l'origine de l'initiative, qui peut devenir par la suite l'acteur clé (acteur pivot) de l'écosystème. Les acteurs (principalement des entreprises, mais aussi des institutions de recherche) restent peu nombreux et les interactions entre ces mêmes acteurs sont assez rares à ce stade, ce qui peut s'expliquer par le temps nécessaire à l'établissement des relations, mais aussi par le fait que chaque acteur doit trouver sa place dans l'écosystème. L'étape suivante est le développement de l'écosystème ; c'est à ce niveau que l'écosystème se développe le plus rapidement, que les interactions entre les acteurs deviennent plus intenses, que de nouveaux acteurs rejoignent l'écosystème et que les institutions s'intègrent et prennent une place plus active dans l'écosystème. La valeur est créée à la fois au niveau micro et au niveau méso. La phase de renouvellement correspond au moment où les acteurs trouvent leur place et leur fonction dans l'écosystème d'innovation. Cette étape s'apparente au point d'équilibre de l'écosystème. Les nouveaux acteurs se font plus rares, mais continuent à s'intégrer dans l'écosystème et c'est surtout à ce stade que les acteurs commencent ensemble à diversifier leurs activités pour co-évoluer avec l'ensemble de l'écosystème.

Tableau 2-3. Cycle de vie d'un écosystème d'innovation

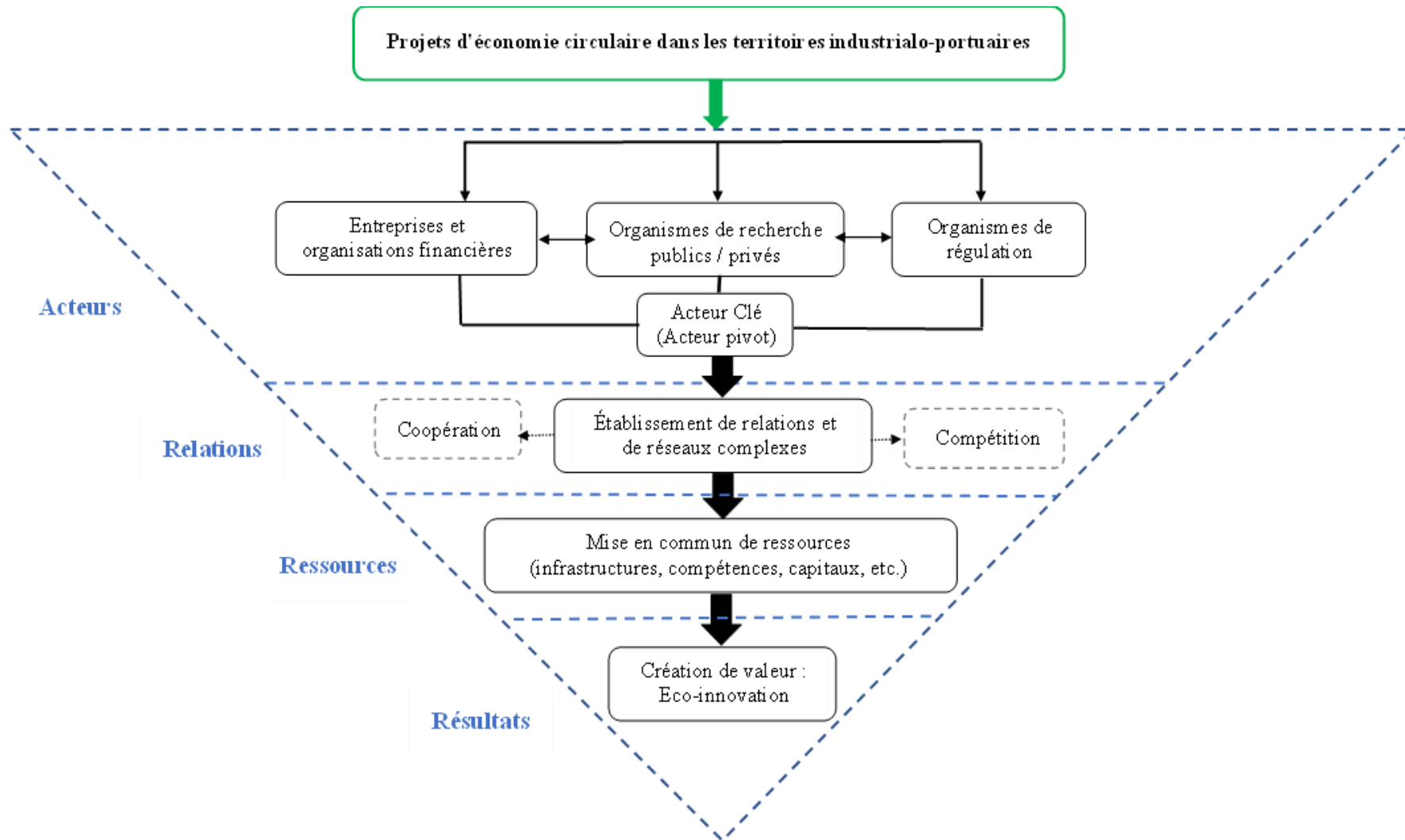
Phase initiale	Phase de développement	Phase de renouvellement
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Un acteur clé (acteur pivot) ➤ Peu d'entreprises ➤ Peu d'institutions de recherche 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Les organismes de réglementation et les organismes de recherche deviennent des participants actifs ➤ Création de canaux de communication pour 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Stagnation des secteurs établis ➤ L'activité de brevetage se déplace vers de nouveaux domaines

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Interactions rares entre les acteurs de l'écosystème ➤ Faible identité 	<p>échanger des connaissances dans l'écosystème</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Les réseaux interentreprises et professionnels sont bien établis. ➤ Création de valeur aux niveaux micro et méso 	
---	---	--

Source : Adapté de Heaton et al. (2019)

Notre proposition est donc que l'écosystème d'innovation « circulaire » peut reprendre les caractéristiques d'un écosystème d'innovation, à savoir les acteurs, les relations, les ressources et les résultats. L'ajout de CE dans le modèle souligne le fait que l'origine de cet écosystème est le projet CE qui relie les acteurs autour de lui et alimente son fonctionnement. Il rassemble les acteurs dans le but commun de créer de la valeur aux niveaux micro (entreprises) et méso (écosystème, territoire) qui prend la forme d'éco-innovations (produits, services, organisations). La création de tels écosystèmes nécessite que les entreprises fassent évoluer leurs modèles économiques pour s'aligner sur les objectifs de l'écosystème. Ainsi, le BM des entreprises sera interconnecté, en fonction des objectifs de l'écosystème (Shaw et Allen, 2018), orientés vers l'éco-innovation et un développement plus, largement durable. La figure suivante résume notre cadre d'analyse des territoires industrialo-portuaires qui sera appliqué au cas de Dunkerque en France pour cette étude.

Figure 2-2. Écosystème d'innovation circulaire



Source : Auteurs

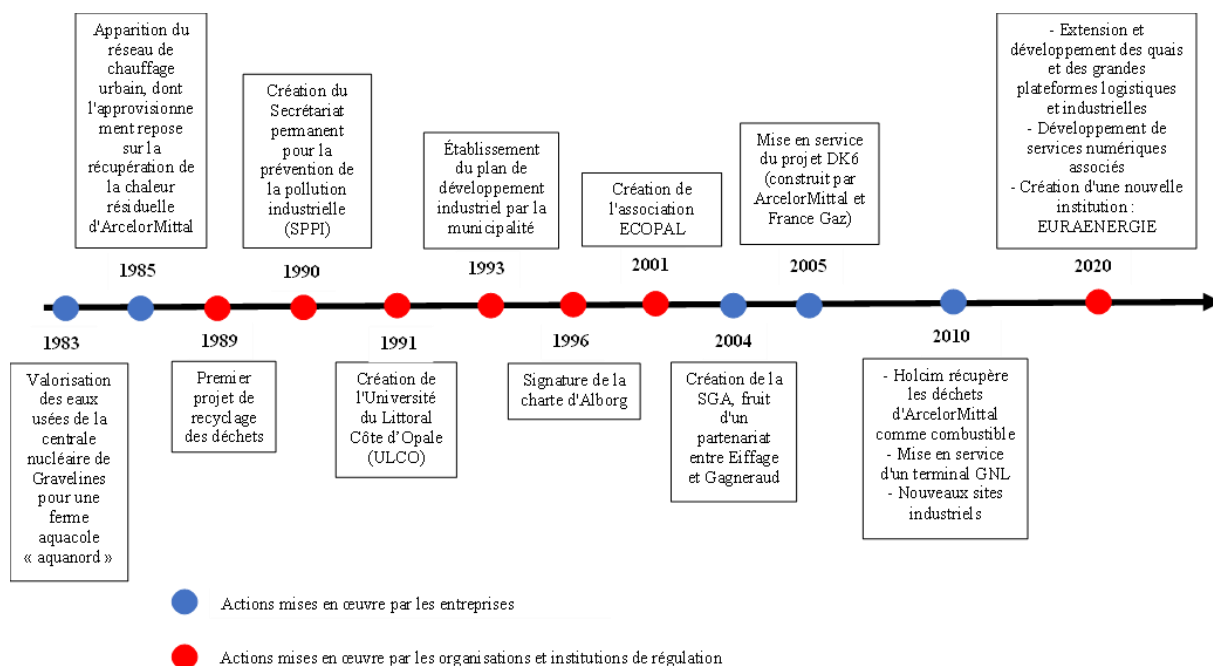
3. Méthodologie

3.1. Présentation du territoire de Dunkerque

Dunkerque est une ville côtière située dans le nord de la France, à la frontière avec la Belgique et à 100 kilomètres de l'Angleterre. La ville de Dunkerque est la 5^{ème} plus grande ville de la région Hauts de France avec 84 933 habitants en 2021. La Communauté urbaine de Dunkerque (CUD) dans laquelle se déroulent les activités d'écologie industrielle compte pas moins de 195 917 habitants répartis en 17 communes. (Agence d'urbanisme Flandre-Dunkerque, 2020).

Le territoire industrialo-portuaire de Dunkerque, tel qu'il est aujourd'hui, a commencé à se former après la Seconde Guerre mondiale. Le développement de la sidérurgie à Dunkerque trouve ses racines au début des années 1960, dans le cadre d'un vaste programme national de modernisation et de développement, qui a également conduit à la création d'un second site de même nature, à Fos-sur-Mer, à Marseille. A Dunkerque, ce programme se concrétise par l'installation en 1962 du géant de l'acier Usinor (aujourd'hui ArcelorMittal). Pour les besoins en électricité de l'usine, une centrale thermique utilisant les gaz sidérurgiques d'Usinor est installée. C'est le début de ce que l'on appellera plus tard l'écologie industrielle. Dans les années qui suivent, des entreprises s'installent progressivement dans le sillage d'Usinor. En 1985, les pratiques d'écologie industrielle s'étendent au-delà du secteur privé avec la construction du réseau de chauffage urbain utilisant la récupération de la chaleur résiduelle des hauts fourneaux d'Usinor pour alimenter la ville. En 1990, le plan d'environnement industriel intégrant les préoccupations environnementales dans le développement industriel est élaboré. En 1994, la CUD s'engage dans une perspective de développement durable et notamment d'écologie industrielle. Depuis, des synergies industrielles se sont construites sur le territoire industrialo-portuaire de Dunkerque.

Figure 2-3. Les grandes lignes de l'histoire de l'écologie industrielle à Dunkerque.



Source : Adapté de Boutillier et al. (2015) et de Kasmi (2018a)

L'écologie industrielle à Dunkerque a bien évolué depuis sa création, comme le montre la

Figure 2-3, à tel point qu'en 2001, un projet collaboratif initié par les acteurs publics et privés des grandes zones industrielles a abouti à la création de l'association Ecopal, première association d'écologie industrielle en France. L'écologie industrielle à Dunkerque repose sur des flux de mutualisation et de substitution.

Les flux de mutualisation sur le territoire s'articulent principalement autour de la collecte de déchets industriels solides tels que les chutes de bobines et les ferrailles (Ball Packaging), les déchets de type papier (souillés ou non) (Aluminium Dunkerque, Chaudronnerie ADS, DK6, Ryssen Alcohol, Dillinger), ou les déchets industriels liquides tels que les huiles et les déchets de peinture (Port de Dunkerque, Dillinger). Les flux de substitution tournent essentiellement autour de la valorisation des gaz (ArcelorMittal, environnement Baudalet, DK6, Alcools Ryssen), de la valorisation des mâchefers (ArcelorMittal, Befesa Valera), de la chaleur fatale (ArcelorMittal, Dalkia) ou encore des sédiments, eaux et boues industrielles (Suez Eau France, EDF, Daudruy, port de Dunkerque, DK6).

Pour vérifier l'existence d'un écosystème d'innovation circulaire sur le territoire industrialo-portuaire de Dunkerque, une collecte de données a été nécessaire en complément des données déjà disponibles.

3.2. Collecte des données

Les données utilisées dans cette recherche sont une combinaison de données qualitatives primaires et secondaires qui nous permettent d'étudier le territoire industrialo-portuaire de Dunkerque et l'écosystème d'innovation « circulaire » qui pourrait s'y trouver.

La collecte des données primaires s'appuie sur le programme de recherche de l'IMPPEC²⁵ qui vise à créer un tableau d'indicateurs permettant de mettre en évidence et d'évaluer le rôle du port de Dunkerque dans l'écologie industrielle et l'économie circulaire. La spécificité de ces indicateurs est qu'ils combinent des indicateurs traditionnels associés à l'écologie industrielle/économie circulaire (impacts économiques, sociaux et environnementaux), mais

²⁵ financé par le grand port maritime de Dunkerque (GPMD) en collaboration avec la Communauté urbaine de Dunkerque (CUD) et l'institution ECOPAL (partenaire économie et écologie dans l'action locale). Ce programme est réalisé par le laboratoire "Innovation et Stratégies Industrielles" (ISI) de l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO).

aussi des indicateurs plus spécifiques liés au lien entre les activités portuaires et l'économie circulaire.

Les indicateurs du programme IMPPEC s'articulent autour de quatre axes :

- Axe 1- Stratégie, gouvernance, communication : évaluer la stratégie opérationnelle du port en soutien au développement économique circulaire.
- Axe 2 - Symbiose industrielle : mesure du développement de la symbiose industrielle au niveau du territoire.
- Axe 3 - Développement économique mesurant les moyens ou ressources investis/développés pour le développement de l'économie circulaire et les impacts en termes économiques des pratiques liées à l'économie circulaire.
- Axe 4 - Impacts environnementaux évaluant la réduction des externalités négatives causées par les activités des territoires industrialo-portuaires.

La collecte de données primaires a nécessité la réalisation d'enquêtes à l'aide de questionnaires dédiés pour chaque type d'acteur préalablement sélectionné à partir des données déjà disponibles sur le territoire ; une approche flexible a dû être utilisée pour la collecte de données. Les questionnaires qui prennent la forme de questions simples avec des réponses simples (OUI/NON) ou encore à choix multiples ont été réalisés à l'aide du logiciel LimeSurvey et d'un formulaire Google, puis envoyés aux acteurs concernés. Un suivi personnalisé a ensuite été assuré pour permettre aux acteurs de remplir les questionnaires (appel téléphonique et visioconférences pour apporter des précisions et rencontres en face à face lorsque cela était possible).

Afin de vérifier les caractéristiques d'un écosystème d'innovation « circulaire », un travail préalable de tri a été réalisé à partir des données disponibles avec l'aide de la CUD, d'Ecopal et du port de Dunkerque pour établir la liste des acteurs cibles. Le tableau suivant présente la liste des acteurs cibles interrogés.

Tableau 2-4. Liste des entretiens

Type d'acteur	Cible les chiffres	Réponses reçues	Taux de participation (%)	Personnes interrogées
Entreprises	66	32	48.49	Représentants de l'entreprise
Public/privé				
Organismes de recherche	16	8	50	Les responsables de la formation universitaire à l'ULCO²⁶
Organismes de réglementation	16	7	43.75	Représentants de l'organisation

Source : Auteurs

Les résultats des questionnaires ont ensuite été analysés avec le même logiciel, non seulement pour vérifier la présence d'un écosystème d'innovation circulaire à travers les différentes caractéristiques mises en évidence (à savoir : les acteurs, les relations, les ressources mises en commun et les résultats), mais aussi pour situer le stade auquel se trouve l'écosystème d'innovation de Dunkerque (stade initial, stade de développement ou stade de renouvellement), tout en mettant en évidence les limites et les difficultés qui accompagnent les transformations de l'écologie industrielle et en soulignant les opportunités qui accompagnent ces transformations.

Tableau 2-5. Indicateurs sélectionnés pour vérifier l'existence d'un écosystème d'innovation circulaire

Caractéristiques d'un écosystème d'innovation "circulaire		Axes du programme IMPPEC concernés	Indicateurs sélectionnés
Acteurs	Entreprises et organismes financiers	Symbiose industrielle	Nombre d'entreprises dans l'IS* Acteur clé

²⁶ Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO) avec quatre sites d'enseignement et plus de 300 chercheurs et 10.000 étudiants. L'ULCO a été ciblée pour notre recherche dans laquelle nous avons mené des enquêtes auprès des responsables de formation (présélectionnés) de chaque département. L'université est présente sur quatre sites : Dunkerque, Calais, Boulogne, et Saint Omer.

	Organismes de réglementation	Stratégie, gouvernance et communication	Initiatives créées pour le CE Forme de gouvernance Communication autour de l'EC et du développement durable
	Organisations de recherche publiques/privées	Symbiose industrielle	Nombre de cours de formation Nombre de laboratoires*
Relations	Entreprises et organisations financières	Symbiose industrielle	Nombre de synergies entre les entreprises*
	Organismes de réglementation		Participation à des synergies entre entreprises
	Organisations de recherche publiques/privées		
Ressources		Développement économique (moyens)	Terrain disponible Infrastructures mises à disposition Dépenses de R&D
Résultats au niveau micro et méso		Développement économique (Résultats)	Éco-innovations Emploi circulaire créé Nombre d'entreprises en démarrage
		Incidences sur l'environnement	Économie de ressources Réduction des émissionsg*

Source : Auteurs

4. Résultats et discussion

4.1. Interprétations

4.1.1. Acteurs

Le projet d'EI à Dunkerque a débuté en 1985 avec le projet de chauffage urbain alimenté par la chaleur fatale de l'entreprise ArcelorMittal. Pierre angulaire de l'EI sur le territoire, ce projet a ouvert les portes à des échanges de flux entre entreprises qui ne cessent de se densifier. Si

l'EI a commencé avec ArcelorMittal, cette entreprise est devenue au fil du temps l'acteur clé au sein de l'EI en raison de sa position stratégique de plus grand fournisseur de coproduits tels que les scories ou la chaleur fatale (par *exemple*, douze entreprises réutilisent ses coproduits directement dans l'EI). Actuellement, le SI de Dunkerque ne compte pas moins de 44 entreprises de tailles diverses et est principalement regroupé autour des activités de métallurgie, sidérurgie, chimie, matériaux de construction et aquabusines.

Ces entreprises de la SI sont le principal employeur du territoire de Dunkerque. Avec, par exemple : ArcelorMittal (3 641 salariés), EDF (1 830 salariés), Aluminum Dunkerque (570 salariés), Dillinger France (550 salariés), Harsco Metal (471 salariés), Ascometal (304 salariés), et Minakem (230 salariés). Les autres entreprises présentes sont principalement des sous-traitants dont l'effectif est inférieur à 80 salariés (AGUR, 2019). En adoptant des activités d'EC, ces grandes entreprises font évoluer leur modèle économique afin de pouvoir accueillir des activités circulaires. Cette évolution du modèle d'affaires en un modèle d'affaires innovant basé sur des pratiques d'économie circulaire comprend l'adoption d'un coproduit dans son processus de production d'éco-innovation, le partage des ressources, mais aussi du savoir-faire.

L'EI du territoire et, plus largement, de la CE, est soutenue par des organismes financiers tels que l'Union européenne, l'État français, et le conseil régional, qui ont décidé d'allouer des fonds pour soutenir la relance de l'économie et la dé-carbonisation des entreprises des territoires, dont Dunkerque. Ainsi, l'Union européenne a lancé le « fonds de transition juste²⁷ » d'un montant de 40 milliards d'euros pour les régions européennes les plus dépendantes des énergies fossiles tandis que l'État français, avec « France Relance²⁸ » (de 2020 à 2022), alloue une enveloppe de 100 milliards d'euros dédiée à la transition écologique. Plus localement, la région Hauts-de-France propose un fonds complémentaire doté de 1,3 milliard d'euros pour l'économie durable (Dunkerque Promotion, 2021). Dunkerque est l'un des 24 lauréats de l'appel à candidatures de l'action « Territoires d'innovation et de grande ambition » (TIGA), et le seul lauréat de la région Hauts-de-France (2018). Avec son projet intitulé « Transformation d'un écosystème industrialo-portuaire », Dunkerque répond à la problématique de la

²⁷ Le Fonds de transition juste soutient la diversification et la reconversion économique des territoires concernés. https://ec.europa.eu/regional_policy/en/

²⁸ <https://www.dunkerquepromotion.org/soutenons-les-entreprises-locales/plan-de-relance-national-france/>

dépendance aux énergies carbonées et bénéficie ainsi d'une partie des 450 millions d'euros répartis sur 10 ans pour les territoires d'intérêt national sélectionnés.

L'EC est soutenu par des organismes de régulation qui mettent en place un climat favorable au développement des activités circulaires sur le territoire. Souhaitant que la transition se fasse, ces organismes de régulation se sont également tournés vers le développement durable et adaptent leurs objectifs pour soutenir la transition vers l'EC. Parmi les organismes interrogés, cinq développent directement des initiatives en faveur des entreprises locales et des EI pour la transition vers l'EC, prenant la forme d'un soutien aux entreprises pour la recherche de locaux, de terrains, d'informations sous forme de carte industrielle, de conseils et de suivi. La gouvernance territoriale est présente et commence à se coordonner autour des projets d'EC. Cette coordination est dynamique (c'est-à-dire changeante, collective et évolutive) et donne lieu à des actions de communication à travers les médias disponibles tels que les sites web des organisations, les journaux locaux, les réseaux sociaux, ou encore à travers des sessions d'information et des conférences organisées régulièrement sur le territoire (Kasmi et al., 2017). Les représentants du port de Dunkerque, par exemple, affirment dans sa stratégie de développement qu'il souhaite se tourner vers le CE dès 2009 avec son plan d'aménagement et de développement durable (PA2D). Au niveau universitaire, le programme IMPPEC étudie l'impact des ports sur le CE, les objectifs étant d'anticiper et de planifier les enjeux d'avenir pour le port de Dunkerque, tant pour des objectifs de développement économique que pour des objectifs de gestion durable du territoire (initiés au niveau national par les mesures prises, la territorialisation des activités, la réduction des émissions de polluants, notamment atmosphériques, la réduction de la production de déchets, la création d'emplois).

L'organisme de recherche du territoire de Dunkerque est l'Université du Littoral (ULCO). Forte de 38 mentions de master, l'université s'est adaptée à la transition du territoire en proposant quatre mentions de master en lien avec le CE avec une moyenne de 69 étudiants par an en master 2. Néanmoins, l'université, outre son rôle de formateur, c'est surtout un vivier de 300 enseignants-chercheurs dans l'université qui se répartissent dans 14 laboratoires et plateformes scientifiques technologiques autour de trois pôles de recherche : 1) mer et littoral, transformations et enjeux, 2) mutations technologiques et environnementales et 3) humanités et territoires intégrés. Malgré la présence de ces laboratoires, les relations de collaboration avec les autres acteurs du territoire restent à ce jour marginales. Les recherches nécessitant des chercheurs sont généralement menées en dehors du territoire pour y être ensuite appliquées, ce

qui peut s'expliquer par la présence d'unités de production de multinationales dont les centres de décision sont situés dans d'autres villes ou pays (Laperche et al., 2021). Un exemple dans le domaine de l'écologie industrielle est la solution EPIFLEX développée par EDF²⁹ R&D et Mines ParisTech³⁰, qui propose une approche innovante permettant de concevoir des écoparcs industriels valorisant les flux de matières et d'énergie.

Ces résultats sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau 2-6. Résultats pour les acteurs

Caractéristiques d'un écosystème d'innovation "circulaire"		Indicateurs sélectionnés	Constatations
Acteurs	Entreprises et organismes financiers	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nombre d'entreprises dans l'IS* ➤ Acteur focal 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 44 entreprises ✓ Une entreprise : ArcelorMittal
	Organismes de réglementation	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Initiatives créées pour le CE ➤ Forme de gouvernance ➤ Communication autour de l'EC et du développement durable 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sous la forme d'un suivi et d'informations fournies par cinq organisations ✓ Formulaire dynamique ✓ Des canaux multiples comme les journaux, les conférences
	Organisations de recherche publiques/privées	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nombre de cours de formation ➤ Nombre de laboratoires* 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Quatre cours de maîtrise en rapport avec la formation continue ✓ 14 laboratoires au sein de l'ULCO

²⁹ Électricité de France (EDF) est une entreprise française de production et de distribution d'électricité, détenue à plus de 80 % par l'État. L'entreprise est le premier producteur et le premier fournisseur d'électricité en France et en Europe.

³⁰ "L'École nationale supérieure des mines de Paris, également connue sous le nom de "École des mines de Paris" ou simplement "les Mines", et depuis 2008 de MINES ParisTech, est l'une des 204 écoles d'ingénieurs françaises accréditées au 1er septembre 2020 à délivrer un diplôme d'ingénieur.

Source : Auteurs

4.1.2. Relations

Les entreprises du SI de Dunkerque établissent des relations de collaboration qui prennent la forme de synergies par l'échange de flux de substitution et de mutualisation. Dans la Figure 2-4 présentée ci-dessous, nous mettons en évidence ces relations entre entreprises à travers les flux qui circulent entre elles. Pour les flux de mutualisation, l'eau industrielle, le gaz, les déchets solides et divers sont les flux les plus courants qui circulent dans le SI. Par exemple : ArcelorMittal et Aluminium Dunkerque réalisent une collecte mutualisée tandis que Baudelet et NPDC Business Waste s'occupent des déchets divers. Les flux de substitution sont les flux les plus courants dans le SI de Dunkerque. Avec le chauffage urbain utilisant la chaleur fatale d'ArcelorMittal qui marque la fondation du SI, cette chaleur fatale d'ArcelorMittal est désormais également utilisée par d'autres entreprises comme Dalkia et ses gaz sidérurgiques par DK6. Les laitiers d'ArcelorMittal sont réutilisés par plusieurs entreprises dont ECOCEM, SGA, Flandre Laitière, et Ciment EQIOM, par exemple. Les autres flux de substitution que l'on retrouve souvent dans les SI avec les scories ou la chaleur fatale sont principalement des huiles usagées et des résidus chimiques.

Ces synergies sont facilitées par les organisations de régulation qui ont implanté des innovations organisationnelles pour s'adapter à la transition vers l'économie circulaire. Ces organismes de régulation sont impliqués dans chaque étape du développement des synergies entre les entreprises de l'EC. Ces étapes sont l'émergence, le développement, le test, la mise en œuvre effective et la durabilité. Au regard de l'enquête menée, tous les organismes de régulation interrogés sont impliqués dans les synergies entre entreprises de l'EC, dans au moins une des cinq étapes mentionnées ci-dessus.

Tableau 2-7. Organismes de régulation et leurs interventions dans le développement des synergies

Organismes de réglementation	Stade de développement des synergies				
	Émergence	Développement	Essais	Mise en œuvre	Durabilité
Port de Dunkerque	✓	X	X	X	X
Promotion Dunkerque	✓	✓	✓	✓	✓

Initiative Flandre	✓	✓	X	X	X
Syndicat des eaux de Dunkerque	✓	✓	X	✓	✓
AGUR	✓	✓	✓	X	X
ECOPAL	✓	✓	✓	✓	✓
Euraénergie	✓	✓	✓	✓	✓

Source : Auteurs

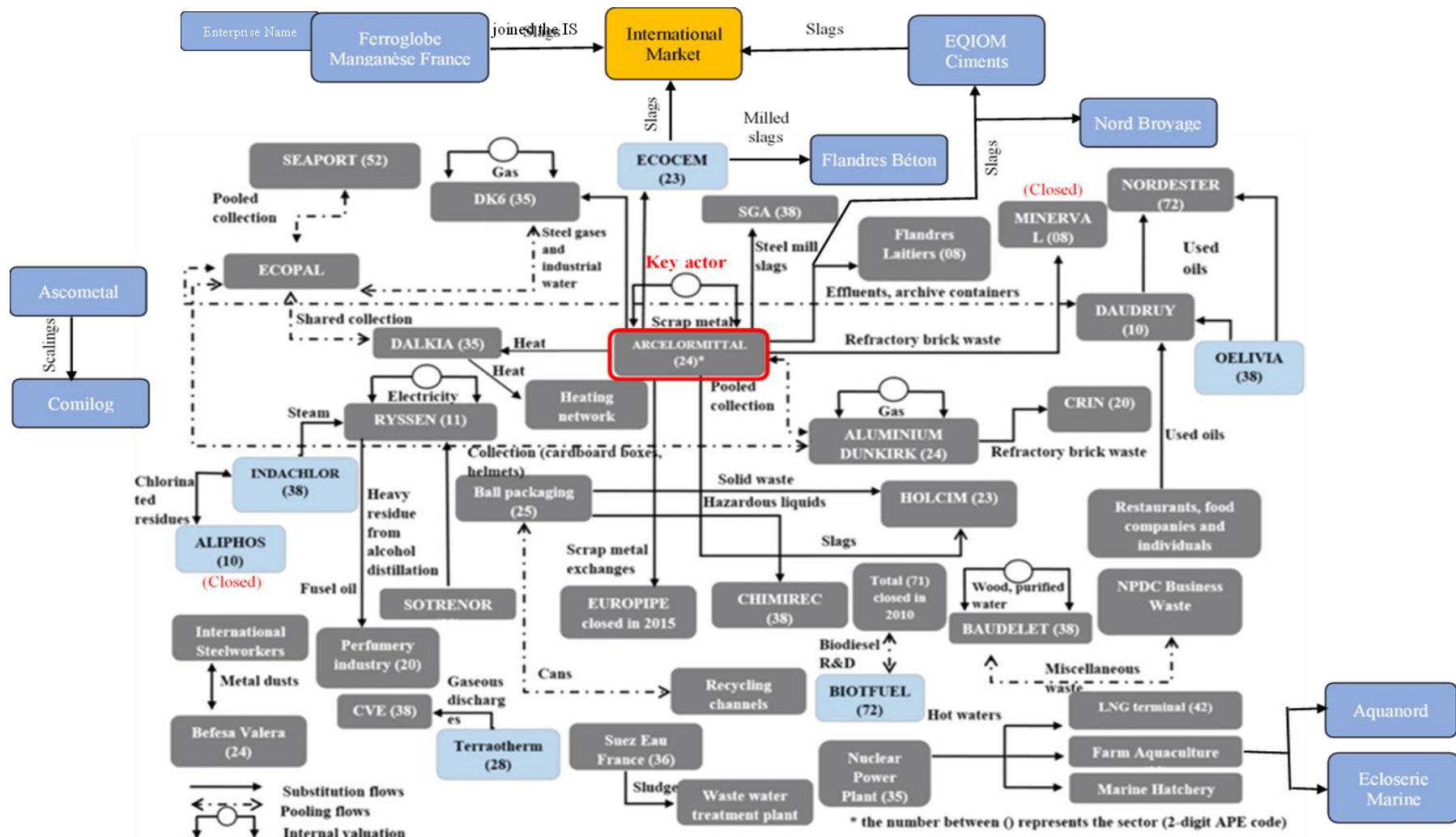
L'association ECOPAL, par exemple, est impliquée dans toutes les étapes des activités de CE à Dunkerque et joue un rôle central dans la collecte des déchets au sein des SI. Les organismes de régulation développent également des relations de collaboration entre eux afin de proposer une meilleure solution pour la mise en œuvre de la CE. « Euraénergie » est l'une de ces collaborations, organisé autour de cinq administrateurs : la CUD, l'Agence d'Urbanisme (AGUR), Dunkerque Promotion, Pôlénergie, et ECOPAL. Cet outil fédère les acteurs publics et privés autour d'objectifs communs et offre une gamme de services permettant de favoriser l'implantation d'entreprises innovantes, d'attirer et d'accompagner les porteurs de projets tout en soutenant la recherche et l'innovation pour favoriser les transitions sur le territoire industrialo-portuaire de Dunkerque. Le port entretient également des relations avec des organismes réglementaires locaux tels que l'AGUR autour d'échanges et de partage d'informations relatives aux différentes cartes spécifiques du territoire (industrielle, eau, énergie, agricole etc.), et ECOPAL autour d'échanges et de partage d'informations relatives à différents sujets locaux sur le CE et la gestion des déchets. Au sein de la Région Hauts-de-France, le port soutient le développement de projets liés à l'EC dont les écomatériaux et l'EC³¹ et ULCO autour de projets de recherche (ex. : programme IMPPEC).

La Figure 2-4 est une représentation des SI de Dunkerque basée sur les travaux de Kasmi (2020). Les cases grises sont les entreprises en SI trouvées dans les travaux précédents, les cases bleues sont les entreprises nouvellement intégrées en SI, obtenues grâce aux résultats des enquêtes. Les détails concernant la Figure 2-4 sont développés dans les sections suivantes.

³¹ Région Hauts-de-France (2021), <https://www.hautsdefrance.fr/economie-circulaire/>

Cette Figure 2-4 montre le type de collaboration établi entre les entreprises de la symbiose industrielle de Dunkerque ainsi que les flux (co-produits) échangés. Pour le cas de Dunkerque, les coproduits qui circulent sont essentiellement issus de l'industrie métallurgique et sidérurgique (exemples : laitier, chaleur fatale, ferrailles) dont le principal représentant est ArcelorMittal (aussi considéré comme l'acteur pivot de l'écosystème d'innovation), aussi connu comme le plus grand émetteur de CO₂ du territoire, mais aussi de quelques entreprises de l'agroalimentaires qui s'échangent des huiles lourdes ou usées. Les entreprises qui constituent cette symbiose industrielle sont pour la plupart des entreprises implantées sur le territoire à partir de la fin de la Deuxième Guerre mondiale et dont les activités n'étaient pas encore soumis aux mêmes réglementations. Les entreprises en bleu dans la figure sont les entreprises plus récentes que nous avons identifiées et qui ont profité des opportunités offertes par la symbiose. À ce jour, les relations de collaboration de la symbiose continuent à se développer.

Figure 2-4. Écologie industrielle dans le territoire industrialo-portuaire de Dunkerque



Source : Basé sur Kasmi (2020) mis à jour par les auteurs.

4.1.3. Ressources

Les acteurs qui établissent des relations entre eux disposent de ressources qui permettent d'accueillir de nouvelles synergies ou de nouvelles entreprises. Les réserves foncières font partie de ces ressources. Le territoire de Dunkerque dispose d'une réserve foncière importante pour le développement d'activités. Avec 3 000 hectares de terrains disponibles, le territoire dispose de 500 hectares de terrains immédiatement disponibles et de 125 hectares de terrains « *plug-and-play* » dans la grande zone industrielle, dont 45 hectares sont déjà réservés (Dunkerque Promotion, 2021).

En plus du foncier, des infrastructures sont disponibles : un parc d'innovation de cinq hectares opérationnels fin 2022 dédiée à la transition énergétique et CE. Ce parc doit permettre aux porteurs de projets de tester leurs innovations avec des prototypes à l'échelle 1, mais aussi d'être en contact avec les laboratoires de recherche de l'ULCO et deux écoles d'ingénieurs (École d'ingénieurs du Littoral Côte d'Opale (EILCO) et Institut Mines Telecom (IMT Nord Europe)). L'Hôtel des technologies, récemment construit dans le centre de Dunkerque, accueille le Digital Lab d'ArcelorMittal et est composé de cellules pré-équipées mises à la disposition d'éventuelles start-ups de l'innovation industrielle et énergétique. Par ailleurs, le Grand Port Maritime de Dunkerque met à disposition ses installations pour accueillir tous types de marchandises et les plus grands navires. Doté d'un réseau ferroviaire, d'un réseau permettant l'accès au réseau autoroutier européen et d'un canal à grand gabarit, Dunkerque est à ce jour le premier pôle français de fret ferroviaire et le premier port fluvial de la région Hauts-de-France (Dunkerque Promotion, 2021).

Cependant, parmi les 44 entreprises qui ont répondu à nos enquêtes, seules huit entreprises dépensent entre 1% (sept entreprises) et 20% (une entreprise) en R&D (les plus grandes entreprises étant celles qui dépensent le moins en R&D). On constate que Dunkerque est un territoire de mise en œuvre d'innovations développées ailleurs et que les entreprises n'investissent que peu ou pas du tout en R&D.

Tableau 2-8. Constatations concernant les ressources

Caractéristiques d'un écosystème d'innovation "circulaire"		
écosystème d'innovation	Indicateurs sélectionnés	Constatations
Ressources	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Terrain disponible* ➤ Infrastructures mises à disposition ➤ Dépenses de R&D 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 3 000 hectares ✓ Parc d'innovation, « Hôtel des technologies », Laboratoire et équipements numériques ✓ De 1% à 20% répartis entre huit entreprises

Source : Auteurs

4.1.4. Résultats : Les éco-innovations

Le résultat de ces relations de collaboration prend la forme d'une éco-innovation que l'on retrouve aux niveaux micro et méso, mais dans une faible proportion. Au niveau micro, les projets d'EC ont permis aux entreprises de créer des synergies en modifiant leurs BM. Les éco-innovations peuvent prendre la forme de biens nouveaux ou améliorés. Sur les 44 entreprises interrogées, seules 10 entreprises (ce qui représente 22,7%) ont introduit des produits nouveaux ou améliorés, par exemple : les scories et les coproduits comme l'écaillage permettent aux entreprises de produire des produits d'EC. Les laitiers d'ArcelorMittal, par exemple, permettent à des entreprises comme Nord Broyage, les ciments Eqiom, la SGA ou ECOCEM de fabriquer du ciment à faible teneur en carbone. ECOCEM produit du ciment « vert » à partir de ce laitier, qui libère 45 fois moins de CO₂ que le ciment traditionnel pendant la production.

D'autres éco-innovations à ce niveau peuvent se manifester par une modification du processus de production. Seules 10 entreprises ont réalisé ce type d'éco-innovation (22,7%); ces entreprises ont adapté et transformé leurs processus de production pour pouvoir réutiliser les coproduits. Indachlor, par exemple, a revu ses processus en créant une unité de recyclage des déchets en circuit court afin de transformer les déchets liquides à l'aide d'un incinérateur pour produire une vapeur de haute qualité qui sera ensuite réutilisée par les entreprises SI.

Une autre forme d'éco-innovation attendue est celle des services nouveaux ou améliorés et des nouvelles formes d'organisation du travail. Seules cinq entreprises ont répondu positivement,

ce qui représente 15% des réponses obtenues. Bien que nos attentes concernant les formes d'éco-innovation incluent également de nouvelles méthodes commerciales, seule une entreprise (3%) est en train de traiter les changements pour proposer de nouvelles méthodes commerciales.

Au niveau méso, certaines éco-innovations sont également à noter. L'éco-innovation prend ici la forme d'outils collaboratifs. Par exemple, la « Recycle solution³² » créée par ECOPAL est un outil numérique de gestion des déchets et des produits valorisables adapté à toutes les tailles d'entreprises. Le projet SHYMED issu de la collaboration entre deux entreprises (Hynamics et EDF) prévoit la création d'une station de production et de distribution d'hydrogène vert pour alimenter les bus et bennes de Dunkerque. La mise en service du projet est prévue pour janvier 2024.

Le futur projet « Little Cithy³³ » piloté par ENGIE en partenariat avec la CUD est un projet au stade de la faisabilité avec, pour l'instant, aucune date de mise en service. Le projet est censé prévoir l'utilisation de gaz urbains verts avec une réduction significative des émissions de gaz de 6% pour le CO₂ (20 tonnes de CO₂ eq. évitées par an) et jusqu'à 63% pour le CO.

L'adoption d'activités circulaires est également porteuse de changements, entraînant la création d'emplois au sein du SI qui créent également de la valeur à l'échelle du territoire. Parmi les entreprises interrogées, 14 entreprises ont créé des emplois au cours des cinq dernières années (890 emplois créés). Néanmoins, sur ces 890 emplois créés, seuls 44 emplois sont directement liés à l'EC, ce qui représente à peine 5% des nouveaux emplois dans la SI. Cette création d'emplois n'est pas le fait de start-ups, qui restent encore inexistantes, mais de grandes entreprises déjà présentes sur le territoire.

Les résultats obtenus par les activités de CE se reflètent également dans les impacts environnementaux. En ne prenant en compte que les synergies suivantes : réseau de chaleur, Ecocem, collectes partagées, terminal GNL et centrale nucléaire, la symbiose industrielle a permis de récupérer, en moyenne, 5 milliards de m³ de gaz sidérurgique, 994 900 tonnes de CO₂ par an évitées, 150,4 GWh de chaleur perdue récupérée (16 000 logements équivalents), et 750 232 tonnes de matériaux récupérés.

³² <https://recycle-solution.fr/>

³³ <https://www.dunkerquepromotion.org/2021/10/vers-le-deploiement-dune-filiere-hydrogene-a-dunkerque/>

Tableau 2-9. Résultats pour l'éco-innovation

Caractéristiques d'un écosystème d'innovation "circulaire"	Indicateurs sélectionnés	Constatations
Résultats au niveau micro et méso	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Les éco-innovations: <ul style="list-style-type: none"> • des biens nouveaux ou améliorés • processus de production nouveau ou amélioré • des services nouveaux ou améliorés et de nouvelles formes d'organisation du travail • nouvelles méthodes commerciales • outils de collaboration ➤ Création d'un emploi circulaire*. ➤ Nombre d'entreprises en démarrage 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 10 entreprises sur 44 ✓ 10 entreprises sur 44 ✓ Cinq entreprises sur 44 ✓ Une entreprise sur 44 ✓ 44 emplois ✓ 0 start-ups
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Économies de ressources ➤ Réduction des émissions*. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Énergie et matières premières ✓ Détaillé dans le Tableau 2-10

Source : Auteurs

En termes de réduction des émissions de gaz, la plupart des entreprises produisent moins.

Tableau 2-10. Réduction des émissions par entreprise sur la base des enquêtes réalisées au cours des cinq dernières années

Entreprises	Réduction des émissions
EQIOM	5% sur les émissions de gaz
Bois Environnement Services	25% sur les émissions de gaz
ESTER DU NORD	10% sur les émissions de CO ₂
Aluminates d'IMERYYS	2,5 % sur les émissions de CO ₂
Terraotherm	30 % sur les émissions de CO ₂
COMILOG	CO ₂ : 5% et poussière : 5%
DAUDRUY	20% sur les émissions de CO ₂
ECOCEM	680 kg de moins de CO ₂ par tonne de ciment produite
GRDF	L'utilisation du biométhane divise par 10 les émissions de CO ₂ par rapport au gaz fossile.
Dunkerque LNG et Gaz-Opale	100 000 tonnes par an en moins (moyenne des cinq dernières années)
ArcelorMittal	SO ₂ - Les émissions de dioxyde de soufre (kg par tonne d'acier liquide) sont en baisse et se sont élevées à 0,93 kg par tonne d'acier en 2017 contre 1,26 en 2015. NO _x - Émissions d'oxydes d'azote (kg par tonne d'acier liquide) : 1,29 en 2017 contre 1,33 en 2015.

Source : Auteurs

Pour aller plus loin, les changements réalisés jusqu'à présent inspirent actuellement de nouveaux projets qui continuent de transformer le territoire. Le projet collectif territorial

« autoroute de la chaleur », piloté par Pôlénergie³⁴ avec Euraénergie³⁵, est sans doute le projet le plus ambitieux en termes d'EC sur le territoire. Ce projet d'envergure vise à récupérer la chaleur fatale des sites énergivores du port de Dunkerque pour la distribuer à d'autres entreprises. L'autoroute de la chaleur sera ajoutée en extension du réseau de chauffage urbain déjà présent sur le territoire. Ce projet est le lauréat du prix de l'approvisionnement responsable des Trophées de l'industrie durable 2021. Par ailleurs, Dunkerque accueille aujourd'hui de nouveaux projets comme la Gigafactory pour le développement de cellules de batteries basses carbone par l'entreprise Verkor. Cette entreprise va créer de nombreux emplois sur le territoire, mais on peut mentionner que les activités de R&D ne seront une fois de plus pas localisées à Dunkerque.

4.2. Discussion

Les caractéristiques d'un écosystème d'innovation circulaire mises en évidence par la littérature, à savoir les acteurs, les relations, les ressources et les résultats, se retrouvent sur le territoire industrialo-portuaire de Dunkerque. Le projet d'économie circulaire sur le territoire a pris forme avec l'entreprise ArcelorMittal (ex-Usinor) et est la première synergie développée, la réutilisation de la chaleur fatale pour le réseau de chauffage urbain. Ce projet d'EC s'est structuré avec l'intégration de nouvelles entreprises dans la SI, mais aussi avec une implication de plus en plus active des organismes de régulation pour faciliter le développement de nouvelles synergies et en même temps créer un climat favorable pour attirer de nouvelles entreprises, tandis que les organismes de recherche apportent leur savoir-faire, leur expertise et leurs formations. Tous ces acteurs travaillent et co-évoluent avec l'écosystème. L'adoption d'activités circulaires a également changé la façon dont les entreprises des SI créent de la valeur. En ayant accès à des flux de mutualisation et de substitution et en intégrant des sous-produits dans sa chaîne de création de valeur, les entreprises accueillent de nouvelles possibilités, ce qui a pour effet de réorienter leurs modèles économiques vers un modèle économique plus durable. Ce

³⁴ Créé en 2011 suite à la volonté du Conseil régional du Nord-Pas de Calais et de la Communauté urbaine de Dunkerque, Pôlénergie veut traduire la Transition énergétique en une opportunité économique pour les entreprises et les territoires des Hauts-de-France.

³⁵ Euraénergie accompagne la transformation du territoire dunkerquois dans le cadre du projet " Dunkerque, l'Énergie Créative ", tout en contribuant à la stratégie énergétique grâce à son parc d'innovation.

changement de modèle économique au niveau individuel de chaque entreprise vise à atteindre un objectif commun, centré sur un projet circulaire prenant la forme d'éco-innovations.

Pour le cas du territoire industrialo-portuaire de Dunkerque, tous les ingrédients semblent être réunis pour produire de la valeur. Acteurs (entreprises qui intègrent et adaptent leurs modèles d'affaires, organismes de régulation qui soutiennent et promeuvent, et organismes de recherche qui aident du côté de la recherche), relations intensifiées entre ces acteurs et ressources partagées. Les institutions ont innové leurs gouvernances pour s'adapter à la transition vers l'économie circulaire, ce qui a par la même occasion conduit à la création de nouvelles institutions spécialisées facilitant l'adoption de l'économie circulaire sur le territoire et à l'octroi d'aides financières au niveau national. La création de valeur au sein des entreprises n'est pas aussi présente que pour celle des institutions.

En effet, au sein de la symbiose industrielle, les éco-innovations technologiques restent assez faibles par rapport aux efforts mis en place. On pourrait par exemple penser que la majorité des entreprises innoveraient mais seul 22,7% d'entre eux en sont à ce stade.

En termes de création d'emplois, bien que les entreprises du SI aient créé plusieurs emplois au cours des cinq dernières années, la part des emplois circulaires reste faible (5% des emplois créés au sein du SI). Certains projets d'économie circulaire mis en place à Dunkerque ont été développés en partenariat avec des universités extérieures au territoire, ce qui montre une intégration difficile de la capacité de recherche de l'ULCO, qui est freinée sur les projets qui s'implantent sur son territoire. Il faut également noter que, malgré l'adoption d'activités circulaires et l'intégration d'entreprises dans les SI, la fermeture de certaines entreprises introduit des incertitudes dans les solutions apportées par l'écosystème (comme l'avantage concurrentiel). On note également que les entreprises formant les SI sont généralement des grandes entreprises ; l'absence de start-ups dans l'écosystème pose des questions sur la dynamique d'innovation favorisée par cet écosystème. La gouvernance du territoire, qui vient de passer d'une forme statique à une forme plus dynamique, peine encore à coordonner de manière optimale les efforts des acteurs et les organismes de régulation continuent d'intervenir aux mêmes stades dans le développement des synergies.

Bien que les éco-innovations restent limitées à quelques entreprises pour le cas de Dunkerque avec comme par exemple le ciment « vert » de l'entreprise ECOCEM. Il est constaté que les organismes de régulation ont innové et adapté leurs offres pour s'adapter à la transition vers

l'économie circulaire qui est actuellement en cours à Dunkerque. L'écosystème d'innovation permet aussi la création d'organismes dédiés (dans ce cas pour l'économie circulaire), c'est aussi le cas à Dunkerque qui grâce à Euraénergie se dote d'un nouvel acteur qui centre les efforts du territoire pour l'émergence de l'économie circulaire. D'ailleurs en 2019, Euraénergie et son projet « Dunkerque l'énergie créative³⁶ » sont lauréat de territoire d'innovation³⁷ » et se dote ainsi d'un budget prévisionnel de 288 millions d'euros pour accélérer sa transition vers l'économie circulaire. Cette enveloppe offre plusieurs options aux territoires et notamment celle de faire émerger des éco-innovations.

L'écosystème d'innovation circulaire de Dunkerque, sur la base des actions mises en œuvre et des limites avancées, vient d'entrer dans la phase de développement (selon le Tableau 2-2) et se caractérise principalement par des organisations réglementaires et des institutions de recherche qui prennent un rôle plus actif au sein de l'écosystème. Même si ce rôle actif n'en est qu'à ses débuts, une évolution notable est tout de même observée. Les organismes de régulation, avec la collaboration des autres acteurs, multiplient les canaux de communication pour échanger et partager les connaissances (mise en place de conférences, de groupes de travail entre acteurs, de canaux pour faciliter l'accès aux données, etc.) L'identité de l'écosystème et les relations entre les entreprises sont bien établies (autour des sous-produits des activités sidérurgiques et métallurgiques). Pour continuer à se développer, l'écosystème pourrait commencer par optimiser le rôle de chaque organisme de régulation dans l'écosystème. Cette action pourrait permettre de réorienter les efforts vers les étapes de création de synergies pour lesquelles le soutien n'est pas encore développé. Donner un rôle plus important à l'Université ULCO pour que la co-évolution des acteurs de l'écosystème se fasse de manière plus homogène et équilibrée est également un pas important vers la construction et le fonctionnement efficace de l'écosystème circulaire d'innovation. Dans cette veine, favoriser la création de start-ups (avec le soutien commun des grandes entreprises, de l'université et des acteurs institutionnels), pourrait être un moyen d'augmenter les résultats innovants de l'écosystème.

³⁶ Dunkerque l'énergie créative se focalise sur la transition énergétique et l'écologie industrielle de son territoire <https://www.dk-energie-creative.fr/>

³⁷ « Territoires d'innovation » est une action du Grand plan d'investissement de l'Etat Français, adossée à la troisième vague du Programme d'investissements d'avenir (PIA) qui récompense 24 projets lauréat. <https://www.banquedesterritoires.fr/territoires-dinnovation>

5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous proposons d'étudier les impacts de l'EC dans les territoires industrialo-portuaires. L'EC peut devenir un nouveau modèle économique pour les territoires industrialo-portuaires qui font face aux défis de se conformer aux contraintes environnementales liées à la raréfaction des ressources et à l'augmentation du prix de l'énergie, mais aussi aux changements liés aux réglementations. À partir de la littérature, nous avons fait le lien entre l'EC et l'écosystème d'innovation. Nos résultats montrent que l'EC peut améliorer et renforcer les caractéristiques d'un écosystème d'innovation.

Notre travail a conduit à une définition de l'écosystème d'innovation circulaire comme un écosystème d'innovation alimenté par un projet d'économie circulaire. Il est formé par un ensemble d'entreprises, d'organisations financières, d'institutions, de recherche publiques ou privées et d'organismes de régulation qui établissent des relations de collaboration et partagent des ressources liées au développement de l'EC (infrastructures, savoir-faire et ressources humaines partagés). Les entreprises impliquées dans un tel écosystème transforment et adaptent leur modèle économique pour pouvoir produire des éco-innovations avec les autres acteurs de l'écosystème. Ces éco-innovations peuvent donc prendre la forme d'innovations de produits ou de services, d'innovations de processus, voire d'innovations organisationnelles. Dans ces écosystèmes d'innovation, il y a création de valeur à la fois au niveau micro et méso, orientée vers des activités économiques circulaires.

À partir de la conception de l'écosystème d'innovation circulaire déterminée à partir de la littérature, nous nous sommes intéressés au cas du territoire industrialo-portuaire de Dunkerque et plus précisément de la SI, qui trouve ses origines dans les années 1980 ; notre objectif étant de déterminer si et de quelle manière un projet d'EC pourrait initier un écosystème d'innovation circulaire. Nos résultats montrent que les caractéristiques d'un tel écosystème se retrouvent à Dunkerque. Il existe en effet des acteurs qui travaillent en collaboration et partagent des ressources pour développer des activités circulaires. Néanmoins, nous constatons que les éco-innovations produites au sein de la symbiose industrielle sur le territoire ne se traduisent pas toujours par l'émergence d'éco-innovation. Bien que les acteurs aient les moyens de développer et de réaliser des éco-innovations, le territoire industrialo-portuaire de Dunkerque reste un territoire de mise en œuvre d'éco-innovations qui se développent en dehors de ses frontières. L'université semble prendre un rôle secondaire malgré sa compétence et les formations mises en place. Une étude sur l'optimisation du rôle de chaque acteur institutionnel peut donc être

envisagée pour de futures recherches afin d'approfondir le raisonnement qui explique pourquoi il existe un tel écart entre les efforts et les résultats affichés.

Ce deuxième chapitre nous a permis de montrer que les caractéristiques d'un écosystème d'innovation circulaire sont présentes à Dunkerque. Si les acteurs, les relations et les ressources sont facilement identifiables, les résultats peinent à émerger au sein de la symbiose industrielle avec 22,7% des entreprises qui ont développé des innovations de produits et de procédés. Cependant l'écosystème d'innovation circulaire présent vient de rentrer dans sa phase de développement, les projets sont en phase de mise en place, ce qui pourrait expliquer le faible taux d'éco-innovation. Le fait d'être lauréat de « territoire d'innovation » ouvre plus de possibilités d'éco-innover et plusieurs projets visant à réduire les émissions de CO₂ et à développer l'écologie industrielle commencent à se mettre en place. Bien qu'il y ait eu peu de création d'entreprises durant ces cinq dernières années, l'innovation organisationnelle des organismes de régulation a abouti à la création d'un nouvel organisme dédié à l'économie circulaire et au changement de la gouvernance de ceux existants. Les résultats de l'écosystème d'innovation circulaire de Dunkerque (de la SI) seront sans doute plus visibles quand les projets actuels entreront dans leurs phases d'exploitation.

Notre travail nous a permis de montrer qu'un écosystème d'innovation est en place à Dunkerque, ce qui nous permet de valider notre deuxième proposition (P2). L'écosystème étant encore dans sa phase de développement ne donne pas encore une visibilité claire de la création de valeur des entreprises. Notre troisième proposition (P3) « L'émergence d'un écosystème d'innovation autour de l'économie circulaire se traduit par des résultats économiques, en termes d'émergence d'innovations, création d'entreprises, attractivité) et environnementaux (réduction d'émission) » n'est donc que partiellement vérifié au moment de la collecte des données. Une étude complémentaire dans les années à venir pourrait permettre de la valider complètement, ce qui pourrait aussi permettre de mettre en évidence une chronologie du développement de l'écosystème d'innovation circulaire.

En partant sur ce constat, nous proposons dans le troisième et dernier chapitre de ce travail de thèse d'étudier un deuxième cas d'études pour vérifier notre double relation entre économie circulaire et territoires industrialo-portuaire. Les résultats de ce dernier chapitre pourra permettre par la suite d'ouvrir la possibilité de comparer plusieurs territoires industrialo-portuaires grâce aux caractéristiques de l'écosystème d'innovation circulaire. L'objectif étant

de voir dans quelle phase de transition se trouve chaque territoire et d'en tirer les bonnes pratiques.

Bibliographie

- Aciri, M., Dobričić, S., & Debevec, M. (2021). Régénérer le paysage urbain historique par des actions circulaires ascendantes : Le processus d'ensemencement urbain à Rijeka. *Sustainability*, 13(8), 4497.
- Adner, R. (2006). Faites correspondre votre stratégie d'innovation à votre écosystème d'innovation. *Harvard Business Review*, 84(4), 98.
- Adner, R., & Kapoor, R. (2010). Création de valeur dans les écosystèmes d'innovation : How the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. *Strategic Management Journal*, 31(3), 306-333.
- AGUR. (2019). L'éconographie Flandre-Dunkerque.
- AGUR. (2020). Les chiffres de la population décryptés - Région Flandre-Dunkerque.
- Andriamanantena, A., Veyssière, S., Le, S. T. K., Cottonnec, G., & Laperche, B. (2020). Le Rôle des Ports dans L'Économie Circulaire. Construction d'un Tableau de Bord d'Indicateurs. <https://riifr.univ-littoral.fr/wp-content/uploads/2012/12/doc-312-Le-role-des-ports-dans-leconomie-circulaire.-Construction-dun-tableau-de-bord-dindicateurs.pdf>
- Autio, E., et Thomas, L. (2014). Les écosystèmes d'innovation. *Oxford handbook of innovation management*, 204-288.
- Baas, L. (1998). Production plus propre et écosystèmes industriels, une expérience néerlandaise. *Journal of Cleaner Production*, 6(3-4), 189-197.
- Baas, L. (2000). Développer un écosystème industriel à Rotterdam : apprendre par... quoi ? *Journal of industrial ecology*, 4(2), 4-6.
- Baas, L. W., & Huisingh, D. (2008). Le rôle synergique de l'encastrement et des capacités dans la symbiose industrielle : illustration basée sur 12 ans d'expériences dans le complexe portuaire et industriel de Rotterdam. *Progress in Industrial Ecology, An International Journal*, 5(5-6), 399-421.
- Bahers, J.-B., Tanguy, A., & Pincetl, S. (2020). Relations métaboliques entre villes et arrière-pays : une écologie politico-industrielle du métabolisme énergétique de l'aire métropolitaine et portuaire de Saint-Nazaire (France). *Économie écologique*, 167, 106447.
- Blomsma, F., & Brennan, G. (2017). L'émergence de l'économie circulaire. *Journal of industrial ecology*, 21.
- Boehme, S. E., Panero, M. A., Muñoz, G. R., Powers, C. W., & Valle, S. N. (2009). Collaborative Problem Solving Using an Industrial Ecology Approach : The New York/New

- Jersey Harbor Economy-Wide Substance Flow Case Studies. *Journal of industrial ecology*, 13(5), 811-829.
- Bosman, R., Loorbach, D., Rotmans, J., & Van Raak, R. (2018). Le verrouillage du carbone : Conduire le port fossile de Rotterdam vers la transition. *Sustainability*, 10(7), 2558.
- Boutillier, S., Burmeister, A., Laperche, B., Brogniart, C. M., Uzunidis, D., & Kasmi, F. (2015). *Le territoire entrepreneurial durable. Etude du cas de Dunkerque (Nord-France)*.
- Bruel, A., Kronenberg, J., Troussier, N., & Guillaume, B. (2019). Relier l'écologie industrielle et l'économie écologique : Un fondement théorique et empirique pour l'économie circulaire. *Journal of industrial ecology*, 23(1), 12-21.
- Budoc, R. L. (2017). Le développement des ports ultramarins : quels enjeux environnementaux ? *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, 8(1).
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. (2009). Mode 3 et quadruple hélice : vers un écosystème d'innovation fractal du 21^e siècle. *International journal of technology management*, 46(3-4), 201-234.
- Carpenter, A., Lozano, R., Sammalisto, K., et Astner, L. (2018). Assurer l'avenir d'un port grâce à l'économie circulaire : Expériences du port de Gävle pour contribuer à la durabilité. *Marine pollution bulletin*, 128, 539-547.
- Commission, E. (2020). COMMUNICATION DE LA COMMISSION AU PARLEMENT EUROPÉEN, AU CONSEIL, AU COMITÉ ÉCONOMIQUE ET SOCIAL EUROPÉEN ET AU COMITÉ DES RÉGIONS. Bruxelles
- Dattée, B., Alexy, O., & Autio, E. (2018). Manœuvrer en mauvaise visibilité : comment les entreprises jouent le jeu de l'écosystème lorsque l'incertitude est élevée. *Academy of Management Journal*, 61(2), 466-498.
- Escobal, I., Manuel Baraibar, J., Garcia Mochales, J. L., Gonzalez, J., Arlandi, M., & Bernardo, A. (2021). Travaux de stabilisation de la carrière de Punta Lucero (Port de Bilbao). *INFORMES DE LA CONSTRUCCION*, 73(562).
- Foulquier, E. (2012). Politique(s) de l'espace portuaire. *L'Espace Politique. Revue en ligne de géographie politique et de géopolitique*(16).
- Fondation, E. M. (2015). *Qu'est-ce que l'économie circulaire ?* <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/schools-of-thought>
- Freeman, C. (1982). Technological infrastructure and international competitiveness', projet de document soumis au groupe ad hoc de l'OCDE sur la science, la technologie et la compétitivité. *Mimeo*.
- Freeman, C. (1987). Politique technologique et performance économique : les leçons du Japon. Londres, New York, Frances Printer Publishers.
- Frosch, R. A., & Gallopoulos, N. (1989). Strategies for manufacturing. *Sci. Am.*, 261, 144-152.

- Fusco Girard, L. (2013). Vers un développement durable intelligent des villes/zones portuaires : Le rôle de l'approche " paysage urbain historique ". *Sustainability*, 5(10), 4329-4348.
- Garrido, J., Silva, D., Portela, B., & Lekube, B. (2021). Service intégré orienté vers l'utilisateur pour les environnements d'impression 3D avec des matériaux recyclés provenant de déchets plastiques maritimes. *Applied Sciences*, 11(9), 3787.
- Geldron, A. (2013). Fiche technique-Économie circulaire : Notions, version modifiée Octobre 2014. In : Ademe.
- Gomes, L. A., Facin, A. L. F., Salerno, M. S., & Ikenami, R. K. (2018). Décortiquer la construction de l'écosystème d'innovation : Évolution, lacunes et tendances. *Prévision technologique et changement social*, 136, 30-48.
- Guerrero, M., Urbano, D., Fayolle, A., Klofsten, M. et Mian, S. (2016). Universités entrepreneuriales : modèles émergents dans le nouveau paysage social et économique. *Small Business Economics*, 47(3), 551-563.
- Guillard, V. (2018). D'une économie linéaire à une économie circulaire. *Économie et Management*(168).
- Hannah, D. P., & Eisenhardt, K. M. (2018). Comment les entreprises naviguent dans la coopération et la concurrence dans les écosystèmes naissants. *Strategic Management Journal*, 39(12), 3163-3192.
- Heaton, S., Siegel, D. S., & Teece, D. J. (2019). Universités et écosystèmes d'innovation : une perspective de capacités dynamiques. *Industrial and Corporate Change*, 28(4), 921-939.
- Homrich, A. S., Galvao, G., Abadia, L. G. et Carvalho, M. M. (2018). Le parapluie de l'économie circulaire : Tendances et lacunes sur les voies d'intégration. *Journal of Cleaner Production*, 175, 525-543.
- Jackson, B. (2011). Qu'est-ce qu'un écosystème d'innovation, Washington DC. In.
- Karimpour, R., Ballini, F., & Ölcer, A. I. (2019). Approche de l'économie circulaire pour faciliter la transition des villes portuaires en ports énergétiques autonomes-Une étude de cas dans le port de Copenhague-Malmö (CMP). *WMU Journal of Maritime Affairs*, 18(2), 225-247.
- Kasmi, F. (2020). Symbiose industrielle et développement territorial : La fertilisation croisée des dynamiques de proximité et le rôle des flux d'information et de connaissances. *Journal of the Knowledge Economy*, 1-21.
- Kasmi, F., laperche, B., Brogniart, C. M., & Burmeister, A. (2017). Écologie industrielle, milieu innovateur et gouvernance terri-toriale : Le cas de Dunkerque (Nord- France). *Revue canadienne des sciences régionales*.
- Kasmi, F. d. (2018). Écologie industrielle, milieu éco-innovateur et diversification de l'économie territoriale : le cas du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque Université du Littoral Côte d'Opale]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01998218/document>

- Konietzko, J., Bocken, N., & Hultink, E. (2020). L'innovation dans les écosystèmes circulaires : Un premier ensemble de principes. *Journal of Cleaner Production*, 253, 119942.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). L'économie circulaire : le concept et ses limites. *Économie écologique*, 143, 37-46.
- Lacy, P., Long, J., & Spindler, W. (2020). *Le manuel de l'économie circulaire*. Springer.
- Laperche, B., Fourmentin, S., Llorens, J. M., Hardouin, P., & Abi-Aad, E. (2021). Une approche systémique de la valorisation de la recherche : le cas de l'université du Littoral Côte d'Opale. *Technologie et innovation*, 6. <https://doi.org/10.21494/ISTE.OP.2021>.
- Lopez, F. J. D., Bastein, T., & Tukker, A. (2019). L'innovation des modèles d'affaires pour l'efficacité des ressources, la circularité et la production plus propre : ce que nous disent 143 cas. *Ecological Economics*, 155, 20-35.
- Lundvall, B.-Å. (1985). Product innovation and user-producer interaction. *The Learning Economy and the Economics of Hope*, 19, 19-60.
- Lundvall, B.-Å. (2010). Les systèmes nationaux d'innovation : Toward a theory of innovation and interactive learning (Vol. 2). Anthem press.
- Mat, N. (2015). Dynamiques de transition dans les territoires portuaires : apport de l'écologie industrielle et territoriale aux processus d'adaptation vers une société bas-carbone Saint-Etienne, EMSE].
- Moore, J. (1996). The death of competition : leadership and strategy in the age of business ecosystems. *Revue de livre et commentaire par Herb Rubenstein, Président, Sustainable Business Group*.
- Moore, J. F. (2006). Business ecosystems and the view from the firm. *The antitrust bulletin*, 51(1), 31-75.
- Nalebuff, B. J., Brandenburger, A., & Maulana, A. (1996). *Co-opetition*. HarperCollinsBusiness Londres.
- Nambisan, S., et Baron, R. A. (2013). L'entrepreneuriat dans les écosystèmes d'innovation : Les processus d'autorégulation des entrepreneurs et leurs implications pour le succès des nouvelles entreprises. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 37(5), 1071-1097.
- OCDE. (2018). Manuel d'Oslo.
- Pecqueur, B., & Zimmermann, J.-B. (2004). *Économie de proximités*. Hermès-Lavoisier.
- Philbin, S. P., Jones, D., Brandon, N. P., et Hawkes, A. D. (2014). L'exploration des instituts de recherche : Structures, fonctionnement et typologie. Actes de la conférence PICMET'14 : Centre international de Portland pour la gestion de l'ingénierie et de la technologie ; Intégration des infrastructures et des services,
- Pironi, M. P., McAloone, T. C., & Pigosso, D. C. (2019). L'innovation des modèles d'affaires pour l'économie circulaire et la durabilité : Un examen des approches. *Journal of Cleaner Production*, 215, 198-216.

- Pintossi, N., Ikiz Kaya, D., & Pereira Roders, A. (2021). Évaluation des pratiques de réutilisation adaptative du patrimoine culturel : Multi-scale challenges and solutions in rijeka. *Sustainability*, 13(7), 3603.
- Promotion, D. (2021). Des Fonds pour la Décarbonation de l'industrie et des Territoires. <https://www.dunkerquepromotion.org/2020/12/decarbonation-de-lindustrie-et-des-territoires/>
- Roberts, T., Williams, I., Preston, J., Clarke, N., Odum, M., & O'Gorman, S. (2021). Un cercle vertueux ? Augmenter les bénéfices locaux des ports en adoptant les principes de l'économie circulaire. *Sustainability*, 13(13), 7079.
- Shahrokni, H., Årman, L., Lazarevic, D., Nilsson, A., & Brandt, N. (2015). Mise en œuvre d'un métabolisme urbain intelligent dans le port maritime royal de Stockholm : Smart city SRS. *Journal of industrial ecology*, 19(5), 917-929.
- Shaw, D. R., & Allen, T. (2018). Étude des écosystèmes d'innovation à l'aide de la théorie de l'écologie. *Prévision technologique et changement social*, 136, 88-102.
- Tansley, A. G. (1935). L'usage et l'abus de concepts et de termes relatifs à la végétation. *Ecology*, 16(3), 284-307.
- Torre, A. (2009). Retour sur la notion de proximité géographique. *Géographie, économie, société*, 11(1), 63-75.
- Tsujimoto, M., Kajikawa, Y., Tomita, J. et Matsumoto, Y. (2018). Un examen du concept d'écosystème-Towards coherent ecosystem design. *Prévision technologique et changement social*, 136, 49-58.
- Uzunidis, D. (2010). Innovation et proximité. *La Revue des sciences de gestion*(1), 13-22.
- Uzunidis, D. (2014). Les politiques de l'entrepreneuriat. *L'entrepreneuriat dans les systèmes d'innovation ouverts*.
- Veyssièrè, S., Laperche, B., & Blanquart, C. (2021). Processus de développement territorial basé sur l'économie circulaire : une revue systématique de la littérature. *European Planning Studies*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09654313.2021.1873917>
- Volkmer Martins, B., Faccin, K., Espindula, E., & Balestrin, A. (2019). *COMPRENDRE LES ÉCOSYSTÈMES D'INNOVATION : A BIOMIMETIC APPROACH*.
- Williams, J. (2019). La régénération circulaire d'un port maritime. *Sustainability*, 11(12), 3424.
- WWF, W. W. F. f. N. (2014). Rapport sur la planète vivante 2014 : Espèces et espaces, personnes et lieux Gland.
- Yaghmaie, P., & Vanhaverbeke, W. (2019). Identifier et décrire les constituants des écosystèmes d'innovation : Une revue systématique de la littérature. *EuroMed Journal of Business*.

CHAPITRE 3. PANORAMA DE L'ECONOMIE CIRCULAIRE DANS LES TERRITOIRES INDUSTRIALO-PORTUAIRES : LE CAS DE NORTH SEA PORT.

Aina Ndrianjara ANDRIAMANANTENA

Doctorant, Université du Littoral Côte d'Opale

Céline VIALA

Maître de conférences HDR, Université Sorbonne Paris Nord

**Article soumis à la revue The Bottom line*

Résumé

En tant que portes d'entrée vers les arrière-pays, les territoires industrialo-portuaires sont considérés comme des lieux de concentration et de transformation de flux (marchandises, énergie et matières premières). Dans un contexte de prise en compte de l'urgence climatique par les politiques, ces territoires font face à des contraintes réglementaires qui les obligent à changer leur modèle économique. À cet effet, l'économie circulaire est aujourd'hui présentée comme une alternative en faveur d'un mode de développement plus durable. Toutefois, il reste encore difficile d'avoir une vision d'ensemble des activités d'économie circulaire se développant dans ce type de territoire. Cet article propose alors d'établir un panorama des activités d'économie circulaire pour le cas de North Sea Port, qui est un territoire industrialo-portuaire avec un bon nombre d'activités d'économie circulaire. Nous mettrons également en avant le rôle clé que jouent certaines parties prenantes dans cette transition vers l'économie circulaire.

Mots clés : Economie circulaire, Territoires industrialo-portuaires, North Sea Port, Facilitateurs, Développement durable.

Abstract

As gateways to the hinterland, industrial port territories are seen as places where flows of goods, energy and raw materials are concentrated and transformed. As the state of the environment has been integrated in policies, these territories are faced with constraints that force them to adapt their development according to the new regulation. Today, the circular economy is presented as an alternative for a more sustainable mode of development for industrial port territories. However, it is still difficult to get an overall view of the circular economy activities being developed in this type of territory. This article therefore proposes to establish an overview of circular economy activities for the case of North Sea Port, which is an industrial-port territory with a good number of circular economy activities. We will also highlight the key role played by certain stakeholders in this transition to the circular economy.

Key words: Circular economy, Industrial port territories, North Sea Port, Facilitators, Sustainable development.

1. Introduction

Ce dernier chapitre du travail de thèse propose de reprendre la même démarche mobilisé dans notre premier chapitre et qui prend ses racines dans le programme IMPPEC pour dresser un panorama de l'économie circulaire dans le territoire industrialo-portuaire de North Sea Port. Notre principal objectif dans ce chapitre est de montrer que la transition vers l'économie circulaire n'est pas une démarche isolée au cas de Dunkerque. Ce travail permettra par la suite d'ouvrir le champ à une comparaison (en utilisant les caractéristiques de l'écosystème d'innovation circulaire) avec d'autres ports en commençant avec le cas de Dunkerque.

À travers ses 11 articles qui intègrent la protection de l'environnement³⁸, le huitième « programme d'action pour l'environnement » de l'Union européenne (UE) guide son action en faveur de l'environnement pour la période de 2021-2030. Ce programme peut être résumé

³⁸ Les 11 articles sur la question environnementale de l'union européenne sont retrouvés dans le traité sur le fonctionnement de l'union européenne. Lien : <https://www.touteleurope.eu/environnement/la-politique-europeenne-de-l-environnement-et-du-climat/>

par son objectif de réduction des émissions de GES de 55% par rapport aux niveaux de 1990 d'ici 2030. Il prévoit également une transition vers l'économie circulaire pour la réduction des pressions sur l'environnement et le climat, celles-ci liées à la production et aux modes de consommation dominée par une approche d'économie linéaire (basée sur l'approche : « extraire, fabriquer, consommer, jeter »). En plus de ce programme, l'UE avait adopté le Pacte vert³⁹ ou « Green deal » en 2019 pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. Cet objectif est en vigueur depuis 2021 grâce à la « loi climat⁴⁰ » et rend juridiquement contraignants les objectifs de réduction des GES et de celui de neutralité climatique d'ici 2050.

Face à ces obligations, l'European Sea Ports Organisation⁴¹ (ESPO) met à jour les priorités environnementales des ports européens pour être en adéquation avec les directives environnementales de l'UE. Dans les années 1996, les priorités de la ESPO se résumaient autour du développement des ports et des impacts de leurs activités comme la contamination des sols, les opérations de dragage, les émissions de poussières ou encore le volume du trafic maritime. Dans son dernier rapport de 2022, les priorités de la ESPO ont évolué pour dépasser l'environnement interne des ports pour ainsi avoir une portée plus large (externe), notamment à l'échelle de leurs territoires. Les priorités de l'ESPO intègrent dorénavant à un niveau territorial : la lutte contre le changement climatique, la qualité de l'air et de l'eau, la transition énergétique, la relation du port avec son territoire d'ancrage, l'utilisation des espaces disponibles et enfin le traitement des déchets. Elles ont permis d'inciter les ports européens à prendre davantage des mesures afin de faire face aux externalités négatives de leurs activités sur l'environnement et sur leur territoire. Pour ce faire, la gestion des impacts environnementaux par les ports est devenue de plus en plus collective en impliquant les parties prenantes du territoire telles que les collectivités, les entreprises, les institutions de recherche, entre autres (Puig & Wooldridge, 2022).

³⁹ Le pacte vert est un ensemble de politiques pour la transformation de l'UE pour atteindre la neutralité carbone en 2050

⁴⁰ La loi européenne sur le climat et son ajustement à l'objectif 55 consiste en résumé à réduire les émissions de l'UE de 55% d'ici 2030.

⁴¹ L'ESPO est une organisation européenne née en 1993 et regroupent 92 ports de 20 pays européens dont ceux de France, des Pays-Bas et de la Belgique. Son objectif est de représenter les intérêts communs et promeut les points de vue de ses membres auprès des institutions européennes et des décideurs politiques : <https://www.espo.be/> [Consulté le 08/06/2023]

Parmi les moyens mobilisés par les ports pour réduire les émissions de GES et les déchets produits, l'économie circulaire se présente comme une alternative pérenne associant une meilleure prise en compte de l'environnement tout en permettant un développement économique sur le long terme. L'économie circulaire (EC) implique une transformation profonde de la manière traditionnelle dont les affaires sont menées, ainsi que de la manière dont les ressources sont exploitées. Elle s'oppose au schéma dominant de l'économie « linéaire » qui constitue le fondement théorique du développement économique depuis la première révolution industrielle, basée sur les pratiques « extraire, utiliser, jeter » avec une faible prise en compte de l'environnement (F. Blomsma & G. Brennan, 2017). Ainsi, l'EC permet d'entamer une transformation du modèle de fonctionnement des industries des territoires industrialo-portuaires en diversifiant leurs activités grâce à la réutilisation des déchets (solides, liquides et gazeux) des uns en matières premières des autres, notamment appelés « coproduits » (Andriamanantena et al., 2020; Andriamanantena et al., 2022).

Le plus souvent incité par de nouvelles politiques publiques, ce nouveau modèle économique se traduit par de nouvelles pratiques par les entreprises. C'est le cas de l'écologie industrielle qui est considéré comme l'un des sept piliers de l'économie circulaire selon l'ADEME⁴² et qui a été adopté par des pays pionniers comme l'Allemagne et les Pays-Bas. Inspiré des écosystèmes naturels, l'écologie industrielle comprend un ensemble de pratiques visant à réduire les rejets industriels polluants (Kasmi, 2018). Les pratiques d'écologie industrielle ont permis à des territoires industrialo-portuaires comme le cas emblématique de Kalundborg au Danemark (Domenech & Davies, 2011; Jacobsen, 2006) ou encore de Dunkerque considéré comme le pionnier en France (F. Kasmi, 2018) de diversifier leurs activités et de rendre ce type de territoire plus résilient (Andriamanantena et al., 2020; F. Kasmi, 2018; Kasmi, 2020).

Ainsi, la transition vers l'économie circulaire pourrait permettre aux ports d'Europe d'atteindre les objectifs de l'UE en ce qui concerne la réduction des émissions de GES d'ici 2030 (moins de 55% d'émission) et d'ici 2050 pour une neutralité carbone. Pour Cerceau et al. (2014), Mat et al. (2015) ou encore Langen et Sornn-Friese (2019), l'économie circulaire représente un modèle alternatif pour associer les enjeux du développement durable à la croissance

⁴² L'ADEME ou Agence de la transition écologique est un établissement français public à caractère industriel et commercial (EPIC) sous la tutelle des ministères de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, de la Transition énergétique et de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Il propose une vision de l'économie circulaire autour de sept piliers.

économique des ports. Cependant, bien que des activités d'économie circulaire se développent dans les ports européens, il est difficile d'en avoir une vision panoramique et systémique de l'ensemble des activités développées. De plus, il reste encore difficile d'identifier les rôles des parties prenantes clés dans la mise en place d'une dynamique d'économie circulaire.

Nous proposons donc dans cet article d'établir un panorama des activités d'économie circulaire pour le cas de North Sea Port, qui est un territoire industrialo-portuaire⁴³ avec un bon nombre d'activités d'économie circulaire (Andriamanantena et al., 2023).

Pour ce faire, nous nous basons sur les sept piliers de l'économie circulaire selon l'ADEME qui sont : l'approvisionnement durable, l'écoconception, l'écologie industrielle et territoriale, l'économie de la fonctionnalité, la consommation responsable, l'allongement de la durée d'usage et le recyclage (ADEME, 2014). À partir de ces sept piliers, nous classons les activités d'économie circulaire présentes à North Sea Port.

En adoptant une méthodologie de triangulation des données (Yin, 2013), nous comparons alors les résultats de la littérature avec les entretiens réalisés auprès des principales parties prenantes de North Sea Port. Cela nous permet d'accroître la fiabilité des données concernant les piliers de l'économie circulaire les plus présents à North Sea Port. Nous identifions par la même occasion les parties prenantes dénommées « facilitateurs » de l'économie circulaire, et en particulier les entreprises ayant développé des projets d'économie circulaire.

L'article est divisé en quatre parties. La première partie présente North Sea Port comme un cas pertinent pour analyser le développement des activités d'économie circulaire dans un territoire industrialo-portuaire. La deuxième partie développe notre approche méthodologique, celle-ci qui emprunte une démarche qualitative afin de décrire un phénomène social peu abordé. Ensuite, la troisième partie présente les résultats issus de nos entretiens réalisés avec les acteurs clés. Et pour finir, la quatrième partie concerne la discussion et les conclusions des résultats de notre cas d'étude.

⁴³ Un territoire industrialo-portuaire est un territoire pluriel associant un espace terrestre, mais aussi maritime dans lequel des activités de transformation ont lieu (Mat et al., 2015 ; Mat et al., 2017)

2. La formation de North Sea Port et ses enjeux d'économie circulaire

2.1. Présentation de North Sea Port

Face à une compétitivité accrue entre les ports à l'international et à l'augmentation de la taille des navires pour répondre davantage aux exigences de la mondialisation et aux intensifications des échanges commerciaux, les ports européens ont adopté des stratégies de coopération (Andriamanantena et al., 2023). Cette coopération portuaire, expliquée par Hintjens (2021), peut avoir des effets sur l'économie régionale et locale et se présente suivant trois catégories : réduction des coûts internes et externes⁴⁴ et des coûts indirects. Par ailleurs, le partage des services et de la R&D permettent également de réaliser des économies d'échelles et d'accélérer l'innovation, grâce à l'utilisation groupée des infrastructures et un partage de connaissance plus important (Andriamanantena et al., 2020). Indirectement, la coopération portuaire accroît l'offre des ports en termes de service et d'infrastructures, ce qui améliore leurs compétitivités. Notteboom (2023) constate qu'il s'opère depuis quelques années une transition dans la gestion des ports. En effet, l'on passe d'un mode de management individuel par port à un système de gestion « multiports ». C'est le cas de North Sea Port qui est en effet le résultat de la fusion de trois ports : les ports de Terneuzen et de Vlissingen (Pays-Bas) qui se sont regroupés en 1998 pour devenir Zeeland seaports en 1998 (World Port Source, 2023). En 2018, le Zeeland Seaports a ensuite fusionné avec le port de Gand (Belgique) pour former l'actuel port transfrontalier North Sea Port qui s'étend sur 60km (voir Figure 3-1). North Sea Port est le cinquième port du range nord européen ou *northern range* qui s'étend du Havre à Hambourg sur plus de 1000km. Ce range est considéré comme la deuxième façade maritime dans le monde derrière celle de l'Asie orientale et représente la principale ligne de contacts du monde sur l'Union européenne (ANVERS, 2022).

⁴⁴ Le coût externe est le coût induit par une activité et non pris en charge par ceux qui la génèrent.

Figure 3-1– La localisation de North Sea Port



Source : North Sea Port (2022)

Selon Le Feber (2018), la fusion des ports de Gand et de Zeeland est due à plusieurs facteurs : (1) les facteurs géographiques, traduits par la proximité des ports et le canal partagé par les ports ayant fusionnés ; (2) les facteurs économiques, caractérisés par le capital social ainsi que la profitabilité des entreprises de part et d'autre de la frontière qui entretiennent des relations de coopérations prenant la forme d'approvisionnement et d'externalisation des activités liées à la production (Van Houtoum, 2001) ; (3) les facteurs socioculturels, basés sur un contexte historique marquant⁴⁵ et une langue commune reliée au territoire Flamand (Verhasselt, 1964) ; et (4) les facteurs institutionnels, marqués par la réforme belge de 1989 établissant les conditions qui ont rendu la fusion possible, notamment en donnant une plus grande autonomie et flexibilité de gestion et de décisions aux ports belges.

Déjà dans les années 1990, des chercheurs argumentaient que la coopération entre le port de Gand et de Terneuzen s'intensifierait inévitablement sur le long terme compte tenu des fortes interactions fonctionnelles et de leur proximité spatiale (Colijn & Binnendijk, 1998; Drewe, 1993; van Westen et al., 1996). De plus, les deux pays ont une politique régionale commune en matière d'aménagement du canal Gand-Terneuzen, la voie navigable partagée par les ports de Gand et Zeeland traduit par l'accord du Benelux⁴⁶ de 1986 (Magone, 2003 ; Beyer 2013).

⁴⁵ La frontière de la Belgique avec les Pays-Bas n'a été établie officiellement qu'en 1995. Source : <http://www.espaces-transfrontaliers.org/> consulté le 05 avril 2023.

⁴⁶ L'Union Benelux créé en 1944 est un accord de coopération intergouvernementale dont l'acronyme incorpore le nom des trois pays participants (Belgique, Nederland (Pays-Bas), Luxembourg).

Dans les résultats de leurs études, Andriamanantena et al. (2020) montrent que les territoires industrialo-portuaires sont des terreaux favorables au développement de l'EC de par la richesse de leurs tissus industriels. C'est dans ce contexte que North Sea Port est présenté comme un cas d'étude pertinent et nous proposons d'analyser sa trajectoire industrielle.

2.2.Trajectoire industrielle de North Sea Port

Aux Pays-Bas, environ un cinquième de la surface de la province de Zeeland avait été inondé par l'eau de mer à cause des bombardements aériens lors de la Deuxième Guerre mondiale (Goodlet, 2013). La période d'après-guerre a été ensuite marquée par une reconstruction rapide rendue possible grâce aux efforts du gouvernement avec par exemple la construction du plan delta⁴⁷ dans la province de Zeeland à partir de 1953 pour éviter les inondations. La reconstruction des infrastructures avait alors permis de relancer les activités portuaires. Cependant, la province de Zeeland, qui est la plus agricole et rurale du pays avait perdu plus de 12 600 habitants entre 1950 et 1957 (Fischer, 1980). Vers les années 1957, la congestion des entreprises dans le reste des Pays-Bas et la baisse du nombre de la population ont conduit le gouvernement néerlandais à explorer des localisations « rentables » non exploitées au sein de la province de Zeeland.

Le gouvernement avait alors incité les entreprises à s'y installer en leur proposant des aides financières et des avantages fiscaux (Fischer, 1980). Cette démarche a donné une impulsion à la région qui se verra accueillir dans les années qui suivent de grands industriels comme DOW Chemical⁴⁸ en 1963 dont les installations couvraient une surface de 320 hectares, et produisaient du styrène et du polystyrène⁴⁹ dès 1964 (Hertog & Lentacker, 1967). En 2022, l'entreprise s'est développée pour produire de l'éthylène, du benzène, et d'autres éléments utilisés dans la fabrication de produits chimiques et occupe maintenant environ 440 hectares, ce qui en fait le deuxième plus grand site de production de l'entreprise dans le monde. L'intensification des activités industrielles a ensuite conduit à l'élargissement du futur canal

⁴⁷ Le plus grand barrage anti-tempête au monde, dont la partie la plus longue fait 3 km.

⁴⁸ DOW Chemical est le deuxième fabricant de produits chimiques dans le monde : source : <https://nl.dow.com/nl-nl/locations/terneuzen.html> [Consulté le 07 avril 2023]

⁴⁹ Utilisées dans la production de matières plastiques

maritime de Zeeland Seaports (Zeeland, 2017) et de nouvelles écluses ont été construites pour accueillir de plus grands navires fluviaux et océaniques.

Du côté du port de Terneuzen, il avait été formé en 1970 et continue d'accueillir progressivement des entreprises de manutention de marchandises en vrac (comme les céréales et la farine) et des entreprises chimiques. Dans la partie de Vlissingen du port, l'implantation de nombreuses entreprises spécialisées dans le RoRo⁵⁰, les produits forestiers (plus grand port d'Europe pour le stockage et la manipulation des produits forestiers) et la nourriture va conduire à la constitution du port de Vlissingen en 1971.

Le succès des deux autorités portuaires (Lacoste & Bouchet, 2012) va mener le gouvernement néerlandais en 1994, à ne plus intervenir dans la gouvernance et à fusionner les deux ports. Cette fusion sera formalisée en 1998 et le port unifié sera dénommé Zeeland Seaports. Cette fusion permet au port nouvellement créé de combiner leurs opérations sous une seule autorité portuaire (Zeeland, 2017). D'après le rapport de Zeeland Seaport de 2017-2018, les entreprises du territoire sont regroupées en clusters⁵¹ répartis suivant cinq secteurs : la nourriture, les engrais, les énergies (comme le gaz offshore et l'éolienne), les vracs liquides (produits chimiques) et les marchandises diverses (allant des voitures aux produits en sacs ou en caisse).

Du côté de la Belgique, le port de Gand, qui possède une industrie textile de plus de 1 500 usines à la fin du 19^e siècle (Ville de Gand, 2023), a connu une baisse de l'emploi dans ce secteur après la Deuxième Guerre mondiale (Charlier, 1953). Cette tendance a été essentiellement due à la diversification de l'industrie initiée par le gouvernement belge dans les années 1950. La part de l'industrie du textile et de la confection est passée de 10,8% en 1954 à 8,4% en 1973 du PIB au profit de l'industrie lourde et des emplois du secteur tertiaire (Vandermotten, 2017). Le gouvernement avait alors investi ensuite dans les infrastructures portuaires et routières et accorde des avantages fiscaux pour diversifier son tissu industriel (Luyten & Govaert, 2010).

⁵⁰ Le RoRo ou Roll-on / roll-off ou « entrer en roulant/sortir en roulant » est le terme qui désigne les navires rouliers spécialisé pour le transport de voitures et d'autres véhicules montant à bord grâce à une ou plusieurs rampes d'accès. Cela permet de réduire considérablement les transferts de marchandises grâce à un transport plus simple et plus sécurisé.

⁵¹ Le cluster peut être défini comme « des regroupements d'entreprises liées entre eux par les compétences, la technologie, l'offre, la demande et/ou d'autres liens, et qui sont colocalisés dans le même territoire » (Delgado et al., 2016, p. 2).

À partir des années 1960, de nouvelles entreprises ont commencé à s'installer sur le territoire belge. Les investissements ne se limitaient pas seulement à proximité du port, mais concernaient également le développement des parcs industriels avoisinants (Ryckewaert & Jocelyne, 2011; Zhang et al., 2021). Parmi les nouvelles entreprises, l'aciérie SIDMAR du groupe luxembourgeois ARBED (qui sera racheté en 2002 par Arcelor Mittal) s'implante en 1962 le long du canal au nord de Gand. En 1964, l'implantation de l'usine de voitures et de camions Volvo, la construction de plusieurs centrales électriques et de quelques entreprises chimiques, l'extension d'une papeterie existante (l'actuelle Stora Enso) vont ainsi marquer la continuité de l'industrialisation du territoire portuaire dans la partie belge (Boussauw, 2014).

La trajectoire industrielle de North Sea Port est marquée par la succession de guerres mondiales qui laisse ensuite place à une période de développement rapide et d'industrialisation qui constitue le fondement de son tissu industriel actuel. Les entreprises présentes dans le territoire industrialo-portuaire de North Sea Port sont pour la plupart issues de l'industrie lourde construite à une période où les préoccupations environnementales n'étaient pas encore les mêmes qu'aujourd'hui. Très polluantes en termes d'émissions de GES ou de production de CO₂, ces entreprises doivent aujourd'hui adapter leurs processus pour se conformer aux nouvelles réglementations environnementales et s'orienter vers l'économie circulaire.

2.3. North Sea Port, une fusion réussie

L'étude de Lagasse⁵² et Schalck⁵³ (2023) permet de constater North Sea Port est une fusion réussie de Zeeland Seaports et du Ports de Gand. En effet, l'industrialisation du port, ainsi que les volumes des marchandises qui y circulent ne cessent d'augmenter, et impliquent une augmentation du trafic maritime. On peut observer entre 2021 et 2022 : les transbordements de fret maritime qui ont enregistré une hausse de 7% ; les importations ont augmenté de 6 % tandis que les exportations de 9% ; les vracs solides qui représentent 54% des flux du port ont connu une augmentation de 10% ; et les vracs liquides qui représentent 24% des flux du port ont connu aussi une augmentation de 5% par rapport.

⁵² Jan Lagasse était le CEO de Zeeland Sea ports de 2014 à 2017 puis ancien CEO de NSP de 2018 à 2020

⁵³ Daan Schalck est l'ancien directeur général du port de Gand de 2009 à 2018 et actuel CEO de NSP depuis 2018.

Ces quelques chiffres représentent en valeur ajoutée 12,6 milliards d'euros contre une projection initiale de 12 milliards. Pour Lagasse et Schalck (2023), cette performance est due à la mise en commun de services d'infrastructures qui a permis au port de baisser certains de ses tarifs portuaires, et dans certains cas les maintenir indépendamment de l'inflation, ce qui réduit les coûts (coût de manutention, taxe portuaire etc.) pour ses clients. On constate par exemple que NSP mise sur les nouvelles technologies (surtout les IoT ou internet of Things) pour optimiser la circulation des navires et des flux de marchandises. Parmi ces outils, la plateforme commune Enigma+⁵⁴ permet d'améliorer les synergies entre les entreprises et sa chaîne logistique.

Nous soulignons également que les infrastructures ont évolué et les flux qui transitent par le port de Gand peuvent désormais être transportés vers l'Europe à partir des corridors maritimes⁵⁵ néerlandais qui sont directement reliés au réseau européen RTE-T⁵⁶ sans coût additionnel. Tandis que les flux qui arrivent par le port de Zeeland peuvent emprunter le corridor sud appelé « Seine-Nord Connection » qui relie NSP à Paris par exemple.

Ainsi, l'industrialisation de North Sea Port a engendré une intensification du trafic maritime du port en termes d'importation de matières premières et d'exportation de produits finis. En revanche, le développement rapide du tissu industriel qui avait commencé à la fin de la Deuxième Guerre mondiale n'a que très peu pris en compte l'aspect environnemental à cause du manque de réglementation. La prise en compte des externalités négatives des activités économiques va cependant faire évoluer cette réglementation avec par exemple la loi climat au niveau européen, en particulier avec le code de l'environnement⁵⁷ pour la Belgique et le « Environmental Management Act » ou EMA⁵⁸ pour les Pays-Bas. Ces nouvelles contraintes

⁵⁴ Il s'agit d'un logiciel incluant les données du port comme les docks disponibles, ou la circulation des navires en temps réelle qui pour la plupart des ports est strictement confidentiel : <https://en.northseaport.com/enigma-en> [Consulté le 12 avril 2023]

⁵⁵ Le corridor maritime est un espace géographique qui relie les régions entre elles grâce à des liaisons interconnectées terrestres et maritimes plurimodales.

⁵⁶ Le RTE-T ou réseau transeuropéen de transport est un programme de développement des infrastructures du secteur dans l'union européenne, elle facilite la connexion entre les réseaux ferroviaires, fluviaux et routières avec les ports et les aéroports.

⁵⁷ Le code de l'environnement regroupe l'ensemble des dispositions législatives et réglementaires en matière d'environnement. En Belgique ce code est constitué de deux livres : les dispositions générales et communes et le code de l'eau).

⁵⁸ L'EMA comprend les réglementations d'application générale relatif à l'environnement, tels que la pollution de l'air, les nuisances sonores, les droits d'émission et la gestion des déchets, ainsi qu'un cadre plus procédural en ce qui concerne la délivrance de permis et/ou d'autres consentements de droit public. En outre, l'EMA sert de base statutaire à de nombreux décrets et règlements environnementaux de moindre importance, notamment le décret

réglementaires vont inciter le territoire industrialo-portuaire de North Sea Port à réorienter son développement vers un modèle plus durable à travers le développement d'une dynamique d'économie circulaire.

En effet, l'étude de Le Feber (2018) avait permis d'observer que l'économie circulaire facilite les relations de collaboration entre les acteurs de North Sea Port. Les projets communs d'économie circulaire avaient pu offrir de nouvelles opportunités de réutilisation des flux de déchets en abondance dans ce type de territoire pour créer de la valeur sous forme d'innovation de produits et de services, organisationnelle ou encore commerciale. D'ailleurs, cela aura pour effet de maintenir le développement économique et d'augmenter la résilience du territoire tout en s'alignant avec les nouvelles réglementations environnementales.

A North Sea Port, les piliers de l'économie circulaire selon l'ADEME qui sont les plus présents sont l'écologie industrielle et le recyclage. La notion d'écologie industrielle trouve ses origines dans les travaux de Frosch et Gallopoulos (1989) qui la voit comme « *l'engagement d'industries traditionnellement séparées dans une approche collective de l'avantage concurrentiel impliquant des échanges physiques de matériaux, d'énergie, d'eau et/ou de produits dérivés* » (*ibid*, 1989, p.106, traduit par les auteurs). En l'espace d'une trentaine d'années, le concept d'écologie industrielle a évolué (Chertow, 2000; Erkman, 2004). Il d'abord évolué pour intégrer des disciplines diverses comme les sciences de l'ingénieur (Schulze, 1996) ou encore les sciences économiques et sociales (Baas & Boons, 2004), pour ensuite être incorporé dans le concept parapluie d'économie circulaire (ADEME, 2014). Une compréhension plus contemporaine de l'écologie industrielle renvoie à l'étude des interactions et des relations entre les acteurs des écosystèmes industriels qui tentent d'induire un équilibre entre les processus industriels et leurs externalités négatives (El-Haggar, 2007; Kapur & Graedel, 2004; Mat et al., 2015; Mitra et al., 2023).

Dans le cadre de l'écologie industrielle, la symbiose industrielle met alors l'accent sur les stratégies interentreprises (Diemer, 2016). Elle est utilisée pour décrire les relations de collaboration entre plusieurs entreprises qui aboutissent à l'échange de ressources comme la réutilisation des coproduits, le partage des infrastructures et la mise en commun des services.

sur les activités (gestion de l'environnement), le décret sur la protection de l'environnement et le décret sur la protection de l'environnement.

Son application peut ainsi être à l'échelle de quelques entreprises au niveau territorial (Chertow, 2000). De ce fait, la symbiose industrielle peut donc être comprise comme la mise en pratique de l'écologie industrielle (Kasmi, 2018).

Dans cette étude, nous nous intéressons à la valorisation des déchets par les entreprises du territoire. La différence avec la symbiose industrielle réside dans le fait que l'entreprise de recyclage fonctionne sans échanger de flux de déchets (coproduits) avec d'autres entreprises. La fusion du port qui centralise la gouvernance implique aussi un changement dans les relations de collaboration entre les entreprises de ce territoire industrialo-portuaire.

3. Méthodologie

Dans l'objectif de réaliser un panorama systémique des activités d'économie circulaire dans un territoire industrialo-portuaire, nous avons opté pour une démarche qualitative. Elle permet au chercheur de décrire et d'analyser un phénomène social, voire à suivre son évolution (Livian, 2015). Elle permet alors d'aboutir à des résultats en termes de conceptualisation ou représentation d'un phénomène social. Cependant, nous avons exposé le manque de la littérature académique en ce qui concerne la cartographie des activités et des parties prenantes facilitant une dynamique d'économie circulaire au sein d'un territoire industrialo-portuaire. C'est pourquoi nous nous appuyons en particulier sur la méthode d'étude des cas qui permet d'analyser un phénomène complexe, ou n'ayant pas encore été suffisamment décrit (Yin, 2009).

La méthode d'étude des cas suit un processus systématique pour la collecte et l'analyse des données, et la production des résultats. Ce faisant, elle est adaptée pour une recherche approfondie sur un petit nombre (Yin, 2013). Dans notre étude, nous avons sélectionné le cas de North Sea Port à partir d'un benchmark sur les activités d'économie circulaire sur les 10 premiers ports de range nord européen (Andriamanantena, 2023). Les résultats de ce benchmark justifient le choix de North Sea Port comme un territoire industrialo-portuaire avec un bon nombre d'activités d'économie circulaire.

La collecte de données pour notre recherche a été faite par « triangulation des données » (Yin, 2013). Cette approche permet au chercheur d'avoir un maximum de matériaux pour l'étude d'un phénomène relativement peu étudié. De ce fait, nous avons procédé à une collecte de données en deux grandes étapes.

Dans la première étape, nous avons mobilisé les références académiques associant les territoires industrialo-portuaires avec l'économie circulaire. Cela nous a permis d'identifier les principales activités d'économie circulaire dans les ports, d'une part ; et de définir les principales catégories des parties prenantes clés facilitant le développement de l'économie circulaire dans les ports. En l'absence de corpus académique traitant du cas de North Sea Port, nous avons mobilisé la littérature grise disponible (rapports d'activités, archives du port, site internet, magazines, et autres). La triangulation de toutes ses données nous a permis d'établir un panorama des activités d'économie circulaire dans le port, ce qui a facilité l'identification des parties prenantes impliquées.

Dans la deuxième étape, nous avons opté pour une collecte de données par entretien semi-directif. Cette technique d'entretien est structurée par un guide d'entretien qui permet au chercheur de collecter un maximum de données liées à des thématiques bien définies (Demers, 2003). Les thématiques du guide d'entretien ont été définies à partir des éléments de la littérature obtenus lors de la première étape de collecte de données. Par ailleurs, nous avons élaboré différents guides d'entretien relatifs à la catégorie des parties prenantes impliquées dans les projets d'économie circulaire. Comme résultats, nous avons réalisé six entretiens semi-directifs sur la liste des principales parties prenantes établie (voir Andriamanantena, 2023), à savoir : l'entreprise ArcelorMittal Gent en tant que plus gros émetteur de CO₂ du territoire ; le Bio Base Europe Pilot Plant en tant qu'unité de production unique d'innovation ; la plateforme CAPTURE qui regroupe des institutions de recherche comme l'université de Gand ; la province des Flandres en tant que territoire d'ancrage de NSP dans la partie Belge ; et pour finir, l'agence de développement POM de la région des Flandres.

Tableau 3-1. Entretiens North Sea Port

Nom de l'entité interviewé	Date de l'entretien	Durée (en minute)
CAPTURE	28/07/2022	60
Province Flandre-Orientale et Agence de développement POMOV	12/09/2022	120
North Sea Port	07/10/2022	30
	20/12/2022	90
Bio base pilot plant	10/01/2023	90
ArcelorMittal Gent	27/04/2023	90

Source : Auteurs

Le

Tableau 3-1 retrace l'ensemble des entretiens passés que nous avons réalisés entre le 28 juillet 2022 au 10 janvier 2023. À partir de ces entretiens, nous avons pu élaborer une liste de 33 entreprises ayant développé au moins un projet d'économie circulaire à North Sea Port. Parmi ces entreprises identifiées, nous avons pu identifier 19 entreprises spécialisées dans le recyclage, tandis que le reste opère dans des projets d'écologie industrielle.

Pour l'analyse des résultats d'entretiens, nous avons procédé à une analyse de contenu suivant les types d'acteurs concernés et leurs rôles dans l'économie circulaire à North Sea Port. Cela nous permet de faire ressortir les caractéristiques des activités d'économie circulaire dans le territoire industrialo-portuaire de North Sea Port en mettant en avant les mutations, les relations de collaboration des parties prenantes, et les résultats en termes de création de valeur dans une optique de réduction des impacts environnementaux.

4. L'économie circulaire pour transformer North Sea Port

4.1. Les facilitateurs de l'économie circulaire à North Sea Port

Dans la mise en œuvre et la promotion des projets d'économie circulaire, certaines parties prenantes jouent un rôle central. Dénommés « facilitateurs » par les institutions interrogées, ce terme se retrouve également sur les sites institutionnels des parties prenantes identifiées ainsi que dans certaines publications académiques. Ces facilitateurs peuvent être divisés en cinq catégories : le port, les institutions de recherche, les institutions gouvernementales, les clusters et une unité pilote de production. Ensemble, ils permettent à North Sea Port de mener sa transition vers l'économie circulaire.

4.1.1. Le port

Le port voit l'économie circulaire comme « *un axe prioritaire et nécessaire pour rester compétitif et pour apporter de la valeur ajoutée pour le territoire, ce qui inclue la création d'emplois ou encore la réutilisation des coproduits* » (Traduit de l'entretien avec North Sea Port – 07/10/2022). Le port est un facilitateur de l'économie circulaire dans son territoire qui se « *place comme une passerelle entre deux pays et deux gouvernements différents qui ont chacun une vision différente de l'économie circulaire qui devrait être développée et réalisée (...) Ainsi, en Belgique, vous avez le gouvernement fédéral, puis le gouvernement flamand, puis la province.*

Et vous avez les municipalités, parfois les grandes villes qui peuvent être mises au même niveau que la province, ce qui signifie que tout le financement ou le financement régional de base incluant l'économie circulaire ne provient pas que de la province. Ensuite vous avez le gouvernement néerlandais, la province et les agences de développement pour les Pays-Bas.» (Traduction de l'entretien avec POMOV et la Province East Flanders – 12/09/2022).

Dans son plan stratégique appelé « Connect 2025 », North Sea Port place la collaboration comme un facteur déterminant dans la réussite de sa transition vers l'économie circulaire. Le port se place comme acteur central au sein des facilitateurs. *« nous rassemblons les acteurs qui ont les mêmes ambitions à travers les projets que nous développons et notre principal objectif est d'élargir notre écosystème aux entreprises déjà investies mais aussi celles qui pourrait rejoindre notre écosystème »* (Traduit de l'entretien avec North Sea Port – 20/12/2022).

En tant que gestionnaire de son espace portuaire, North Sea Port a la responsabilité d'attribuer les terrains portuaires disponibles et de choisir les activités qui vont s'y développer. Sur plus d'un millier d'hectares disponibles lors de sa fusion en 2018, seuls 241 hectares de terrain sont aujourd'hui utilisés par des entreprises (North Sea Port, 2023), ce qui laisse une superficie conséquente pour accueillir de nouveaux projets. D'ici 2025, le port en partenariat avec l'entreprise ArcelorMittal Gent prévoit de mettre en place le projet North-C Circular qui consiste à transformer 150 ha de terrain prêt à bâtir ou « plug-and-play » (doté de toutes les infrastructures nécessaires comme le réseau de pipelines, un raccordement aux sources d'énergie et aux routes etc. pour un investissement de 50 millions d'euro du port). North-C Circular a pour objectif d'accueillir au moins 10 nouveaux projets d'économie circulaire. Dès sa phase de lancement en 2025, le port estime que plus de 3 millions de tonnes de CO₂ pourront commencer à être stocké et réutiliser par les entreprises locales (Carbon capture and storage ou CCS et carbon capture and utilisation ou CCU⁵⁹) (North Sea Port, 2023).

4.1.2. Les institutions de recherche

La première institution de recherche à Gand est son université qui a été fondée en 1816 et qui dispose d'un centre pour le développement durable appelé « Centrum voor Duurzame

⁵⁹ Dans son rapport de 2018 sur les nouvelles technologies de captage et d'utilisation du carbone, la Commission européenne définit le CCU comme le captage du CO₂ anthropique et son utilisation ultérieure dans un processus de synthèse, transformant le CO₂ en produits de haute valeur commerciale.

Ontwikkeling ». Ce centre développe actuellement 9 projets⁶⁰ qui touchent la production d'énergie verte comme l'énergie solaire et de son stockage, la réutilisation des eaux industrielles, le recyclage des déchets plastiques et chimiques. L'université propose aussi un master international appelé « Science in Sustainable and Innovative Natural Resource Management » ou SINReM qui forme les étudiants à développer des solutions durables pour l'ensemble de la chaîne logistique des matières premières incluant la récupération des ressources (énergie, déchets liquide, solide et gazeux). L'université dispose aussi d'un programme doctoral appelé SuPER-W (inclus dans les 9 projets susmentionnés) pour développer des technologies innovantes autour de la production de produits et de la récupération de l'énergie et des ressources à partir des eaux usées. L'université, en plus de sa fonction de facilitateur de l'économie circulaire, endosse aussi le rôle de formateur pour les futurs professionnels.

En plus de ce centre de recherche, des chercheurs de l'université de Gand ont créé le consortium R2T ou « Resource Recovery Technology » pour accélérer la R&D sur la valorisation des ressources (essentiellement de l'eau). Dans ce consortium « *les entreprises peuvent venir voir, consulter et interagir avec des professeurs de l'université sur la base d'une cotisation* » (Traduction de l'entretien avec CAPTURE – 28/07/2022)

Les entreprises, grâce à une adhésion au consortium, peuvent plus facilement contacter les chercheurs pour leurs projets. En 2015, R2T devient la plateforme CAPTURE et s'est développé pour intégrer d'autres thématiques comme le CO₂ en tant que coproduit, l'utilisation de l'eau et du plastique. D'autres partenaires vont alors rejoindre CAPTURE : en 2019, l'université d'Anvers, et le laboratoire VITO et l'université de Brussel en 2020. « *Cette fusion a également incité la ville et les autorités locales à mettre en place un financement à long terme, ce qui a permis de rassembler tous les fonds et d'obtenir une enveloppe plus importante, ce qui a permis de faire un peu plus de choses* » (Traduction de l'entretien – CAPTURE – 28/07/2022)

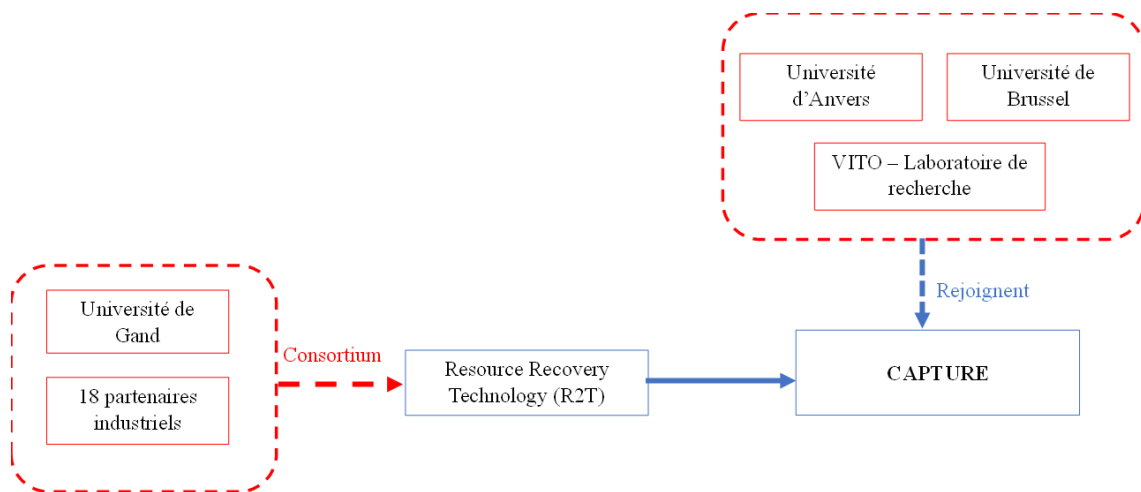
La seconde institution de recherche à North Sea Port est donc le laboratoire indépendant VITO (ou Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek en Hollandais) créé en 1991. VITO travaille sur la transformation des processus, les énergies renouvelables, et l'utilisation durable des ressources (De Geest et al., 2023; Leon-Fernandez et al., 2023; Wack et al., 2023). CAPTURE, fort de ses 300 chercheurs membres, travail avec plus de 100 entreprises

⁶⁰ Les 9 projets sont détaillés dans le lien suivant : <https://www.cdo.ugent.be/page/politics-circular-economy>

(CAPTURE, 2023). Parmi les activités de la plateforme, il y a par exemple le développement de nouvelles technologies de sorption⁶¹, de séparation, d'utilisation ou encore de bouclage chimique du CO₂ et ce, testées jusqu'à l'échelle d'une usine pour accélérer l'introduction de l'innovation sur le marché, le traitement des eaux pour séparer les métaux et les matières organiques en suspension, le recyclage du plastique et sa réutilisation comme emballage de nourriture par exemple.

Les mutations des formes de collaboration des institutions de recherche à North Sea Port peuvent être résumées dans la figure suivante.

Figure 3-2– La transformation de CAPTURE



Source : Auteurs

CAPTURE travaille avec par exemple le port et la province de Flandre orientale dans la réalisation de ses activités.

4.1.3. Les institutions gouvernementales

Les principales institutions gouvernementales facilitateurs de l'économie circulaire sont au nombre de trois à North Sea Port : la province de Flandre Orientale ou Oost-Vlaanderen (en Hollandais) et son agence de développement POM Oost-Vlaanderen⁶² ou POMOV (Agence provinciale de développement de la Flandre orientale ou Provinciale

⁶¹ La sorption est le processus par lequel une substance est absorbée sur ou dans une autre substance.

⁶² <https://pomov.be/>

Ontwikkelingsmaatschappij Oost-Vlaanderen en Hollandais) dans la partie belge et Impuls Zeeland qui est l'agence de développement régional néerlandaise pour la province de Zeeland.

Dans la partie belge, la province de Flandre-Orientale s'occupe de la partie financière des projets d'économie circulaire, tandis que son agence de développement POMOV qui est « *une agence externe de la province, avec sa propre structure de gouvernance, mais financés dans notre travail structurel par la province* » (Traduction de l'entretien POMOV – 12/09/2022). L'agence est davantage axée sur la réalisation des projets : « *Nous sommes également un cofondateur important des études sur l'économie circulaire lancées par North Sea Port. Ainsi, nous contribuons à la gouvernance* » (Traduction de l'entretien avec POMOV – 12/09/2022).

Parmi les projets de POMOV, le projet STEPS ou « Storage of Energy and Power Systems » en collaboration avec Interreg North-West Europe⁶³ a un budget total de 5,06 millions d'euros (dont 3,04 millions financé par l'UE). Son objectif est d'offrir des solutions de stockage pour les énergies renouvelables (comme le solaire) produites dans le port pour les petites et moyennes entreprises (PMEs). Un autre exemple est le projet SEL ou « Smart Energy Link » qui a été complété en 2022. Ce projet d'un investissement de 5,4 millions d'euros est en partenariat avec Interreg North-West Europe dans lequel POM agit comme le coordinateur de projet. En pratique, le projet consiste à trouver des solutions pour faciliter les échanges de chaleur et voir comment l'électricité peut être stockée localement.

Du côté Néerlandais, l'agence de développement (ROMs ou Regional Development Agencies) « Impuls Zeeland⁶⁴ » appuie le développement de projets dans la province de Zeeland incluant les projets d'économie circulaire. L'agence appuie les entrepreneurs grâce à des financements (les porteurs de projets peuvent être financés de 15 000 euros à 2 500 000 euros grâce aux fonds gérés par l'agence : Innogo!, Zeeuws Participatiefonds, Fonds Verbljfsrecreatie et Zeeuws InvesteringsFonds) et des conseils (juridiques et fiscales, sélection de l'emplacement de la future entreprise, mise en contact avec les entreprises et institutions du territoire) dans le développement des projets innovants d'économie circulaire et de produits biosourcés. Un exemple de projet mené à bien grâce à Impuls Zeeland est la mise en place de l'entreprise

⁶³ Interreg Europe du Nord-Ouest (NWE) est un programme de coopération territoriale européenne qui vise à soutenir un développement et rendre les territoires plus résilients face aux changements, le programme se focalise surtout sur l'environnement, les populations et les inégalités territoriales. Lien : <https://www.nweurope.eu/>

⁶⁴ [Impuls Zeeland](#)

Kingfish Zeeland qui est financée en partie par Innogo!. L'entreprise qui fait de la pisciculture durable traite l'eau de mer pour préserver les sources d'eau douce. Les eaux usées sont par la suite traitées, ce qui supprime les impacts de l'élevage sur l'environnement. Ainsi, ensemble, ces institutions sont membres des clusters œuvrant dans la transition vers l'économie.

4.1.4. Les clusters

D'après nos entretiens, « *Ni la province ni le gouvernement n'initient des clusters, c'est par une logique Bottom up que nous constatons que certains développements sont en cours et que certaines entreprises sont en activité.* » (Traduction de l'entretien POMOV – 12/09/2022). Bien que la frontière existe toujours entre les deux pays en termes de gouvernance de l'économie circulaire, les interconnexions entre les projets et les institutions permettent de briser petit à petit ces frontières. « *Il existe une coopération entre les entreprises des deux côtés, notamment entre celles du côté néerlandais et celles du côté flamand. Travaillent-elles en étroite collaboration ? Oui, très certainement. Vous voyez donc qu'il y a beaucoup d'interconnexions en cours sous forme de projets. Il y a une frontière, mais nous essayons de l'éliminer.* » (Traduction de l'entretien avec la Province East Flanders – 12/09/2022).

Dans la transition de North Sea Port vers l'économie circulaire, quatre clusters ont été identifiés :

Smart Delta Resources ou SDR est un cluster regroupant 44 entreprises dont la plupart sont les pionniers de l'industrialisation de North Sea Port présent depuis les années 1960 comme ArcelorMittal Gent et Dow, Volvo et Stora Enzo et des institutions comme North Sea Port, Impuls Zeeland, CAPTURE, la province de Flandre orientale et POM. Le cluster a pour objectif de créer des collaborations entre les parties prenantes du port pour développer des symbioses industrielles, l'un des résultats concrets de ce cluster est d'ailleurs le Zeeland industrial symbiosis que nous présentons dans la suite de l'article.

Le North CCU Hub est initié en 2018 pour développer le captage et l'utilisation du carbone contenant dans le CO₂ à Gand et Terneuzen. Le cluster dont les principaux partenaires sont le port, la province, POM, CAPTURE, bio base Europe pilot plant et ArcelorMittal Gent, Cargill a permis de faire des avancées technologiques dans la réutilisation du CO₂ en matériaux de construction, pour le chauffage des serres de cultures et pour la fabrication de produits chimiques et de biocarburants (Doranova et al., 2020).

Cleantech cluster of Ghent est initié en 2016 et compte plus de 150 entreprises à Gand et des institutions comme le port, CAPTURE, POM et la province des Flandres. Son objectif est de stimuler les collaborations entre les développeurs de technologies propres ou « cleantech⁶⁵ » et les entreprises dans les domaines de l'énergie, des matériaux, de l'eau et de la mobilité. L'un des résultats de ce cluster est la mise en place du cluster North CCU Hub.

SIM (Strategic Initiative Materials) Flanders est une organisation à but non lucratif qui travaille pour renforcer la compétitivité de l'industrie des matériaux en Flandre. Le fonctionnement du cluster diffère quelque peu des autres clusters de North Sea Port, car l'adhésion des entreprises se fait par projet. Ainsi les entreprises sont libres de joindre le ou les projets qui les intéressent. Chacun de ces clusters se focalise sur des aspects particuliers de la transition vers l'économie circulaire. Ce qui les rend complémentaires dans leurs rôles sur le territoire.

4.1.5. L'unité pilote de production

L'une des particularités de North Sea Port par rapport aux territoires industrialo-portuaires en Europe est la présence d'une unité pilote qui facilite la création de valeur (innovation) appelée Bio Base Europe Pilot Plant ou BBEP qui est une organisation indépendante. Cette unité est le résultat des efforts conjoints des facilitateurs à North Sea Port et récupère les activités de Flanders Biobased Valley qui est une organisation non gouvernementale dont le centre d'intérêt est le développement d'activités biosourcées ayant cessé d'exister. Il est à noter que ce centre de recherche a cessé d'exister en tant qu'entité et que ses activités ont été intégrées à l'unité pilote. Créé en 2008, c'est une unité accessible aux entreprises de North Sea Port et même aux entreprises à l'international. C'est une installation indépendante à la pointe de la technologie qui fonctionne comme un prestataire de services pour le développement de procédés, la mise à l'échelle et la fabrication à façon de produits et procédés biosourcés. L'unité pilote propose « deux types de collaborations, la première est une relation de type bilatéral entre l'unité de production et des entreprises et la seconde est son implication dans les projets publics financés par la région ou l'union européenne » (Traduction de l'entretien avec Bio Based Europe Pilot Plant – 10/01/2023).

⁶⁵ Cleantech se réfère aux nouvelles technologies dites propres et les modèles commerciaux qui offrent des rendements compétitifs aux investisseurs et aux clients tout en apportant des solutions aux défis environnementaux.

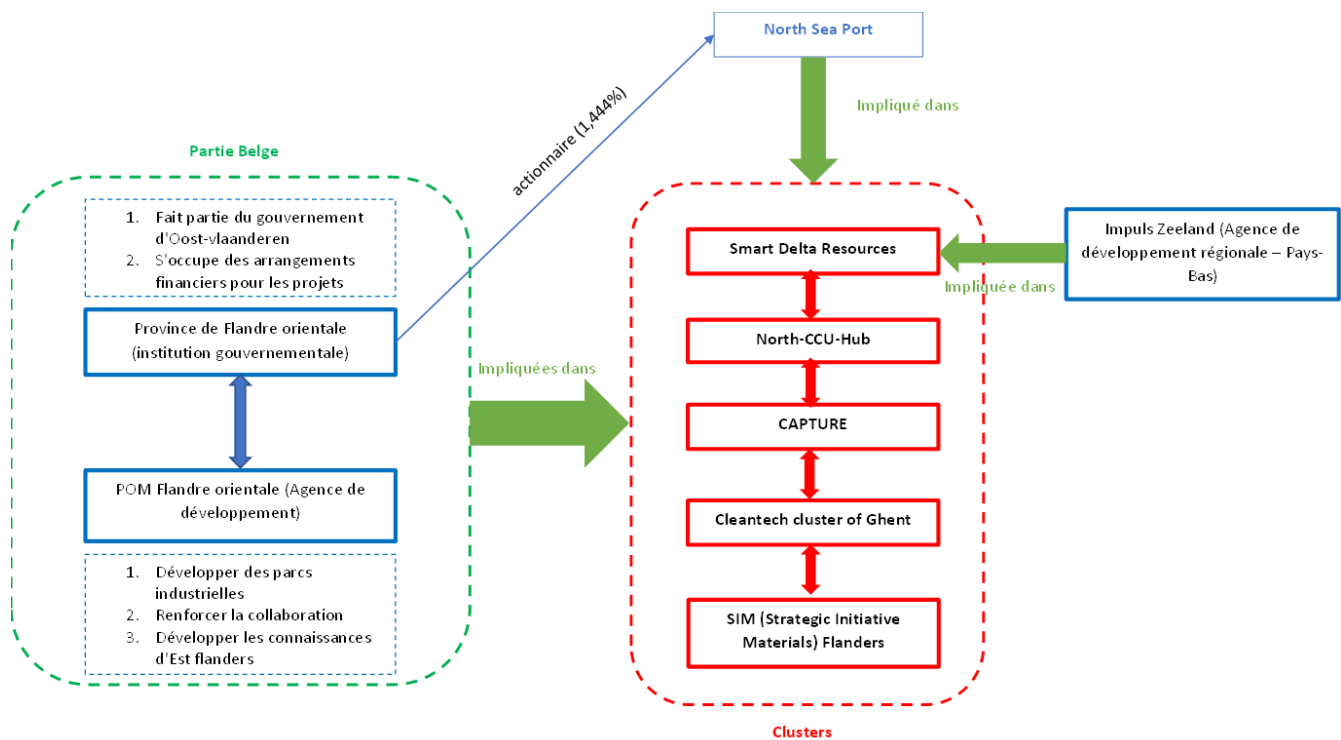
Bio Base Europ Pilot Plant peut produire des échantillons de laboratoire à des productions tests de plusieurs tonnes. L'unité a depuis sa création développé des partenariats : « *nous pouvons dire que nous avons déjà aidé entre 200 et 250 entreprises au cours de notre existence et que le nombre de partenaires avec lesquels nous avons travaillé dans le cadre de projets publics doit être proche de 500 ou quelque chose comme ça, parce que nous avons été actifs dans 50 à 60 projets publics* » (Traduction de l'entretien avec Bio Based Europ Pilot Plant – 10/01/2023). Cette unité dispose de trois services : le développement de processus industriel, le scale-up de la production et la fabrication sur mesure. L'unité pilote facilite l'introduction sur le marché des innovations produites par la R&D des entreprises.

Comment l'unité pilote intervient-elle dans ce processus ? « *Le département R&D d'une entreprise veulent traduire un protocole de laboratoire à petite échelle en un processus industriel à grande échelle à l'aide de BBEP. Nous signons un contrat de confidentialité et un accord de non-divulgence afin de pouvoir parler ouvertement sans porter atteinte à aucun secret. C'est très important pour la propriété intellectuelle. Ensuite, nous voyons ce dont l'entreprise a besoin. Parfois, elle veut que nous optimisons son processus. Parfois, elle veut simplement que nous commençons à produire les premiers kilos au lieu de grammes dans un laboratoire. Parfois, nous produisons des tonnes pour eux, donc tout dépend (...) Grâce aux données que les entreprises collectent, nous pouvons élaborer des processus industriels viables pour construire par exemple une nouvelle ligne de production ou un nouveau processus industriel viable. (...) nous pouvons actuellement opérer à une échelle de disons de deux litres jusqu'à 15 000 litres et nous construisons actuellement un bioréacteur de soixante-quinze mille litres afin de pouvoir transformer leur processus d'amélioration des compétences en un processus de formation continue* » (Traduction de l'entretien avec Bio Based Europ Pilot Plant – 10/01/2023).

L'unité dispose aussi des technologies en rapport avec la biomasse, la chimie verte, la fermentation, la récupération et la purification, etc., et est habilitée à délivrer des certifications Qualité et la sécurité alimentaire. L'unité pilote qui propose ses services au niveau local et international entretient des relations avec les autres facilitateurs de North Sea Port comme le port avec qui il a « *... un certain nombre d'initiatives dont la plupart sont orientées sur les questions stratégiques ...* » (Traduction de l'entretien avec Bio Based Europ Pilot Plant – 10/01/2023).

Les facilitateurs de l'économie circulaire à North Sea Port entretiennent des relations de collaboration entre eux. Ces interactions peuvent prendre la forme de partenariats dans le cadre de projets, mais peuvent aussi aller jusqu'à la transformation des structures des facilitateurs pour mieux prendre en compte les besoins de la transition. Ce qui est révélateur de la complexité de la transition vers l'économie circulaire. Ces relations et les liens entre chaque type de facilitateurs sont résumés dans la figure suivante.

Figure 3-3– Relations entre les facilitateurs de l'économie circulaire à North Sea Port



Source : Auteurs

Les efforts conjoints des facilitateurs ont pour effet d'instaurer un climat favorable pour le développement d'activités d'économie circulaire à North Sea Port. Le port donne accès à ses infrastructures incluant ses terrains disponibles, les institutions de recherches contribuent à accélérer la production des connaissances nécessaires au développement de l'économie circulaire, les institutions gouvernementales facilitent la mise en place des projets, les clusters mettent en relation les parties prenantes dont les entreprises et enfin l'unité pilote permettent de faire du prototypage, des essais de production pour réduire les coûts tout en accélérant l'introduction de l'innovation sur le marché. Dans la partie suivante, nous proposons de présenter les activités d'économie circulaire qui ont émergé grâce aux actions des facilitateurs.

4.2. Les activités d'économie circulaire à North Sea Port

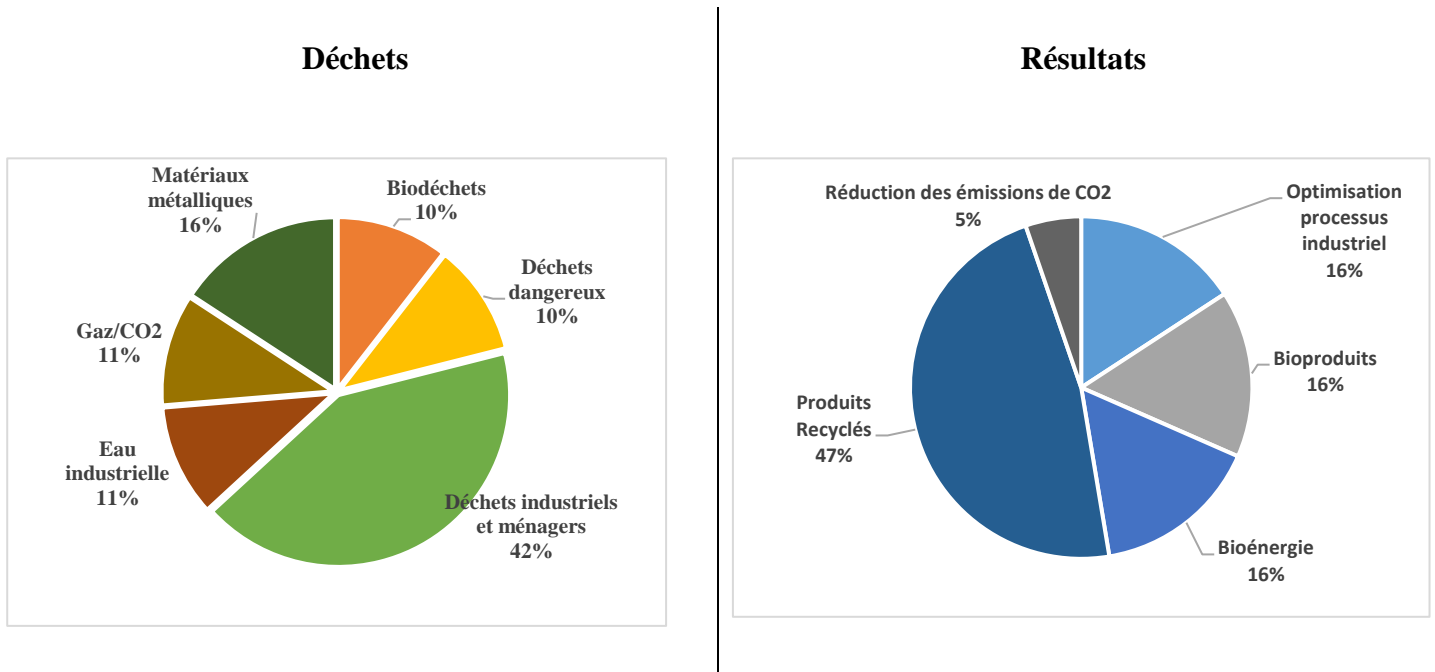
D'après les activités d'économie circulaire recensées à North Sea Port, les deux piliers de l'économie circulaire les plus présents sur le territoire selon l'ADEME sont le recyclage et l'écologie industrielle. Dans les parties suivantes, nous proposons de développer les activités liées à chacun de ses piliers.

4.2.1. Le recyclage

La première activité d'économie circulaire à North Sea Port est le recyclage qui implique 19 entreprises spécialisées réparties entre Gand en Belgique (10 entreprises) et la province de Zeeland aux Pays-Bas (9 entreprises). La

Figure 3-4 suivante présente les déchets recyclés par ces entreprises ainsi que les produits obtenus de cette valorisation. Les chiffres indiqués dans la figure représentent quant à eux le nombre d'entreprise concernée par le type de déchets et résultats.

Figure 3-4– Répartition des 19 entreprises par catégories de déchets valorisés et les résultats North Sea Port



Source : Auteurs

Le type de déchets le plus valorisé à North Sea Port est les déchets industriels et ménagers. Parmi les huit entreprises qui valorisent ce type de déchets, l'entreprise AC Materials transforme par exemple les déchets de constructions pour fabriquer des bioproduits à base de liant hydraulique⁶⁶. L'entreprise Ravago recycle les déchets plastiques pour produire des bioproduits comme des plastiques de haute qualité, notamment des élastomères thermoplastiques ou TPE utilisé dans l'industrie automobile, des caoutchoucs et des plastiques techniques (matériaux pouvant se substituer au métal ou la céramique). L'entreprise Renewi Belgium collecte et valorise les déchets de bois pour produire de la bioénergie. L'entreprise Heros recycle les cendres, les scories d'incinération pour la fabrication de produits recyclés de construction comme des granulés de diamètres différents. L'entreprise fait aussi de l'optimisation de processus en faisant la séparation des éléments contenus dans les mâchefers pour une réutilisation plus simple par d'autres entreprises.

Les matériaux métalliques sont le deuxième type de déchets les plus valorisés. L'entreprise Gallo Ship Recycling recycle les déchets métalliques de plus de 40 navires à 98% par an, soit

⁶⁶ Les liants hydrauliques sont des substances minérales qui durcissent après addition d'eau.

environ 30 000 tonnes de produits recyclées pour être réutilisées dans l'industrie métallurgique locale. L'entreprise Hoondert Services & Decommissioning démantèle et recycle des navires, les épaves et les installations offshore, parmi les produits recyclés par l'entreprise, une partie est utilisée pour la remise en état des installations offshore.

Les biodéchets incluent tous les déchets organiques. L'entreprise Neste Renewables recycle les huiles de cuisson, la graisse animale provenant des déchets de l'industrie alimentaire et les résidus issus de la transformation de l'huile végétale, pour la production de bioénergie appelée Renewable diesel (HVO), mais aussi un type de carburant utilisé dans l'aviation.

Concernant les eaux industrielles, l'entreprise Martens Cleaning s'occupe de leurs traitements avant de les rejeter dans la nature tandis que l'entreprise Viola Suez traite les eaux usées pour qu'ils puissent être réutilisés ou rejeter dans la nature sans danger et crée aussi des réseaux de chauffage urbain ou RCU que nous qualifions d'optimisations de processus dans la

Figure 3-4.

D'autres plus grandes entreprises possèdent plusieurs lignes de recyclage. Par exemple, l'entreprise ArcelorMittal Gent, qui est aussi le plus grand émetteur de CO₂ de North Sea Port porte actuellement trois projets : le projet Steelanol qui consiste à capter et à réutiliser son propre CO₂ pour fabriquer du biodiésel (bioénergie), le projet « blast furnace of the future » ou haut fourneau du futur inauguré en 2021 qui permet à l'entreprise d'optimiser son processus en réduisant les émissions liées à la combustion et enfin un projet à venir en fin 2023 appelée Torero qui consiste à créer une unité de production d'une capacité de 40 000 tonnes par an pour la fabrication de bio charbon à partir de déchets de bois (déchets industriels et ménagers) pour être réutilisé dans les hauts fourneaux d'ArcelorMittal Gent. Le projet permettra de réduire les émissions de l'entreprise de 225 000 tonnes par an. Enfin, dans la partie néerlandaise se trouvent les deux entreprises qui traitent les déchets dangereux⁶⁷ (Beelen et Indaver) de North Sea Port.

Les 19 entreprises identifiées spécialisées dans le recyclage ont des activités complémentaires, car ensemble elles traitent la plupart des déchets produits à North Sea Port.

4.2.2. L'écologie industrielle à North Sea Port

En plus de ces entreprises spécialisées dans le recyclage à North Sea Port, des entreprises collaborent entre eux pour s'échanger des déchets comme matières premières (ou coproduits) à travers des symbioses industrielles. Cette forme de collaboration a pour effet de réduire la consommation de matières premières non renouvelables et d'énergie fossile. Les données recueillies à North Sea Port montrent la présence de sept symbioses industrielles que nous proposons de résumer dans le Tableau 3-2 suivant.

⁶⁷ Les déchets classés dangereux regroupent les déchets qui présentent des quantités variables d'éléments toxiques ou dangereux qui présentent des risques pour l'environnement et la santé humaine. En Europe, la législation européenne sur la gestion des déchets cadre leur gestion et leur valorisation.

Tableau 3-2– Panorama des symbioses industrielles de North Sea Port

Nom de la Symbiose industrielle (SI)	Entreprises constituant la SI	Co-produits échangés dans la SI	Fonctionnement de la SI	Résultats obtenus pour les entreprises de la SI
Zeeland Hydrogen Symbiosis	Dow Benelux ⁶⁸ , Yara Sluiskil ⁶⁹ et ICL IP ⁷⁰	4 500 tonnes d'hydrogène	Grâce à 12km de pipeline DOW Benelux transfère l'hydrogène à Yara Sluiskil et ICL qui s'en servent comme énergie de substitution.	Réduction de la consommation d'énergie et des émissions de CO ₂
Lamb Weston/Meijer et Wiskerke Onions	Lamb Weston/Meijer (LWM) numéro 2 mondial de la transformation de pommes de terre. Wiskerke Onions (JWK) leader mondial dans le commerce d'oignons	Chaleur	La chaleur générée par LWM est transportée par pipeline à JWK pour le séchage des oignons.	Réduction de la consommation de gaz de 500.000 à 800.000m ³ par année et des émissions de CO ₂ de plus de 875 tonnes par an
Stora Enso et Volvo	Stora Enso (entreprise papetière)	Eau chaude	Grâce à 2km de pipelines, Stora Enso produit 700 000 tonnes de papiers recyclés par an produit de	Volvo réduit ses émissions de CO ₂ de 15 000 tonnes par an

⁶⁸ [Dow Benelux](#) [Dow Benelux](#)

⁶⁹ [Yara Sluiskil](#) [Yara Sluiskil](#)

⁷⁰ [ICL IP](#)

	Volvo (entreprise automobile)		l'eau chaude qui est utilisée par Volvo avant d'être renvoyée à Stora Enso	(environ 40% des émissions de l'entreprise).
SloeWarmte BV et Zeeland Refinery	SloeWarmte BV (énergie) Zeeland Refinery (raffinerie de pétrole), Martens (entreprise de recyclage), COVRA (organisme central pour les déchets radioactifs)	Chaleur	SloeWarmte BV exploite la chaleur produite par Zeeland Refinery grâce à un réseau de pipelines de 2,5km de long pour ensuite être distribuée à L'entreprise Martens utilise l'énergie pour purifier l'huile usée des navires et la rendre réutilisable (bioproduits), et COVRA utilise l'énergie pour la climatisation de ses bureaux.	Économie d'énergie annuelle équivalente à la consommation de 1 500 ménages, soit environ 2,4 millions de nm ³ /an. Réduction des émissions de CO ₂ d'environ 4 300 tonnes par an.
Steel2Chemicals (Opérationnel en 2025)	ArcelorMittal Gent et Tata Steel Nederland (entreprises métallurgique et sidérurgique), Dow,	CO ₂	ArcelorMittal, Gent et Tata Steel Nederland produisent le CO ₂ qui sera transformé en CO grâce à une unité pilote. Ce CO sera ensuite réutilisé par Dow.	Fabrication de Naphta ⁷¹ synthétique qui sera ensuite utilisé pour la fabrication de produits chimiques
Rodenhuisdok Biorefinery Cluster	Oiltanking (stockage), bioro (unité de transformation), euro	Graines et le CO ₂	L'entreprise Euro Silo reçoit et stocke jusqu'à 650 000 tonnes de grains puis les redistribuent aux entreprises Cargill, son unité bioro et Alco Biofuel	Depuis son démarrage en juillet 2008, la symbiose industrielle a produit 220 000m ³ de bioéthanol

⁷¹ La Naphta est un liquide transparent issu de la distillation du pétrole et utilisé dans la chimie

	<p>silos (stockage), Cargill (alimentaire), Alco biofuel (énergie), Engie electrabel (énergie) et bio base Europe Pilote Plant (unité pilote)</p>		<p>pour être transformé en biocarburant. Les bioproducts sont ensuite stockés chez Oiltanking et une partie est utilisée par Engie Electrabel pour produire de l'électricité. Alco Biofuel transforme aussi le CO₂.</p>	<p>de haute qualité. 240MW de bioélectricité par an, recyclage de 100 000 tonnes de CO₂ vert⁷² par an. La centrale d'Electrabel compense environ 1,2 million de tonnes d'émissions de CO₂ par an.</p>
<p>Biopark de Terneuzen</p>	<p>8 partenaires⁷³ : WarmCo2, Greenhouse Complex, Héros, Biomass Power Plant, Yara, Rosendaal Energy, Nedalco, Cargill.</p>	<p>CO₂ et la chaleur</p>	<p>Ce cluster fonctionne à partir de la chaleur et le CO₂ de Yara Sluiskil (complexe pétrochimique) et de l'usine de biomasse qui est transportée vers WarmCO2 pour être traitée avant d'être envoyée dans le « greenhouse » (Serre pour la culture de légumes comme l'aubergine). La biomasse issue de la serre et de Nedalco (entreprise de production de bioéthanol racheté en 2011 par Cargill) est transportée à son tour vers l'usine de biomasse pour la production d'électricité. L'eau industrielle des</p>	<p>Fabrication de fertilisants, Réduction de la quantité d'eau prélevée grâce au traitement des eaux industrielles, Réduction de matières premières utilisées</p>

⁷² Le CO₂ vert fait spécifiquement référence au dioxyde de carbone (CO₂) obtenu à partir des usines de biogaz. Les usines de biogaz utilisent des déchets organiques, tels que les résidus agricoles, pour produire du biogaz par digestion anaérobie. Au cours de ce processus, le CO₂ est capturé en tant que sous-produit.

⁷³ [Biopark de Terneuzen](#)

			<p>entreprises du biopark est transportée vers l'entreprise Heros Sluiskil (entreprises faisant de l'épuration d'eaux usées dans le biopark) pour être traitée et utilisée par le « greenhouse ». La vapeur et l'eau industrielle produites par Nedalco (producteurs d'éthanol (alcool éthylique) d'origine agricole) sont réutilisées par Cargill (producteur de produits alimentaires) et l'amidon (Starch) produit par Cargill sera à son tour réutilisé par Nedalco.</p>	
--	--	--	--	--

Source : Auteurs

Les symbioses industrielles (SI) présentes à North Sea Port sont de tailles variables dont les trois plus petites sont composées de deux entreprises chacune et la plus grande de 10 entreprises et unité pilote (le cas de Rodenhuizedok Biorefinery Cluster).

Cinq types de coproduits sont échangés à North Sea Port : la chaleur, le CO₂, l'hydrogène, l'eau chaude et les graines.

Les coproduits les plus échangés dans les SI de North Sea Port sont la chaleur et le CO₂. La chaleur est surtout utilisée en substitution au gaz naturel tandis que le CO₂ sert de matière première dans l'industrie chimique et dans l'agriculture, notamment les serres de cultures de légumes. L'hydrogène et l'eau chaude sont aussi utilisés comme énergie de substitution tandis que les graines servent pour la production de bioproduits.

Parmi les résultats obtenus par les SI, il est d'abord constaté que les entreprises membres ont réduit de manière significative leurs émissions de CO₂ ainsi que leurs consommations d'énergies fossiles. Des innovations ont aussi émergé et prennent la forme d'énergies de substitutions comme le biodiesel ou encore l'électricité ou encore de produits chimiques comme les fertilisants qui sont fabriqués par l'entreprise Dow.

5. Discussion et Conclusion

Nos résultats ont permis de montrer que les entreprises impliquées dans l'EC valorisent les déchets issus des activités du tissu industriel du territoire. Ces déchets étant de nature diverse, nous proposons une catégorisation suivant six types de déchets que nous présentons dans la

Figure 3-4. La complexité de la nature des déchets, l'absence de données quantitatives sur ces derniers et leurs circulations dans le tissu industriel complique l'établissement d'un panorama des activités d'EC au sein d'un territoire industrialo-portuaire et par conséquent justifie l'intérêt de l'objet de notre recherche.

Nos résultats ont permis de mettre en avant les moyens mis en place par North Sea Port pour adopter un développement plus durable à travers l'économie circulaire qui respecte les directives liées à la neutralité carbone d'ici 2050. D'une part les territoires industrialo-portuaires sont des espaces favorables au développement d'activités d'économie circulaire et d'autre part, l'adoption de l'économie circulaire peut être considérée comme un levier de développement des territoires industrialo-portuaires en permettant aux entreprises en place de bénéficier d'économies d'échelle externes, en participant à l'émergence d'innovations et de ressources nouvelles, en renforçant l'attractivité locale, et ainsi en conduisant à une diversification économique (Andriamanantena et al., 2020; Andriamanantena et al., 2022).

Pour le cas de North Sea Port, la transition vers l'économie circulaire est portée par les parties prenantes appelées facilitateurs qui soutiennent la mise en place des projets d'économie circulaire. Répartis suivant cinq catégories (port, institutions de recherche, institutions gouvernementales, clusters et unité pilote), ces facilitateurs travaillent en collaboration les uns avec les autres et ont adapté leurs stratégies pour mieux s'ajuster aux changements apportés par l'économie circulaire. Dans le cas des institutions de recherche par exemple, il est même constaté que des fusions entre institutions ont eu lieu. La gouvernance de l'économie circulaire qui était fragmentée commence à se transformer en une gouvernance commune, ce qui renforce le rôle primordial de ces facilitateurs dans la trajectoire du développement du port vers l'économie circulaire. Ce qui corrobore l'idée d'un paradoxe de l'économie circulaire (Vence et al., 2022), c'est-à-dire que l'économie circulaire est un élément déterminant des politiques, des stratégies et des discours institutionnels ou académiques, alors que la mise en évidence d'une réelle transformation des acteurs et des territoires vers la durabilité est plus difficile à observer. Les raisons peuvent être multiples. D'une part, comme le soulignent les auteurs, le changement réel vers une plus grande durabilité découle non seulement d'innovations technologiques permettant par exemple de réduire les déchets et leurs impacts sur l'environnement, mais aussi d'innovations organisationnelles et sociales impliquant d'autres objectifs que ceux traditionnellement associés aux avantages compétitifs des entreprises et comparatifs des territoires. D'autre part, ce paradoxe peut être lié à

la temporalité du développement territorial, dans lequel les résultats des projets mis en œuvre sont observables dans le temps long et sont caractérisés par des aller-retour et non pas par un développement linéaire, jalonné de progrès successifs facilement identifiables. C'est notamment cet aspect que nous mettons en avant en étudiant à partir des résultats de la présente enquête l'état de développement de l'économie circulaire à North Sea Port. C'est aussi l'un des résultats du travail de S. Veyssière (2023) dans son étude de 16 projets d'économie circulaire dans la région Hauts de France, qui démontre que la création de ressources spécifiques propre au territoire n'est pas toujours associée à la mise en œuvre des projets.

Pour le cas de North Sea Port, les moyens alloués par les facilitateurs ont permis de développer le recyclage et l'écologie industrielle. Bien que les entreprises des symbioses industrielles aient réduit de manière significative leurs consommations d'énergies fossiles et leurs émissions de CO₂, Il reste important de souligner que ces entreprises ne représentent qu'une fraction des entreprises présentes à North Sea Port. Des efforts sont encore à fournir pour que l'ensemble du tissu industriel. Pour le cas d'ArcelorMittal Gent qui est l'un des plus grands émetteurs de CO₂ de North Sea Port, des projets d'économie circulaire sont en train de se mettre en place, cependant il faudra attendre quelques années pour voir si ces actions permettent à l'entreprise d'atteindre ses ambitions de neutralité carbone à l'horizon 2050.

En conclusion, nos résultats permettent de proposer une première cartographie des activités d'EC au sein d'un territoire industrialo-portuaire pour le cas de North Sea Port. Cette cartographie a aussi permis de montrer les prochaines étapes pour adopter une plus grande circularité. En effet, l'économie circulaire est selon l'ADEME divisé en sept piliers (approvisionnement durable, écoconception, écologie industrielle et territoriale, économie de la fonctionnalité, consommation responsable, allongement de la durée d'usage et recyclage). Pour atteindre un développement plus durable, il faudrait que North Sea Port développe aussi les autres piliers qui ne sont pas très présents au moment de la collecte des données. Cependant, en prenant en compte les efforts déjà fournis et les résultats mis en place en matière d'économie circulaire, on peut conclure que North Sea Port est en bonne voie dans sa transition vers un développement plus durable.

Bibliographie

- ADEME. (2014). Économie circulaire : Notions.
- Andriamanantena, A., Boutillier, S., De Rouffignac, A., & Laperche, B. (2023). *L'économie circulaire dans les ports du Range Nord Européen. État des lieux pour la constitution d'écosystèmes d'innovation circulaires - Programme IMPPEC (Impact des Ports sur l'Économie Circulaire) – Rapport N°3.*
- Andriamanantena, A., Veyssière, S., Le, S. T. K., Cotonnec, G., & Laperche, B. (2020). Le Rôle des Ports dans L' conomie Circulaire. Construction d'un Tableau de Bord d'Indicateurs. <https://riifr.univ-littoral.fr/wp-content/uploads/2012/12/doc-312-Le-role-des-ports-dans-leconomie-circulaire.-Construction-dun-tableau-de-bord-dindicateurs.pdf>
- Andriamanantena, A. N., Laperche, B., & Boutillier, S. (2022). Building Circular Innovation Ecosystem in Industrial Port Territories: The Case of Dunkirk, France. In *Business Models for the Circular Economy: A European Perspective* (pp. 139-167). Springer.
- ANVERS. (2022). *Facts and figures.*
- Baas, L. W., & Boons, F. A. (2004). An industrial ecology project in practice: exploring the boundaries of decision-making levels in regional industrial systems. *Journal of Cleaner Production*, 12(8-10), 1073-1085.
- Blomsma, F., & Brennan, G. (2017). The emergence of circular economy. *Journal of industrial ecology*, 21.
- Boussauw, K. (2014). City profile: Ghent, Belgium. *Cities*, 40, 32-43.
- Cerceau, J., Mat, N., Junqua, G., Lin, L., Laforest, V., & Gonzalez, C. (2014). Implementing industrial ecology in port cities: international overview of case studies and cross-case analysis. *Journal of Cleaner Production*, 74, 1-16.
- Charlier, A. (1953). L'industrie textile belge en 1952. *Recherches économiques de Louvain/Louvain Economic Review*, 19(3), 265-278.
- Chertow, M. R. (2000). Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annual review of energy and the environment*, 25(1), 313-337.
- Colijn, C., & Binnendijk, A. (1998). Physical planning in the coastal region of Zeeland, the Netherlands. *Journal of Coastal Conservation*, 4, 135-142.

- De Geest, M., Michielsens, B., Ciocarlan, R.-G., Cool, P., & Seftel, E. M. (2023). Structured LDH/Bentonite Composites for Chromium Removal and Recovery from Aqueous Solutions. *Molecules*, 28(12), 4879.
- de Langen, P., & Sornn-Friese, H. (2019). Ports and the circular economy. In *Green ports* (pp. 85-108). Elsevier.
- Demers, C. (2003). L'entretien. *Conduire un projet de recherche. Une perspective qualitative*, 173-210.
- Diemer, A. (2016). Les symbioses industrielles : un nouveau champ d'analyse pour l'économie industrielle. *innovations*, 50(2), 65-94. <https://doi.org/10.3917/inno.050.0065>
- Domenech, T., & Davies, M. (2011). Structure and morphology of industrial symbiosis networks: The case of Kalundborg. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 10, 79-89.
- Doranova, A., Shauchuk, P., Schatten, A., Le Gallou, M., & Perez, M. (2020). *CCU hub in the North Sea Port - Socio-economic impact assessment of the CCU-hub implementation in the North Sea Port industrial zone*. North Sea Port: POM Oost-Vlaanderen
- Drewe, P. (1993). Infrastructure Barriers, Cooperation and Innovative Policies in a Frontier Region: The Scheldt Estuary. R. Ratti and S. Reichman, *Theory and Practice of Transborder Cooperation. Helbing and Lichtenbahn: Basel und Frankfurt am Main*, 303, 315.
- El-Haggar, S. (2007). Sustainability of Industrial Waste Management. In *Sustainable Industrial Design and Waste Management*.
- Erkman, S. (2004). *Vers une écologie industrielle : comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle*.
- Fischer, A. (1980). *L'industrialisation contemporaine des Pays-Bas*. Publications de la Sorbonne. <https://books.openedition.org/psorbonne/37432?lang=fr>
- Frosch, R. A., & Gallopoulos, N. (1989). Strategies for manufacturing. *Sci. Am.*, 261, 144-152.
- Goodlet, K. W. (2013). "Reduced to the banks of mud from which they were reclaimed": The province of Zeeland, war and reconstruction, 1940-1945. *Canadian Journal of Netherlandic Studies*, 34, 29-56.
- Hertog, J., & Lentacker, F. (1967). Les transformations actuelles de la Zélande. *Hommes et Terres du Nord*, 2(1), 7-22.

- Hintjens, J. (2021). Cooperation in the bundling of hinterland flows of adjacent seaports, an application to the European TEN-T core ports. *Maritime Policy & Management*, 48(5), 754-775.
- Jacobsen, N. B. (2006). Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: a quantitative assessment of economic and environmental aspects. *Journal of industrial ecology*, 10(1-2), 239-255.
- Kapur, A., & Graedel, T. E. (2004). Industrial ecology. *Encyclopedia of Energy*, 3, 373-382.
- Kasmi, F. (2018). The “Eco-innovative” Milieu: Industrial Ecology and Diversification of Territorial Economy. *Collective Innovation Processes: Principles and Practices*, 4, 131-157.
- Kasmi, F. (2020). Industrial Symbiosis and Territorial Development: The Cross-Fertilization of Proximity Dynamics and the Role of Information and Knowledge Flows. *Journal of the Knowledge Economy*, 1-21.
- Lacoste, R., & Bouchet, A. G. (2012). Le concept de «cooperative gateway», un mode de coopération entre autorités portuaires au sein d’une méga-région. *Les ports de l’axe Seine dans la desserte du bassin parisien*.
- Lagasse, J., & Schalck, D. (2023). *North Sea Port. Together. Smarter : Zeeland Seaports and Port of Ghent merger successful*. <https://www.pc-nsp.com/en/news/56-north-sea-port-together-smarter>
- Le Feber, N. (2018). *Corporate cross-border cooperation in the Ghent-Terneuzen Canal Zone* [Utrecht University].
- Leon-Fernandez, L., Caballero-Ortiz, A., Martinez-Mora, O., Fransaeer, J., & Dominguez-Benetton, X. (2023). Mechanism and kinetics of gold recovery and Au nanoparticle synthesis by Gas-Diffusion Electrocrystallization (GDEx). *Electrochimica Acta*, 460, 142592.
- Livian, Y. (2015). *Initiation à la méthodologie de recherche en SHS*.
- Luyten, D., & Govaert, S. (2010). L'économie et le mouvement flamand. *Courrier hebdomadaire du CRISP*, 2076(31), 5-46.
- Mat, N., Cerceau, J., & ALIX, Y. (2015). Économie circulaire et écosystèmes portuaires. *Note stratégique et prospective réalisée pour le compte de la Fondation Sefacil*.
- Mat, N., Cerceau, J., Lopez-Ferber, M., & Junqua, G. (2017). Complexity as a means of resilience in metropolitan port areas: Application to the Aix-Marseille case study in France. *Journal of Cleaner Production*, 145, 159-171.

- Mitra, B., Elhaj, A. I., & Rahman, S. M. (2023). Sustainable Development and Industrial Ecosystem. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*.
- Notteboom, T. (2023). 9 Port authority mergers in port systems. *Port Systems in Global Competition: Spatial-Economic Perspectives on the Co-Development of Seaports*, 183. https://books.google.co.jp/books?hl=fr&lr=&id=XkLGEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA183&dq=port+authority+mergers+in+port+systems&ots=MINLuqewco&sig=dOglBnE1rHWSrgRMpCsVSeTUpRI&redir_esc=y#v=onepage&q=port%20authority%20mergers%20in%20port%20systems&f=false
- Puig, M., & Wooldridge, C. (2022). *ESPO Environmental Report 2022 - EcoPorts in Sights 2022*. Retrieved from [https://www.espo.be/media/ESP-2959%20\(Sustainability%20Report%202022\)_V8.pdf](https://www.espo.be/media/ESP-2959%20(Sustainability%20Report%202022)_V8.pdf)
- Ryckewaert, M., & Jocelyne, A. (2011). *Building the economic backbone of the Belgian welfare state: infrastructure, planning and architecture 1945-1973*. 010 Publishers Rotterdam.
- Schulze, P. (1996). *Engineering within ecological constraints*. National Academies Press.
- van Westen, C.-J., Scheele, R. J., van Westen, C.-J., & Scheele, R. J. (1996). Characteristics of estuaries. *Planning Estuaries*, 9-60.
- Vandermotten, C. (2017). Les structures économiques de la Belgique et leur spatialité, des Golden Sixties à aujourd'hui. *Belgeo. Revue belge de géographie*(4).
- Vence, X., Pereira, A., & Laperche, B. (2022). Overcoming the Circular Economy Paradox through Innovation: Pitfalls in the Transition Pathways. *Journal of Innovation Economics & Management*, 39(3), 1-13.
- Verhasselt, Y. (1964). Frontière politique et structure agraire: L'exemple de la Flandre zélandaise. *Études rurales*(12), 95-110.
- Wack, Y., Serra, S., Baelmans, M., Reneaume, J.-M., & Blommaert, M. (2023). Nonlinear topology optimization of District Heating Networks: A benchmark of a mixed-integer and a density-based approach. *Energy*, 127977.
- Yin, R. K. (2013). Validity and generalization in future case study evaluations. *Evaluation*, 19(3), 321-332.
- Zeeland. (2017). *Zeeland Seaports Port Handbook 2017-18*. Land & Marine Publications Ltd
- Zhang, J., Cenci, J., & Becue, V. (2021). A preliminary study on industrial landscape planning and spatial layout in Belgium. *Heritage*, 4(3), 1375-1387.

CONCLUSION GÉNÉRALE DE LA THÈSE

Le lien conflictuel entre les activités humaines et l'environnement met en évidence le besoin urgent de trouver un équilibre entre le développement économique et la préservation de l'environnement. D'un côté, les avancées technologiques et économiques ont permis une amélioration significative de la qualité de vie pour de nombreuses personnes à travers le monde. Cependant, cette croissance économique a souvent eu un coût environnemental, parfois jusqu'aux générations futures. Pour cause, les activités humaines à objectif marchand telles que l'industrialisation impliquant la consommation intensive de ressources naturelles. C'est aussi le cas de l'extraction intensive des ressources naturelles qui rompt l'équilibre, voir détruit la biodiversité. En outre, les émissions de gaz à effet de serre provenant de la combustion de combustibles fossiles sont une des causes majeures du changement climatique. Ainsi, toutes ces conséquences menacent *in fine* la survie de l'humanité. En effet, tous les signes de dégradation de notre planète qui ne sauraient plus être ignorés ont conduit à la proposition d'un nouveau modèle économique appelé économie circulaire qui permet aux territoires un développement économique plus durable.

Ce travail s'inscrit dans le contexte de la transition des territoires industrialo-portuaires vers l'économie circulaire. Les territoires industrialo-portuaires se présentent en effet comme des cas d'études intéressants, car ils peuvent être considérés comme les symboles de concentration de l'industrialisation en Europe. La présence de tissu industriel souvent issu de l'industrie lourde, de la circulation des flux font de ces territoires des espaces de concentration de déchets et d'émissions de GES. Ces territoires industriels particuliers qui sont donc plus impactés par les nouvelles réglementations environnementales cherchent à se renouveler grâce à l'économie circulaire. En cherchant à comprendre comment l'économie circulaire se met en place dans ce type de territoire, cette conclusion permet de répondre à la question de recherche soulevée en introduction : **Dans quelle mesure l'adoption de l'économie circulaire dans les territoires industrialo-portuaires permet l'émergence d'un écosystème d'innovation circulaire ?**

Pour répondre à cette interrogation, nous nous sommes appuyés sur un cadre théorique et conceptuel basé sur trois propositions qui est résumé dans la Figure 1-1 du chapitre 1 de la thèse :

P1 : Les territoires industrialo-portuaires sont des territoires pertinents pour le développement d'activités d'économie circulaire.

P2 : Les relations complexes entre les acteurs d'un territoire industrialo-portuaire impliqués autour d'un projet circulaire permettent l'émergence d'un écosystème d'innovation circulaire.

P3 : L'émergence d'un écosystème d'innovation circulaire se traduit par des résultats économiques, en termes d'émergence d'innovations, création d'entreprises, attractivité et environnementaux (réduction d'émission).

Le premier chapitre de la thèse nous a permis d'établir la double relation qui existe entre les territoires industrialo-portuaires et l'économie circulaire. D'un côté, les territoires industrialo-portuaires se présentent comme des terrains favorables pour l'économie circulaire grâce à leurs trajectoires industrielles qui se traduit par un tissu industriel adapté avec des flux favorables, et de l'autre côté l'économie circulaire peut devenir un levier pour le développement de ce type de territoires en renouvellement le tissu économique, en renforçant l'attractivité locale grâce à la diversification des activités tout en réduisant les impacts sur l'environnement. Cette première publication détaille par la même occasion la construction du tableau de bords de 35 indicateurs divisé en quatre axes : 1) stratégie, gouvernance et communication ; 2) symbiose industrielle ; 3) développement économique et 4) impacts environnementaux qui ont par la suite servi à la création des questionnaires pour confronter nos résultats théoriques aux terrains. Ce tableau d'indicateurs a ensuite été appliqué au territoire industrialo-portuaire de Dunkerque et nous a permis de montrer que des activités se mettent en place et transforment l'image du territoire. Ce premier chapitre nous permet de valider notre première proposition.

Notre deuxième chapitre relie les concepts d'écosystème d'innovation et d'économie circulaire et nous a permis d'introduire un nouveau concept qui est l'écosystème d'innovation circulaire. L'étude de la littérature a permis de remonter les origines du concept d'écosystème d'innovation et d'en faire émerger les principales caractéristiques à savoir : les acteurs, les relations, les ressources et les résultats (Figure 2-2). Nous proposons ainsi une définition de ce nouveau concept « *écosystème d'innovation circulaire est un ensemble d'acteurs se réunissant autour d'un projet commun d'économie circulaire, développant des relations complexes de collaboration qui n'excluent pas la concurrence (coopétition) et partageant des ressources pour la création de valeur qui prend la forme de différents types d'éco-innovation (produit/service, processus, organisation)* ».

À travers les enquêtes pour le cas de Dunkerque, nous avons vérifié dans quelles mesures les caractéristiques d'un écosystème d'innovation circulaire se retrouvent à Dunkerque. Nos résultats montrent que les trois premières caractéristiques (acteurs, relations et ressources) sont bien présentes, les acteurs établissent des relations de collaborations entre eux (qui n'excluent pas la compétition) et mettent en commun des ressources pour faire émerger des résultats à travers la symbiose industrielle existante. Notre deuxième proposition est donc validée.

Dans cet écosystème d'innovation, les résultats peuvent être appréciés de deux manières, du point de vue des institutions et celui des entreprises de la symbiose industrielle. Pour les institutions présentes sur place, la gouvernance devient concertée, des moyens conséquents sont mis en place pour s'adapter à la transition vers l'économie circulaire. L'université du littoral côte d'opale propose par exemple une forte capacité de recherche et des formations spécifiques. Le port adapte ses infrastructures et les concertations entre les différentes institutions ont permis la création d'une nouvelle institution dédiée à l'économie circulaire appelée Euraénergie. Les institutions ont donc innové leurs manières de fonctionner et se traduisent par des résultats concrets. Cependant pour le cas des entreprises de la symbiose industrielle de Dunkerque, les résultats en termes d'éco-innovations, de création d'entreprises ou encore de réduction des extranilités sur l'environnement sont au moment de la collecte des données limitées à quelques initiatives. Les efforts mis en place ne se reflètent pas encore dans les résultats identifiés. Néanmoins, le dynamisme dont fait preuve le territoire qui se traduit par de nouveaux projets dont les résultats seront plus visible dans les cinq voir dix années à venir. Les résultats d'un écosystème d'innovation circulaire à Dunkerque permettent donc de valider partiellement notre troisième proposition.

Pour vérifier la pertinence des résultats trouvés pour le cas de Dunkerque, nous étudions un deuxième cas similaire qui a été choisi suivant quatre critères : (1) sa localisation, (2) son trafic maritime, (3) sa superficie et (4) ses activités d'économie circulaire. La comparaison entre les dix premiers ports du rang nord-européen avait pour objectif de trouver le territoire industrialoportuaire qui présente le plus de similitudes avec Dunkerque, mais qui a des activités d'économie circulaire plus développées pour nous permettre de retenir les bonnes pratiques pour Dunkerque (voir annexe 7). Les résultats nous ont permis de sélectionner North Sea Port comme deuxième cas d'étude.

Nous avons pu réaliser des entretiens exploratoires avec les principales parties prenantes du territoire pour confronter nos résultats issus de la littérature grise et établir un panorama des activités d'économie circulaire qui se développent sur le territoire de North Sea Port. Ce panorama a permis de montrer que des acteurs aussi appelés facilitateurs travaillent en collaboration et mettent des ressources en commun pour faciliter la transition du territoire vers l'économie circulaire. Ce qui nous permet aussi de valider notre première proposition pour un deuxième territoire industrialo-portuaire similaire à Dunkerque. Il est aussi constaté que les projets d'économie circulaire sont en train de se mettre en place sur le territoire et les résultats comme pour le cas de Dunkerque ne seront visibles que dans les années à venir. La particularité de North Sea Port est qu'il dispose de l'unité pilote Bio Base Europ Pilote Plant qui facilite l'introduction des éco-innovations sur le marché et que les efforts des facilitateurs ont permis la création de plusieurs symbioses industrielles de tailles variables. Ce qui indique que les symbioses industrielles identifiées font émerger plus d'innovations. Cependant des entretiens complémentaires devront être réalisés pour confirmer la présence d'un écosystème d'innovation circulaire à North Sea Port.

Vers une amorce de comparaison entre les territoires industrialo-portuaires de Dunkerque et North Sea Port

Les résultats obtenus pour nos deux études de cas montrent que les activités d'économie circulaire, en particulier dans le recyclage et l'écologie industrielle émergent, se développent et sont encouragés dans les territoires industrialo-portuaires. Ces résultats nous permettent de valider notre première proposition (P1) qui propose que les territoires industrialo-portuaires soient des territoires pertinents pour le développement d'activités d'économie circulaire.

Par ailleurs, les caractéristiques d'un écosystème d'innovation circulaire sont aussi présentes et montrent ainsi que l'adoption de l'économie circulaire conduit à la formation d'un écosystème d'innovation. Ces résultats nous permettent de valider notre deuxième proposition (P2) qui propose que les relations complexes entre les acteurs d'un territoire industrialo-portuaire impliqués autour d'un projet circulaire permettent l'émergence d'un écosystème d'innovation circulaire.

Bien que les résultats (création de valeur) en termes d'émergence d'éco-innovation des entreprises, de création d'entreprises, et de réduction significative des externalités négatives sur l'environnement ne ressortent pas encore au moment des enquêtes, nous constatons que l'adoption d'activités d'économie circulaire renforce la compétitivité de ces territoires et leurs attractivités locales. L'image de pollueurs de ces territoires industrialo-portuaires est en train de changer et son développement industriel profite dorénavant de la diversification offerte par l'abondance des coproduits qui s'y trouve. Dunkerque a par exemple été choisi par l'entreprise Verkor pour la construction de sa gigafactory de fabrication de batteries à faible teneur en carbone (prévu en 2025) parmi plus de 40 sites possibles en France. Ce choix est motivé par les ressources (infrastructures, choix d'énergie) disponibles mises en commun par les acteurs de Dunkerque. Tandis que North Sea Port est un choix privilégié des entreprises grâce à son unité pilote.

Suivant les trois types d'écosystème selon Allenby (1992), les écosystèmes d'innovation circulaire à Dunkerque et North Sea Port s'apparentent à l'écosystème de type II (voir Figure 0-4) qui est un modèle transitoire avec des réductions de la consommation des ressources, mais qui continue encore à s'appuyer sur les énergies fossiles avec des déchets limités. En se basant sur le cycle de vie développé par Heaton et al. (2019) de l'écosystème d'innovation à savoir l'étape initiale qui correspond à la formation de l'écosystème, sa phase de développement et enfin de renouvellement (Andriamanantena et al., 2022). Nous pouvons déterminer que les écosystèmes d'innovation circulaire à Dunkerque et à North Sea Port sont en train de se développer. Ce qui explique aussi le manque de résultats au niveau des entreprises. Les institutions présentent cependant des résultats concrets comme la création de nouvelles institutions ou encore la mise en place d'action concertée. Les projets d'économie circulaire étant en train de se mettre en place au moment de la collecte des données, il faudra attendre quelques années pour relever les éco-innovations et les nouvelles entreprises créées. En conclusion, notre troisième proposition (P3) portant sur les résultats de l'émergence d'un écosystème d'innovation circulaire n'est que partiellement vérifiée.

Apports théoriques de la thèse

Notre travail a permis d'ouvrir le champ de la recherche associant économie circulaire et territoires industrialo-portuaires. Nous avons introduit un nouveau cadre conceptuel, celui de l'écosystème d'innovation circulaire pour analyser et évaluer la transition des territoires industrialo-portuaires vers l'économie circulaire, en mettant en lumière les caractéristiques qui façonnent cette

transformation. Ces apports théoriques facilitent une meilleure compréhension des mécanismes sous-jacents à l'adoption de pratiques circulaires dans les territoires industrialo-portuaires, ce qui peut être utile pour les décideurs, les gestionnaires portuaires et les chercheurs. En outre, la thèse explore les dimensions multidisciplinaires de l'économie circulaire dans les ports, en s'appuyant sur l'économie, la gestion et la logistique. Cette approche interdisciplinaire favorise une vision globale de la manière dont les territoires industrialo-portuaires peuvent contribuer de manière significative à la transition vers une économie plus circulaire, en favorisant la symbiose industrielle, la réutilisation des matériaux, la réduction de l'empreinte environnementale et la création de chaînes de valeur durables.

Notre travail contribue aussi à enrichir la littérature sur l'économie circulaire appliquée à l'échelle portuaire. En effet, sur l'ensemble des publications scientifiques parues entre 2000 et 2023 (voir Figure 0-2), seules 73 références associent les ports et l'économie circulaire. Notre travail permet aussi de mettre en évidence l'importance cruciale de la transition des territoires industrialo-portuaires vers l'économie circulaire en tant que « *hubs* » logistiques majeurs, reliant les flux de marchandises, de personnes et d'informations à l'échelle mondiale pour l'atteinte des objectifs carbone de 2030 (moins 45% d'émissions) et de 2050 pour la neutralité carbone. Cette thèse explore aussi les implications théoriques de l'intégration des ports dans un modèle d'économie circulaire, mettant en avant leur rôle clé dans la gestion des ressources, la création d'entreprises, la réduction des déchets et la régénération des territoires portuaires.

Notre travail a aussi permis l'élaboration d'un tableau de bord d'indicateurs dédié aux territoires industrialo-portuaires. Ce tableau a été construit en croisant les indicateurs existants de l'économie circulaire après une étude de la littérature scientifique, les indicateurs d'organismes comme l'Union Européenne, Ellen McArthur ou encore l'ADEME, mais aussi la construction d'indicateurs *ad-hoc* avec l'aide des collectivités et du port de Dunkerque.

Sur le plan méthodologique, nous avons mobilisé plusieurs moyens pour mener à bien notre collecte de données. La période des enquêtes qui correspondait à la période de confinement a nécessité une approche flexible. Le tableau d'indicateurs a été adapté en questionnaire (voir Annexe 1 pour les détails de sa conception) via plusieurs logiciels spécialisés comme « Google form » ou encore « LimeSurvey » qui dispose d'outils d'analyse de résultats facilitant les interprétations. Des supports additionnels (PDF modifiables) ont aussi été envoyés comme

supports pour permettre aux répondants de compléter leurs réponses sur une période donnée. Des prises de contact individuelles ont par la suite été faites pour permettre d'échanger sur les questionnaires et dans le cas échéant de compléter les réponses. Les données obtenues ont ensuite été regroupées dans le logiciel « LimeSurvey » pour être interprétées.

Apports pratiques de la thèse

Nos travaux permettent de sensibiliser les parties prenantes sur la question du développement durable et plus précisément de l'économie circulaire en mettant en avant tous les aspects à considérer (Acteurs, relations, ressources pour aboutir à des résultats). Si les politiques ont tendance à mettre en avant les entreprises qui produisent les résultats les plus quantifiables, il ne faut pas négliger le rôle de l'université par exemple et sa fonction de recherche qui permet de faciliter la mise en œuvre des activités d'économie circulaire, ou encore des institutions qui ensemble mettent en place un climat favorable pour les entreprises.

Notre concept d'écosystème d'innovation circulaire peut être utile pour comparer les facteurs d'émergence de la création de valeur dans les territoires industrialo-portuaires et d'en faire ressortir les mécanismes et l'ensemble des parties prenantes qui ne sont que très peu abordés à l'heure actuelle. Une comparaison suivant les caractéristiques d'un tel écosystème peut mettre en avant les chaînants manquants d'un territoire industrialo-portuaire qui limiteraient sa création de valeur. Venant compléter les possibilités qu'offre notre concept d'écosystème d'innovation circulaire, le tableau d'indicateurs peut être utilisé comme un outil de gestion et de management collaboratif en apportant une contribution significative à la manière dont les acteurs peuvent aborder la collaboration et la gestion des projets d'économie circulaire sur le territoire et qui faciliterait par la même occasion la gouvernance de l'économie circulaire. En effet, le tableau de bord peut être adapté en logiciel collaboratif et être utilisé de trois manières :

- 1) En tant que logiciel de suivi de projets d'économie circulaire, le tableau d'indicateurs peut fournir des informations en temps réels des projets. Ce qui permettrait une meilleure réactivité des acteurs concernés, tout en ayant une vue générale du projet durant l'ensemble de sa durée de vie.
- 2) En tant qu'outil de recensement des flux. Le tableau de bord qui s'intéresse aux coproduits et aux mouvements des flux de déchets peut créer des opportunités de valorisation si tous les acteurs

(entreprises et institutions) participent. En mettant la quantité et le type de déchet produit, une entreprise peut attirer des projets de valorisation de ses déchets. L'outil peut aussi contribuer à ceux déjà existant, comme les toiles industrielles de l'Agence d'urbanisme de Dunkerque qui présentent un panorama des flux existant sur le territoire. En ce sens, notre outil peut compléter ces informations en proposant des données plus quantitatives et détaillées.

3) Enfin, le tableau de bord peut servir d'outil de « *benchmark* » pour mesurer la transition des territoires industrialo-portuaires et en tirer les bonnes pratiques. Pour ces raisons, il nous semble faisable et intéressant d'engager de futures recherches sur l'adaptation de cet outil à des fins plus pratiques.

Perspectives et limitations de la thèse

Notre travail qui croise économie circulaire, écosystème d'innovation et territoires industrialo-portuaires esquisse des pistes de réflexion pour de futures recherches qui approfondiraient les mécanismes de coordination entre les différentes parties prenantes.

La seconde piste de recherche repose sur les outils législatifs mis en place par les politiques pour permettre la transition vers l'économie circulaire. Il serait aussi intéressant d'approfondir le rôle de l'université dans l'émergence dans la mise en place de l'économie circulaire.

Une troisième piste serait la continuité des travaux de thèse en comparant plusieurs territoires industrialo-portuaires en vue d'en tirer les bonnes pratiques ou les phases de la transition dans lesquelles ces territoires se trouvent. Cette comparaison peut d'ailleurs commencer avec les ports du range Nord Européen qui ont déjà été étudiés pour la sélection de notre deuxième cas d'études qui est North Sea Port.

Cependant un tel travail de comparaison se heurte à plusieurs obstacles comme la barrière de la langue et de la distance pour la collecte des données et nécessiterait donc des collaborations avec différents chercheurs présents dans ces différents ports. Une telle collaboration nécessite aussi des ressources conséquentes. D'autre part, notre tableau d'indicateurs a été créé pour les territoires industrialo-portuaires, en ce sens, il est nécessaire de l'adapter pour pouvoir être utilisé à d'autres types de territoires.

La principale limitation de notre travail repose sur la disponibilité des données. En effet, pour le cas de l'axe 4 « impacts environnementaux » de notre tableau d'indicateurs par exemple, le facteur bloquant se situe autour de la confidentialité des données et de la réticence des entreprises à transmettre des données quantitatives sur leurs externalités négatives. La raison la plus évoquée est la question de l'image de l'entreprise qui pourrait avoir un impact direct sur leurs revenus. Comme nous l'avons indiqué dans notre travail, les territoires industrialo-portuaires sont en pleine transition vers l'économie circulaire. Les données que nous avons collectées devront donc être mises à jour pour voir l'évolution de la mise en place des projets d'économie circulaire dans ces territoires. En ce sens, les notations présentées dans le premier chapitre sont vouées à changer, et ce, dans le sens positif ou même négatif si les efforts des parties prenantes ne sont pas maintenus.

BIBLIOGRAPHIE

- Abbes, S., & Guillaume, J. M. (2008). Ports de commerce et économie portuaire. In *Mare economicum - Enjeux et avenir de la France maritime et littorale* (pp. 361-389). Presses Universitaires de Rennes (PUR). <https://doi.org/10.4000/books.pur.53781>
- Acri, M., Dobričić, S., & Debevec, M. (2021). Regenerating the Historic Urban Landscape through Circular Bottom-Up Actions: The Urban Seeding Process in Rijeka. *Sustainability*, 13(8), 4497.
- ADEME. (2014). Economie circulaire : Notions.
- Adner, R. (2006). Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. *Harvard Business Review*, 84(4), 98.
- Adner, R., & Kapoor, R. (2010). Value creation in innovation ecosystems: How the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. *Strategic Management Journal*, 31(3), 306-333.
- AGUR. (2019). L'éconographie Flandre-Dunkerque.
- AGUR. (2020). Les chiffres de la population décryptés - Région Flandre-Dunkerque.
- Allenby, B. R. (1992). Industrial ecology: The materials scientist in an environmentally constrained world. *MRS Bulletin*, 17(3), 46-51.
- Andersen, M. S. (2007). An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability science*, 2(1), 133-140.
- Andriamanantena, A., Boutillier, S., De Rouffignac, A., & Laperche, B. (2023). *L'économie circulaire dans les ports du Range Nord Européen. Etat des lieux pour la constitution d'écosystèmes d'innovation circulaires - Programme IMPPEC (Impact des Ports sur l'Economie Circulaire) – Rapport N°3*.
- Andriamanantena, A., Veyssière, S., Le, S. T. K., Cottonnec, G., & Laperche, B. (2020). Le Rôle des Ports dans L'Économie Circulaire. Construction d'un Tableau de Bord d'Indicateurs. *Devport*. <https://riifr.univ-littoral.fr/wp-content/uploads/2012/12/doc-312-Le-role-des-ports-dans-leconomie-circulaire.-Construction-dun-tableau-de-bord-dindicateurs.pdf>
- Andriamanantena, A. N., Laperche, B., & Boutillier, S. (2022). Building Circular Innovation Ecosystem in Industrial Port Territories: The Case of Dunkirk, France. In *Business Models for the Circular Economy: A European Perspective* (pp. 139-167). Springer.
- Angrisano, M., & Fusco Girard, L. (2017). The Circular Economy Approach for the Regeneration of Torre Annunziata Port Area. *Bollettino Del Centro Calza Bini*, 17(1), 11-21.
- ANVERS. (2022). *Facts and figures*.

- Arrhenius, S. (1896). XXXI. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 41(251), 237-276.
- Asheim, B. T., Grillitsch, M., & Trippel, M. (2016). Regional innovation systems: Past–present–future. *Handbook on the geographies of innovation*, 45-62.
- Audretsch, D. (2012). Entrepreneurship research. *Management Decision*, 50(5), 755-764.
- Autio, E., & Thomas, L. (2014). Innovation ecosystems. *Oxford handbook of innovation management*, 204-288.
- Avdiushchenko, A., & Zajac, P. (2019). Circular economy indicators as a supporting tool for European regional development policies. *Sustainability*, 11(11), 3025.
- Baas, L. (1998). Cleaner production and industrial ecosystems, a Dutch experience. *Journal of Cleaner Production*, 6(3-4), 189-197.
- Baas, L. (2000). Developing an industrial ecosystem in Rotterdam: learning by... what? *Journal of industrial ecology*, 4(2), 4-6.
- Baas, L. (2011). Planning and uncovering industrial symbiosis: comparing the Rotterdam and Östergötland regions. *Business Strategy and the Environment*, 20(7), 428-440.
- Baas, L. W., & Boons, F. A. (2004). An industrial ecology project in practice: exploring the boundaries of decision-making levels in regional industrial systems. *Journal of Cleaner Production*, 12(8-10), 1073-1085.
- Baas, L. W., & Huisingh, D. (2008). The synergistic role of embeddedness and capabilities in industrial symbiosis: illustration based upon 12 years of experiences in the Rotterdam Harbour and Industry Complex. *Progress in Industrial Ecology, An International Journal*, 5(5-6), 399-421.
- Badillo, A. (2023). *Pays les plus pollueurs au monde : classement valable en 2023*. <https://climate.selectra.com/fr/empreinte-carbone/pays-pollueurs#:~:text=En%202022%2C%20les%20%C3%A9missions%20mondiales,pr%C3%A9vues%20ne%20pr%C3%A9voient%20aucune%20baisse>.
- Bahers, J.-B., Tanguy, A., & Pincetl, S. (2020). Metabolic relationships between cities and hinterland: a political-industrial ecology of energy metabolism of Saint-Nazaire metropolitan and port area (France). *Ecological Economics*, 167, 106447.
- Bairoch, P. (1989). Les trois révolutions agricoles du monde développé: rendements et productivité de 1800 à 1985. *Annales. Histoire, Sciences Sociales*,
- Beall, J. (2017). *La politique européenne de transport maritime Au regard des enjeux de développement durable Et des engagements climat*

- Becattini, G. (2016). Sectors and/or districts: some remarks on the conceptual foundations of industrial economics. In *Small firms and industrial districts in Italy* (pp. 123-135). Routledge.
- Beyer, A., & Lacoste, R. (2017). La transition écologique des territoires urbano-portuaires. *Revue d'Economie Regionale Urbaine*(5), 857-880.
- Bilal, A., Li, X., Zhu, N., Sharma, R., & Jahanger, A. (2021). Green technology innovation, globalization, and CO2 emissions: recent insights from the OBOR economies. *Sustainability*, 14(1), 236.
- Blomsma, F., & Brennan, G. (2017). The emergence of circular economy. *Journal of industrial ecology*, 21.
- Blomsma, F., & Brennan, G. (2017). The emergence of circular economy: a new framing around prolonging resource productivity. *Journal of industrial ecology*, 21(3), 603-614.
- Bocken, N. M., Olivetti, E. A., Cullen, J. M., Potting, J., & Lifset, R. (2017). Taking the circularity to the next level: a special issue on the circular economy. In (Vol. 21, pp. 476-482): Wiley Online Library.
- Boehme, S. E., Panero, M. A., Muñoz, G. R., Powers, C. W., & Valle, S. N. (2009). Collaborative Problem Solving Using an Industrial Ecology Approach: The New York/New Jersey Harbor Economy-Wide Substance Flow Case Studies. *Journal of industrial ecology*, 13(5), 811-829.
- Boschma, R. (2005). Proximity and innovation: a critical assessment. *Regional studies*, 39(1), 61-74.
- Bosman, R., Loorbach, D., Rotmans, J., & Van Raak, R. (2018). Carbon lock-out: Leading the fossil port of Rotterdam into transition. *Sustainability*, 10(7), 2558.
- Boulding, K. E. (1966). The economics of knowledge and the knowledge of economics. *The American Economic Review*, 56(1/2), 1-13.
- Bourg, D., & Buclet, N. (2005). Changer la consommation dans le sens du développement durable: la voix de l'économie de fonctionnalité. *Futuribles*, 313, 27-37.
- Boussauw, K. (2014). City profile: Ghent, Belgium. *Cities*, 40, 32-43.
- Boutillier, S., Burmeister, A., Laperche, B., Brogniart, C. M., Uzunidis, D., & Kasmi, F. (2015). *Le territoire entrepreneurial durable. Etude du cas de Dunkerque (Nord-France)*.
- Boutillier, S., & Uzunidis, D. (2010). *Innovation et proximité entreprises, entrepreneurs et milieux innovateurs (innovation and proximity entreprises, entrepreneurs and innovative milieux)*.
- Boyer, R., & Orléan, A. (1991). Les transformations des conventions salariales entre théorie et histoire d'Henry Ford au fordisme. *Revue économique*, 233-272.

- Bresnahan, T., Gambardella, A., & Saxenian, A. (2001). 'Old economy' inputs for 'new economy' outcomes: Cluster formation in the new Silicon Valleys. *Industrial and Corporate Change*, 10(4), 835-860.
- Brotons, J. (2017). EC et droit. Vers une régionalisation de l'EC en France. *EC et territoire, Aix-en-Provence, Presses universitaires de province et Presses universitaires d'Aix-Marseille*, 103-109.
- Bruel, A., Kronenberg, J., Troussier, N., & Guillaume, B. (2019). Linking industrial ecology and ecological economics: A theoretical and empirical foundation for the circular economy. *Journal of industrial ecology*, 23(1), 12-21.
- Buclet, N. (2015). Ecologie industrielle et économie circulaire. In: EMS Management et société.
- Budoc, R. L. (2017). Le développement des ports ultramarins: quels enjeux environnementaux? *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, 8(1).
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. (2009). 'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International journal of technology management*, 46(3-4), 201-234.
- Carpenter, A., Lozano, R., Sammalisto, K., & Astner, L. (2018). Securing a port's future through Circular Economy: Experiences from the Port of Gävle in contributing to sustainability. *Marine pollution bulletin*, 128, 539-547.
- Castells, M. (2011). *The rise of the network society*. John Wiley & Sons.
- Cerceau, J., Junqua, G., Lopez-Ferber, M., & Mat, N. (2015). Au cœur des nouvelles filières de recyclage des déchets, les ports. *Annales des Mines-Réalités industrielles*,
- Cerceau, J., Mat, N., Junqua, G., Lin, L., Laforest, V., & Gonzalez, C. (2014). Implementing industrial ecology in port cities: international overview of case studies and cross-case analysis. *Journal of Cleaner Production*, 74, 1-16.
- Charlier, A. (1953). L'industrie textile belge en 1952. *Recherches Économiques de Louvain/Louvain Economic Review*, 19(3), 265-278.
- Chen, M. H. (2007). Entrepreneurial leadership and new ventures: Creativity in entrepreneurial teams. *Creativity and Innovation Management*, 16(3), 239-249.
- Chertow, M. R. (2000). Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annual review of energy and the environment*, 25(1), 313-337.
- Cikankowitz, A., & Laforest, V. (2010). La directive IPPC: où en est-on et où va-t-on? *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 10(1).
- Ciriacy-Wantrup, S. V. (1952). Resource Conservation. Berkeley. In: California: University of California Press.

- Cohendet, P., Simon, L., & Mehouachi, C. (2021). From business ecosystems to ecosystems of innovation: the case of the video game industry in Montréal. *Industry and Innovation*, 28(8), 1046-1076.
- Colijn, C., & Binnendijk, A. (1998). Physical planning in the coastal region of Zeeland, the Netherlands. *Journal of Coastal Conservation*, 4, 135-142.
- Collard, F. (2021). Les COP sur les changements climatiques. *Courrier hebdomadaire du CRISP*, 2486-2487(1), 5-68. <https://doi.org/10.3917/cris.2486.0005>
- Colletis, G., & Pecqueur, B. (2005). Révélation de ressources spécifiques et coordination située. *Économie et institutions*(6-7), 51-74. <https://journals.openedition.org/ei/900>
- Colrat, A., Decludt, A., Cartier, J., Gomez, F., Gudéfin, P., Caude, G., Fulda, B., & Marendet, F. (2018). *La transformation du modèle économique des grands ports maritimes*.
- Commission, E. (2020). *COMMUNICATION DE LA COMMISSION AU PARLEMENT EUROPÉEN, AU CONSEIL, AU COMITÉ ÉCONOMIQUE ET SOCIAL EUROPÉEN ET AU COMITÉ DES RÉGIONS*. Bruxelles
- Cooke, P. N., Heidenreich, M., & Braczyk, H.-J. (2004). *Regional Innovation Systems: The role of governance in a globalized world*. Psychology Press.
- Courlet, C. (2002). Les systèmes productifs localisés. *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, 27-40.
- Crabbé, P. (1997). Le développement durable: concepts, mesures et déficiences des marchés et des politiques au niveau de l'économie ouverte, de l'industrie et de l'entreprise. *Document hors-série n°16. Industrie Canada*.
- Datalab. (2022). *Bilan 2020 de la production de déchets en France*.
- Dattée, B., Alexy, O., & Autio, E. (2018). Maneuvering in poor visibility: How firms play the ecosystem game when uncertainty is high. *Academy of Management Journal*, 61(2), 466-498.
- De Geest, M., Michielsens, B., Ciocarlan, R.-G., Cool, P., & Seftel, E. M. (2023). Structured LDH/Bentonite Composites for Chromium Removal and Recovery from Aqueous Solutions. *Molecules*, 28(12), 4879.
- de Langen, P., & Sornn-Friese, H. (2019). Ports and the circular economy. In *Green ports* (pp. 85-108). Elsevier.
- de Langen, P. W., Sornn-Friese, H., & Hallworth, J. (2020). The role of port development companies in transitioning the port business ecosystem; the case of port of Amsterdam's circular activities. *Sustainability*, 12(11), 4397.

- De Pascale, A., Arbolino, R., Szopik-Depczyńska, K., Limosani, M., & Ioppolo, G. (2021). A systematic review for measuring circular economy: The 61 indicators. *Journal of Cleaner Production*, 281, 124942.
- de Rousiers, P. (1904). Les fonctions économiques des ports maritimes. *Revue économique internationale*, 824-825.
- Demers, C. (2003). L'entretien. *Conduire un projet de recherche. Une perspective qualitative*, 173-210.
- Dépelteau, F. (2000). La démarche d'une recherche en sciences humaines. In *La démarche d'une recherche en sciences humaines*. Presses de l'Université Laval.
- Dialga, I. (2021). Evaluating Normandy's sustainable development and energy transition policies. *Journal of Cleaner Production*, 305, 127096.
- Diemer, A. (2016). Les symbioses industrielles : un nouveau champ d'analyse pour l'économie industrielle. *innovations*, 50(2), 65-94. <https://doi.org/10.3917/inno.050.0065>
- Domenech, T., & Davies, M. (2011). Structure and morphology of industrial symbiosis networks: The case of Kalundborg. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 10, 79-89.
- Doranova, A., Shauchuk, P., Schatten, A., Le Gallou, M., & Perez, M. (2020). *CCU hub in the North Sea Port - Socio-economic impact assessment of the CCU-hub implementation in the North Sea Port industrial zone*. North Sea Port: POM Oost-Vlaanderen
- Doucet, L. (1985). L'éco-développement: virage ou mirage pour l'organisation communautaire? *Service social*, 34(2-3), 231-248.
- Drewe, P. (1993). Infrastructure Barriers, Cooperation and Innovative Policies in a Frontier Region: The Scheldt Estuary. R. Ratti and S. Reichman, *Theory and Practice of Transborder Cooperation. Helbing and Lichtenbahn: Basel und Frankfurt am Main*, 303, 315.
- Ducruet, C. (2015). *Maritime networks: spatial structures and time dynamics*. Routledge.
- Dufourg, O. (2019). *L'arrivée d'Usinor a métamorphosé l'agglomération*. Retrieved 13 mars from <https://www.lavoixdunord.fr/517046/article/2019-01-06/l-arrivee-d-usinor-metamorphose-l-agglomeration>
- Duszyński, J., Audievre, L., Mus, M., & Mary, J.-F. (2015). Seine Gateway® at the heart of North-Western European freight flows: regional dynamics and current challenges. *The Central European Review of Economics and Management*, 15(1), 5-23.
- EEA. (2016). *Circular economy in Europe - Developing the knowledge base*.
- El-Haggar, S. (2007). Sustainability of Industrial Waste Management. In *Sustainable Industrial Design and Waste Management*.

- Erkman, S. (2004). *Vers une écologie industrielle : comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle*.
- Escobal, I., Manuel Baraibar, J., Garcia Mochales, J. L., Gonzalez, J., Arlandi, M., & Bernardo, A. (2021). Stabilization works in the quarry of Punta Lucero (Port of Bilbao). *INFORMES DE LA CONSTRUCCION*, 73(562).
- Ezzat, A. M. (2016). Sustainable Development of Seaport Cities through Circular Economy: A Comparative Study with Implications to Suez Canal Corridor Project. *European Journal of Sustainable Development*, 5(4), 509-522.
- Ferreira da Cunha, R., & Missemmer, A. (2020). The Hotelling rule in non-renewable resource economics: A reassessment. *Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économique*, 53(2), 800-820.
- Ferreira, I. d. A., de Castro Fraga, M., Godina, R., Souto Barreiros, M., & Carvalho, H. (2019). A proposed index of the implementation and maturity of circular economy practices—the case of the pulp and paper industries of Portugal and Spain. *Sustainability*, 11(6), 1722.
- Figuière, C., & Chebbi, A. (2016). Écologie Industrielle (EI) et Économie Circulaire (EC). Concurrentes ou complémentaires? XXXIIèmes journées du développement ATM 2016" Catastrophes, vulnérabilités et résiliences dans les pays en développement",
- Fischer, A. (1980). *L'industrialisation contemporaine des Pays-Bas*. Publications de la Sorbonne. <https://books.openedition.org/psorbonne/37432?lang=fr>
- Foote, E. (1856). ART. XXX.--On the Heat in the Sun's Rays. *American Journal of Science and Arts (1820-1879)*, 22(66), 377.
- Foulquier, E. (2012). Politique (s) de l'espace portuaire. *L'Espace Politique. Revue en ligne de géographie politique et de géopolitique*(16).
- Foundation, E. M. (2015). *What is circular economy?* <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/schools-of-thought>
- Freeman, C. (1982). Technological infrastructure and international competitiveness', draft paper submitted to the OECD ad hoc group on Science, technology and competitiveness. *Mimeo*.
- Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance Lessons from Japan*. London, New York, Frances Printer Publishers.
- Fremont, A. (2019). Le transport maritime depuis 1945: facteur clé de la mondialisation. *Entreprises et histoire*(1), 16-29.
- Frosch, R. A., & Gallopoulos, N. (1989). Strategies for manufacturing. *Sci. Am.*, 261, 144-152.
- Fusco Girard, L. (2013). Toward a smart sustainable development of port cities/areas: The role of the "Historic Urban Landscape" approach. *Sustainability*, 5(10), 4329-4348.

- Gallaud, D., & laperche, B. (2016). Économie circulaire et développement durable. Écologie industrielle et circuits courts. *Revue Projet*, 6.
- Gallopín, G. C. (1996). Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A systems approach. *Environmental modeling & assessment*, 1, 101-117.
- Garrido, J., Silva, D., Portela, B., & Lekube, B. (2021). Integrated User-Oriented Service for 3D Printing Environments with Recycled Material from Maritime Plastic Waste. *Applied Sciences*, 11(9), 3787.
- GASTAL, B., BOMMELAER, O., & DENHEZ, F. (2006). Une économie verte?
- Gaudiaut, T. (2023). *L'essor du commerce maritime mondial*. <https://fr.statista.com/infographie/24533/commerce-maritime-mondial-evolution-volume-de-fret-maritime-de-marchandises/>
- Gauthier, B. (2003). *Recherche sociale: de la problématique à la collecte des données*. Puq.
- Gawer, A., & Cusumano, M. A. (2002). *Platform leadership: How Intel, Microsoft, and Cisco drive industry innovation* (Vol. 5). Harvard Business School Press Boston, MA.
- Geldron, A. (2013). Fiche technique-Économie Circulaire: Notions, version modifiée Octobre 2014. In: Ademe.
- Geng, Y., Zhang, P., Côté, R. P., & Fujita, T. (2009). Assessment of the national eco-industrial park standard for promoting industrial symbiosis in China. *Journal of industrial ecology*, 13(1), 15-26.
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11-32.
- Giarini, O., & Stahel, W. R. (1990). *Les limites du certain: affronter les risques dans une nouvelle économie de service*. PPUR presses polytechniques.
- Gomes, L. A., Facin, A. L. F., Salerno, M. S., & Ikenami, R. K. (2018). Unpacking the innovation ecosystem construct: Evolution, gaps and trends. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 30-48.
- Goodlet, K. W. (2013). "Reduced to the banks of mud from which they were reclaimed": The province of Zeeland, war and reconstruction, 1940-1945. *Canadian Journal of Netherlandic Studies*, 34, 29-56.
- Gottwald, F., & Budde, J. (2015). Mit Bioökonomie die Welt ernähren. *Institut für Welternährung—World Food Institute eV, Berlin*.
- Granstrand, O., & Holgersson, M. (2020). Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Technovation*, 90, 102098.

- Gras, P. (2010). La reconstruction (1945-1954). In *Le temps des ports* (pp. 39-60). Tallandier.
<https://www.cairn.info/le-temps-des-ports--9782847346756-page-39.htm>
https://www.cairn.info/load_pdf.php?ID_ARTICLE=TALLA_GRAS_2010_01_0039
- Gravagnuolo, A., Angrisano, M., & Fusco Girard, L. (2019). Circular economy strategies in eight historic port cities: Criteria and indicators towards a circular city assessment framework. *Sustainability*, 11(13), 3512.
- Greffet, P., Mauroux, A., Ralle, P., & Randriambololona, C. (2012). Définir et quantifier l'économie verte. *L'économie française*, 86-104.
- Guerrero, M., Urbano, D., Fayolle, A., Klofsten, M., & Mian, S. (2016). Entrepreneurial universities: emerging models in the new social and economic landscape. *Small Business Economics*, 47(3), 551-563.
- Guillard, V. (2018). D'une économie linéaire à une économie circulaire. *Economie et Management*(168).
- Haezendonck, E., & Van den Berghe, K. (2020). Patterns of circular transition: what is the circular economy maturity of Belgian ports? *Sustainability*, 12(21), 9269.
- Hamon, J.-F. (2015). La démarche de recherche en sciences humaines et sociales. *Travaux & documents*(49), 11--18.
- Hannah, D. P., & Eisenhardt, K. M. (2018). How firms navigate cooperation and competition in nascent ecosystems. *Strategic Management Journal*, 39(12), 3163-3192.
- Heaton, S., Siegel, D. S., & Teece, D. J. (2019). Universities and innovation ecosystems: a dynamic capabilities perspective. *Industrial and Corporate Change*, 28(4), 921-939.
- Hertog, J., & Lentacker, F. (1967). Les transformations actuelles de la Zélande. *Hommes et Terres du Nord*, 2(1), 7-22.
- Hintjens, J. (2021). Cooperation in the bundling of hinterland flows of adjacent seaports, an application to the European TEN-T core ports. *Maritime Policy & Management*, 48(5), 754-775.
- Hirsch, P. M., & Levin, D. Z. (1999). Umbrella advocates versus validity police: A life-cycle model. *Organization science*, 10(2), 199-212.
- Hisrich, R. D., Peters, M. P., & Shepherd, D. A. (2017). *Entrepreneurship*. McGraw-Hill Education.
- Homrich, A. S., Galvao, G., Abadia, L. G., & Carvalho, M. M. (2018). The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. *Journal of Cleaner Production*, 175, 525-543.
- Huang, L., Wu, J., & Yan, L. (2015). Defining and measuring urban sustainability: a review of indicators. *Landscape ecology*, 30, 1175-1193.

- Husser, C., & Raison, S. (2015). Dunkerque : la reconversion de terrains portuaires. *Annales des Mines - Réalités industrielles*, *vembre 2015(4)*, 66-71. <https://doi.org/10.3917/rindu1.154.0066>
- Iansiti, M., & Levien, R. (2004a). The keystone advantage: what the new dynamics of business ecosystems mean for strategy, innovation, and sustainability. *Harvard Business Press*.
- Iansiti, M., & Levien, R. (2004b). Strategy as ecology. *Harvard Business Review* 82(3).
- Jackson, B. (2011). What is an innovation ecosystem?, Washington DC. In.
- Jacobs, P., & Sadler, B. (1990). *Sustainable Development and Environmental Assessment: Perspectives on Planning for a Common Future*
- Jacobsen, N. B. (2006). Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: a quantitative assessment of economic and environmental aspects. *Journal of industrial ecology*, 10(1-2), 239-255.
- Journé, B. (2018). *Collecter les données par l'observation*.
- Jurgensen, P. (2009). L'économie verte. *Paris: Odile Jacob*.
- Kapur, A., & Graedel, T. E. (2004). Industrial ecology. *Encyclopedia of Energy*, 3, 373-382.
- Karimpour, R., Ballini, F., & Ölcer, A. I. (2019). Circular economy approach to facilitate the transition of the port cities into self-sustainable energy ports—A case study in Copenhagen-Malmö Port (CMP). *WMU Journal of Maritime Affairs*, 18(2), 225-247.
- Karimpour, R., Ballini, F., & Ölcer, A. I. (2020). Port-city redevelopment and the circular economy agenda in Europe. *European Port Cities in Transition: Moving Towards More Sustainable Sea Transport Hubs*, 53-71.
- Kasmi, F. (2018). The “Eco-innovative” Milieu: Industrial Ecology and Diversification of Territorial Economy. *Collective Innovation Processes: Principles and Practices*, 4, 131-157.
- Kasmi, F. (2020). Industrial Symbiosis and Territorial Development: The Cross-Fertilization of Proximity Dynamics and the Role of Information and Knowledge Flows. *Journal of the Knowledge Economy*, 1-21.
- Kasmi, F. (2021). Milieu–Innovative Milieu: The Strength of Proximity Ties. *Innovation Economics, Engineering and Management Handbook 2: Special Themes*, 195-200.
- Kasmi, F., Iaperche, B., Brogniart, C. M., & Burmeister, A. (2017). Écologie industrielle, milieu innovateur et gouvernance territoriale : Le cas de Dunkerque (Nord- France). *Canadian Journal of Regional Science*
- Kasmi, F. d. (2018a). *Écologie industrielle, milieu éco-innovateur et diversification de l'économie territoriale: le cas du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque* Université du Littoral Côte d'Opale]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01998218/document>

- Kasmi, F. d. (2018b). Écologie industrielle, milieu éco-innovateur et diversification de l'économie territoriale: le cas du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque.
- Kasmi, F. d. (2018c). *Industrial ecology, eco-innovative milieu and diversification of the territorial economy : the case of the industrial-port complex of Dunkirk*
- Écologie industrielle, milieu éco-innovateur et diversification de l'économie territoriale : le cas du complexe industrialo-portuaire de Dunkerque* (Publication Number 2018DUNK0488) Université du Littoral Côte d'Opale]. Star Cnrs Ao-economie Shs Univ-lille Riate. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01998218>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank Group
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, conservation and recycling*, 127, 221-232.
- Kirchherr, J., Yang, N.-H. N., Schulze-Spüntrup, F., Heerink, M. J., & Hartley, K. (2023). Conceptualizing the Circular Economy (Revisited): An Analysis of 221 Definitions. *Resources, conservation and recycling*, 194, 107001.
- Koenig, G. (2012). Le concept d'écosystème d'affaires revisité. *Revue management*, 15, 209 - 224.
- Konietzko, J., Bocken, N., & Hultink, E. (2020). Circular ecosystem innovation: An initial set of principles. *Journal of Cleaner Production*, 253, 119942.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular economy: the concept and its limitations. *Ecological Economics*, 143, 37-46.
- Lacoste, R., & Bouchet, A. G. (2012). Le concept de «cooperative gateway», un mode de coopération entre autorités portuaires au sein d'une méga-région. *Les ports de l'axe Seine dans la desserte du bassin parisien*.
- Lacroix, V., & Zaccai, E. (2010). Quarante ans de politique environnementale en France: évolutions, avancées, constante. *Revue française d'administration publique*(2), 205-232.
- Lacy, P., Long, J., & Spindler, W. (2020). *The circular economy handbook*. Springer.
- Lagasse, J., & Schalck, D. (2023). *North Sea Port. Together. Smarter : Zeeland Seaports and Port of Ghent merger successful*. <https://www.pc-nsp.com/en/news/56-north-sea-port-together-smarter>
- Laperche, B., Fourmentin, S., Llorens, J. M., Hardouin, P., & Abi-Aad, E. (2021). Une approche systémique de la valorisation de la recherche : le cas de l'université du Littoral Côte d'Opale. *Technologie et innovation*, 6. <https://doi.org/10.21494/ISTE.OP.2021>.
- Le Corroller, C. (2012). Mots et sens du territoire dans les démarches d'innovation sociale en Basse-Normandie. *Geographie Economie Societe*, 14(3), 287-302.

- Le Feber, N. (2018). *Corporate cross-border cooperation in the Ghent-Terneuzen Canal Zone* [Utrecht University].
- Leon-Fernandez, L., Caballero-Ortiz, A., Martinez-Mora, O., Fransaer, J., & Dominguez-Benetton, X. (2023). Mechanism and kinetics of gold recovery and Au nanoparticle synthesis by Gas-Diffusion Electrocrystallization (GDEx). *Electrochimica Acta*, 460, 142592.
- LesEchos. (2021). *La décarbonation de la France passera par Dunkerque*. Retrieved 13 mars from <https://www.lesechos.fr/partenaires/dunkerque/la-decarbonation-de-la-france-passera-par-dunkerque-1358128#:~:text=Au%20total%2C%20le%20territoire%20accueille,des%20%C3%A9missions%20industrielles%20de%20France.>
- Libourel, É. (2017). Chapitre 5. Vers une France post-industrielle ? In *Géographie de la France* (pp. 128-153). Armand Colin. <https://www.cairn.info/geographie-de-la-france--9782200616298-page-128.htm>
https://www.cairn.info/load_pdf.php?ID_ARTICLE=ARCO_LIBOU_2017_01_0128
- Lindeman, R. L. (1942). The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology*, 23(4), 399-417.
- Livian, Y. (2015). *Initiation à la méthodologie de recherche en SHS*.
- Lopez, F. J. D., Bastein, T., & Tukker, A. (2019). Business model innovation for resource-efficiency, circularity and cleaner production: what 143 cases tell us. *Ecological Economics*, 155, 20-35.
- Lorek, M. (2012). Eco-industrie et reconversion du territoire industriel et portuaire: le cas de Gdansk. *Marche et organisations*(2), 129-152.
- Lundvall, B.-A. (1985). Product innovation and user-producer interaction. *The Learning Economy and the Economics of Hope*, 19, 19-60.
- Lundvall, B.-Å. (2010). *National systems of innovation: Toward a theory of innovation and interactive learning* (Vol. 2). Anthem press.
- Lundvall, B.-Å., Vang, J., & Joseph, K. (2009). Innovation system research and developing countries. In *Handbook of innovation systems and developing countries*. Edward Elgar Publishing.
- Luyten, D., & Govaert, S. (2010). L'économie et le mouvement flamand. *Courrier hebdomadaire du CRISP*, 2076(31), 5-46.
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31(2), 247-264.
- Marnot, B. (2000). Les ports, lieux du rayonnement européen. In *Encyclopédie d'histoire numérique de l'Europe [en ligne]*. EHNE.

- Marnot, B. (2014). Les ports français et la mondialisation au XIX^e siècle ou l'émergence de trois modèles de croissance régionaux. *Monde (s)*(2), 195-222.
- Marshall, A. (1920). Principles of Economics eight edition MacMillan. In: London.
- Marty, N., & Druelle-Korn, C. (2023). Histoire des entreprises et économie circulaire : pour une nécessaire clarification. *Entreprises et histoire*, 110(1), 6-17. <https://doi.org/10.3917/eh.110.0006>
- Mason, C., & Brown, R. (2014). Entrepreneurial ecosystems and growth oriented entrepreneurship. *Final report to OECD, Paris*, 30(1), 77-102.
- Mat, N. (2015). *Dynamiques de transition dans les territoires portuaires: apport de l'écologie industrielle et territoriale aux processus d'adaptation vers une société bas-carbone* Saint-Etienne, EMSE].
- Mat, N., Cerceau, J., & ALIX, Y. (2015). Economie circulaire et écosystèmes portuaires. *Note stratégique et prospective réalisée pour le compte de la Fondation Sefacil*.
- Mat, N., Cerceau, J., Junqua, G., & Lopez-Ferber, M. (2014). Des approches cloisonnées à l'approche territoriale, plus-value des interactions fonctionnelles dans les territoires industrialo-portuaires. Article de colloque (Conférence Interdisciplinaire sur l'Ecologie Industrielle et Territoriale des 9 et 10 octobre 2014 à Troyes, France),
- Mat, N., Cerceau, J., Lopez-Ferber, M., & Junqua, G. (2017). Complexity as a means of resilience in metropolitan port areas: Application to the Aix-Marseille case study in France. *Journal of Cleaner Production*, 145, 159-171.
- Mchich, R., Yassine, A., & Elhaddari, O. (2022). Conception d'un modèle d'économie circulaire pour l'optimisation des flux logistiques des sous-produits de l'olivier. *Revue Marocaine de Management, Logistique et Transport*(5).
- Mellos, K., & Mellos, K. (1988). Theory of eco-development. *Perspectives on Ecology: A Critical Essay*, 59-74.
- Michon, B. (2000). Les grands ports de commerce européens In E. d. h. n. d. l. E. e. ligne] (Ed.), *EHNE*.
- Mitra, B., Elhaj, A. I., & Rahman, S. M. (2023). Sustainable Development and Industrial Ecosystem. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*.
- Moore, J. (1996). The death of competition: leadership and strategy in the age of business ecosystems. *Book Review and Commentary by Herb Rubenstein, President, Sustainable Business Group*.
- Moore, J. F. (1993). Predators and Prey: A New Ecology of Competition. *Harvard Business Review*, 71, 75-86.

- Moore, J. F. (2006). Business ecosystems and the view from the firm. *The antitrust bulletin*, 51(1), 31-75.
- Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K., De Meester, S., & Dewulf, J. (2019). Circular economy indicators: What do they measure? *Resources, conservation and recycling*, 146, 452-461.
- Mortensen, L., Kringelum, L. B., & Gjerding, A. N. (2023). How industrial symbiosis emerges through partnerships: actors, platforms, and stakeholder processes leading to collaborative business models in port industrial areas. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 17(1-2), 205-228.
- Moulaert, F., & Sekia, F. (2003). Territorial innovation models: a critical survey. *Regional studies*, 37(3), 289-302. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0034340032000065442>
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of business ethics*, 140, 369-380.
- Nalebuff, B. J., & Brandenburger, A. (1996). *Co-opetition*.
- Nalebuff, B. J., Brandenburger, A., & Maulana, A. (1996). *Co-opetition*. HarperCollinsBusiness London.
- Nambisan, S., & Baron, R. A. (2013). Entrepreneurship in innovation ecosystems: Entrepreneurs' self-regulatory processes and their implications for new venture success. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 37(5), 1071-1097.
- Nelson, R. R. (1993). *National innovation systems: a comparative analysis*. Oxford University Press on Demand.
- Ness, D. (2008). Sustainable urban infrastructure in China: towards a factor 10 improvement in resource productivity through integrated infrastructure system. *Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.* 15, 288e301. Noronha, J., 1999. *Scavengers and Decomposers in an Industrial*.
- Nguyên-Duy, V., & Luckerhoff, J. (2006). Constructivisme/positivisme: où en sommes-nous avec cette opposition. *Les actes*, 5, 4-18.
- Niang, A. (2021). *L'économie circulaire, une innovation au service du développement territorial?* université Paris-Saclay].
- Niang, A., Bourdin, S., & Torre, A. (2020). L'économie circulaire, quels enjeux de développement pour les territoires? *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, 11(1).
- Nobre, G. C., & Tavares, E. (2021). The quest for a circular economy final definition: A scientific perspective. *Journal of Cleaner Production*, 314, 127973.

- Notteboom, T. (2023). 9 Port authority mergers in port systems. *Port Systems in Global Competition: Spatial-Economic Perspectives on the Co-Development of Seaports*, 183. https://books.google.co.jp/books?hl=fr&lr=&id=XkLGEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA183&dq=port+authority+mergers+in+port+systems&ots=MINLuqewco&sig=dOGlBnE1rHWSrgRMpCsVSeTUpRI&redir_esc=y#v=onepage&q=port%20authority%20mergers%20in%20port%20systems&f=false
- Oberle, B., Bringezu, S., Hatfield-Dodds, S., Hellweg, S., Schandl, H., Clement, J., Cabernard, L., Che, N., Chen, D., & Droz-Georget, H. (2019). Global Resources Outlook–Natural Resources for the Future we want. *International Resource Panel (IRP) of the United Nations Environment Program*.
- OCDE. (2005). *Manuel d'Oslo*.
- Odum, E. P., & Barrett, G. W. (1953). *Fundamentals of ecology* (Vol. 3). Saunders Philadelphia.
- OECD. (2018). Oslo Manual.
- ONU. (2019). *L'ONU appelle à reconsidérer de toute urgence l'utilisation des ressources alors que leur consommation augmente en flèche* <https://www.unep.org/fr/actualites-et-recits/communiquede-presse/lonu-appelle-reconsiderer-de-toute-urgence-lutilisation>
- ONU. (2022). *The Closing Window Climate crisis calls for rapid transformation of societies* (Emissions Gap Report, Issue).
- Pahun, J., Fouilleux, È., & Daviron, B. (2018). De quoi la bioéconomie est-elle le nom? Genèse d'un nouveau référentiel d'action publique. *Natures Sciences Sociétés*, 26(1), 3-16.
- Park, J. J., & Chertow, M. (2014). Establishing and testing the “reuse potential” indicator for managing waste as resources. *J. Environ. Manag*, 137, 45-53.
- Paxton, R. O., & Hessler, J. (2011). La reconstruction en Europe de l'Ouest, 1945-1951. In *L'Europe au XXe siècle* (pp. 441-466). Tallandier. <https://www.cairn.info/l-europe-au-xx-e-siecle--9782847348187-page-441.htm>
- https://www.cairn.info/load_pdf.php?ID_ARTICLE=TALLA_PAXTO_2011_01_0441
- Pecqueur, B., & Zimmermann, J.-B. (2004). *Economie de proximités*. Hermes-Lavoisier.
- Philbin, S. P., Jones, D., Brandon, N. P., & Hawkes, A. D. (2014). Exploring research institutes: Structures, functioning and typology. Proceedings of PICMET'14 Conference: Portland International Center for Management of Engineering and Technology; Infrastructure and Service Integration,
- Pieroni, M. P., McAloone, T. C., & Pigosso, D. C. (2019). Business model innovation for circular economy and sustainability: A review of approaches. *Journal of Cleaner Production*, 215, 198-216.

- Pintossi, N., Ikiz Kaya, D., & Pereira Roders, A. (2021). Assessing cultural heritage adaptive reuse practices: Multi-scale challenges and solutions in rijeka. *Sustainability*, *13*(7), 3603.
- Pinyol Alberich, J. (2022). Motivations of European Union Members States to adopt circular economy strategies: towards a critical geopolitical approach. *Journal of Innovation Economics & Management*, I-XXVIII.
- Porter, M. E. (1998). *Clusters and the new economics of competition* (Vol. 76). Harvard Business Review Boston.
- Portillo-Tarragona, P., Scarpellini, S., Moneva, J. M., Valero-Gil, J., & Aranda-Usón, A. (2018). Classification and measurement of the firms' resources and capabilities applied to eco-innovation projects from a resource-based view perspective. *Sustainability*, *10*(9), 3161.
- Poupard, G., & Baude, J. (2014). Les territoires inégaux face à la désindustrialisation. *Population & Avenir*, *5*(720), 4-8.
- Promotion, D. (2021). Des Fonds pour la Décarbonation de l'industrie et des Territoires. <https://www.dunkerquepromotion.org/2020/12/decarbonation-de-lindustrie-et-des-territoires/>
- Puig, M., & Wooldridge, C. (2022). *ESPO Environmental Report 2022 - EcoPortsinSights 2022*. Retrieved from [https://www.espo.be/media/ESP-2959%20\(Sustainability%20Report%202022\)_V8.pdf](https://www.espo.be/media/ESP-2959%20(Sustainability%20Report%202022)_V8.pdf)
- Roberts, T., Williams, I., Preston, J., Clarke, N., Odum, M., & O'Gorman, S. (2021). A Virtuous Circle? Increasing Local Benefits from Ports by Adopting Circular Economy Principles. *Sustainability*, *13*(13), 7079.
- Rocha, H., & Audretsch, D. B. (2022). Entrepreneurial ecosystems, regional clusters, and industrial districts: Historical transformations or rhetorical devices? *The Journal of Technology Transfer*, 1-24.
- Rotillon, G. (2019). *Économie des ressources naturelles*. La Découverte. <https://doi.org/10.3917/dec.rotil.2019.01>
- Ryckewaert, M., & Jocelyne, A. (2011). *Building the economic backbone of the Belgian welfare state: infrastructure, planning and architecture 1945-1973*. 010 Publishers Rotterdam.
- Sachs, I. (1980). Partie I - Approches de l'écodéveloppement. In *Stratégies de l'écodéveloppement*.
- Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., & Kendall, A. (2019). A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production*, *207*, 542-559.
- Sakai, S.-i., Yoshida, H., Hirai, Y., Asari, M., Takigami, H., Takahashi, S., Tomoda, K., Peeler, M. V., Wejchert, J., & Schmid-Unterseh, T. (2011). International comparative study of 3R and waste management policy developments. *Journal of material cycles and waste management*, *13*, 86-102.

- Savy, A.-C., N'diaye, M., & Kessari, M.-E. (2019). Le dispositif français de transition vers l'économie circulaire institutionnalise-t-il un concept? Une analyse transversale de discours. *Technologie et innovation*, 4(2), 1-25.
- Schäfer, M., & Löwer, M. (2020). Ecodesign—A review of reviews. *Sustainability*, 13(1), 315.
- Schulze, P. (1996). *Engineering within ecological constraints*. National Academies Press.
- Sehnem, S., Vazquez-Brust, D., Pereira, S. C. F., & Campos, L. M. (2019). Circular economy: benefits, impacts and overlapping. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(6), 784-804.
- Shahrokni, H., Årman, L., Lazarevic, D., Nilsson, A., & Brandt, N. (2015). Implementing smart urban metabolism in the Stockholm Royal Seaport: Smart city SRS. *Journal of industrial ecology*, 19(5), 917-929.
- Shaw, D. R., & Allen, T. (2018). Studying innovation ecosystems using ecology theory. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 88-102.
- Simula, L., & Simula, L. (2014). Dissertation 3. Ressources naturelles et croissance économique. In *La dissertation économique* (pp. 121-137). La Découverte. <https://www.cairn.info/la-dissertation-economique--9782707181879-page-121.htm>
- Smol, M., Kulczycka, J., & Avdiushchenko, A. (2017). Circular economy indicators in relation to eco-innovation in European regions. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 19, 669-678.
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013). A review of the circular economy in China: moving from rethoric to implementation. *J. Clean. Prod.*, 42, 215-277.
- Tansley, A. G. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, 16(3), 284-307.
- Theodoraki, C., & Catanzaro, A. (2022). Widening the borders of entrepreneurial ecosystem through the international lens. *The Journal of Technology Transfer*, 47(2), 383-406.
- Thomas, L. D., & Autio, E. (2019). Innovation ecosystems. *Available at SSRN 3476925*.
- Torre, A. (2009). Retour sur la notion de proximité géographique. *Géographie, économie, société*, 11(1), 63-75.
- Torre, A., & Dermine-Brullot, S. (2019). L'économie territoriale circulaire. *Systèmes alimentaires/Food Systems*(4), 27-47.
- Tsujimoto, M., Kajikawa, Y., Tomita, J., & Matsumoto, Y. (2018). A review of the ecosystem concept—Towards coherent ecosystem design. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 49-58.

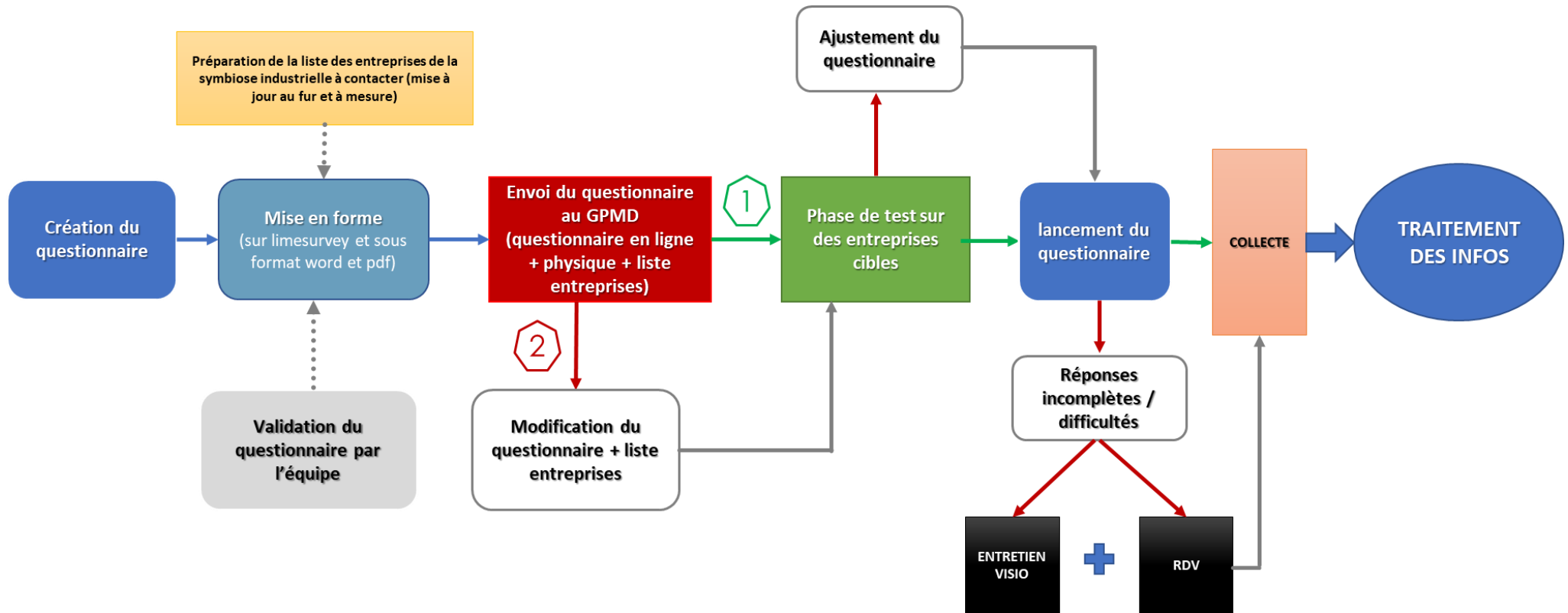
- Turner, R. K., & Pearce, D. W. (1990). *The ethical foundations of sustainable economic development*. International Institute for Environment and Development London, UK.
- Uche-Soria, M., & Rodríguez-Monroy, C. (2019). Solutions to marine pollution in Canary Islands' ports: alternatives and optimization of energy management. *Resources*, 8(2), 59.
- Uzunidis, D. (2008). The logic of the innovative milieu. *The Genesis of Innovation, Systemic Linkages between Knowledge and the Market*, E. Elgar, Cheltenham, 187-207.
- Uzunidis, D. (2010). Innovation et proximité. *La Revue des sciences de gestion*(1), 13-22.
- Uzunidis, D. (2014). Entrepreneurship Policies. *Entrepreneurship in Open Innovation Systems*.
- Vaillancourt, J. (1998). *Évolution conceptuelle et historique du développement durable*.
- Van der Maren, J.-M. (2010). La maquette d'un entretien. Son importance dans le bon déroulement de l'entretien et dans la collecte de données de qualité. *Recherches qualitatives*, 29(1), 129-139.
- van Westen, C.-J., Scheele, R. J., van Westen, C.-J., & Scheele, R. J. (1996). Characteristics of estuaries. *Planning Estuaries*, 9-60.
- Vandermotten, C. (2017). Les structures économiques de la Belgique et leur spatialité, des Golden Sixties à aujourd'hui. *Belgeo. Revue belge de géographie*(4).
- Vence, X., Pereira, A., & Laperche, B. (2022). Overcoming the Circular Economy Paradox through Innovation: Pitfalls in the Transition Pathways. *Journal of Innovation Economics & Management*, 39(3), 1-13.
- Verhasselt, Y. (1964). Frontière politique et structure agraire: L'exemple de la Flandre zélandaise. *Études rurales*(12), 95-110.
- Veyssière, S., Laperche, B., & Blanquart, C. (2021). Territorial development process based on the circular economy: a systematic literature review. *European Planning Studies*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09654313.2021.1873917>
- Vigarié, A. (1979). *Ports de commerce et vie littorale*. Hachette Paris.
- Volkmer Martins, B., Faccin, K., Espindula, E., & Balestrin, A. (2019). *UNDERSTANDING INNOVATION ECOSYSTEMS: A BIOMIMETIC APPROACH*.
- Voskamp, I. M., Stremke, S., Spiller, M., Perrotti, D., van der Hoek, J. P., & Rijnaarts, H. H. (2017). Enhanced performance of the Eurostat method for comprehensive assessment of urban metabolism: A material flow analysis of Amsterdam. *Journal of industrial ecology*, 21(4), 887-902.
- Vrignon, A. (2020). Les scientifiques face aux enjeux environnementaux en Europe depuis les années 1950. *Encyclopédie d'histoire numérique de l'Europe*.

- Waas, T., Hugé, J., Block, T., Wright, T., Benitez-Capistros, F., & Verbruggen, A. (2014). Sustainability assessment and indicators: Tools in a decision-making strategy for sustainable development. *Sustainability*, 6(9), 5512-5534.
- Wack, Y., Serra, S., Baelmans, M., Reneaume, J.-M., & Blommaert, M. (2023). Nonlinear topology optimization of District Heating Networks: A benchmark of a mixed-integer and a density-based approach. *Energy*, 127977.
- Wang, J. S., Bao, J. L., Chang, W. T., Ran, L., & Feng, Z. Z. (2010). Construction of Circular Economy Symbiotic Network in Port Heavy Chemical Industry Zone. *Journal of Hebei University (Philosophy and Social Science)*, 3(24).
- Wang, L., & Li, H. (2009). Study on Development of Circular Economy in Tianjin Harbor Industrial Park. *Renewable Resources and Recycling Economy*, 12.
- Wei, F., Feng, N., Yang, S., & Zhao, Q. (2020). A conceptual framework of two-stage partner selection in platform-based innovation ecosystems for servitization. *Journal of Cleaner Production*, 262, 121431.
- Williams, J. (2019). The circular regeneration of a seaport. *Sustainability*, 11(12), 3424.
- Willis, A. J. (1997). The ecosystem: an evolving concept viewed historically. In (pp. 268-271): JSTOR.
- WWF, W. W. F. f. N. (2014). *Living planet report 2014: Species and Spaces, People and Places Gland*.
- Yaghmaie, P., & Vanhaverbeke, W. (2019). Identifying and describing constituents of innovation ecosystems: A systematic review of the literature. *EuroMed Journal of Business*.
- Yin, R. K. (2013). Validity and generalization in future case study evaluations. *Evaluation*, 19(3), 321-332.
- Yin, R. K. (2014). Case study research. In: Thousand Oaks, CA: Sage.
- Young, M. D. (1992). *Sustainable investment and resource use. Equity, environmental integrity and economic efficiency*.
- Zeeland. (2017). *Zeeland Seaports Port Handbook 2017-18*. Land & Marine Publications Ltd
- Zhang, J., Cenci, J., & Becue, V. (2021). A preliminary study on industrial landscape planning and spatial layout in Belgium. *Heritage*, 4(3), 1375-1387.
- Zhenfeng, W. Y. W. M. Z., & Xinning, Z. (2008). On the Establishment of Regional Circular Economy Mode in Hebei Port-based Industrial Zone. *Journal of Adult Education School of Hebei University of Technology*, 2(13).
- Zink, T., & Geyer, R. (2017). Circular economy rebound. *Journal of industrial ecology*, 21(3), 593-602.

Zucker, L. G., Darby, M. R., & Armstrong, J. (1998). Geographically localized knowledge: spillovers or markets? *Economic inquiry*, 36(1), 65-86.

ANNEXES

Annexe 1– Elaboration des questionnaires et conduite des entretiens



Source : Auteur

Annexe 2- Questionnaires du programme IMPPEC – Cas de Dunkerque

A. Questionnaire dédié au port

Titre du questionnaire : Programme IMPPEC - Impact des ports sur l'économie circulaire et l'écologie industrielle

Description : Le programme IMPPEC (Impacts des Ports sur l'Économie Circulaire et l'écologie industrielle) est un programme financé par le Grand Port Maritime de Dunkerque (GPMD) et conduit par l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO) - Centre de Recherche sur l'Innovation et les Stratégies Industrielles (ISI).

Cette enquête a pour objectif de mieux comprendre votre implication dans l'écologie industrielle à Dunkerque et les conséquences sur votre organisation et le territoire.

Bienvenue dans le questionnaire réservé à l'autorité portuaire faisant partie du programme IMPPEC !



Le questionnaire permettra de vous positionner par rapport aux synergies de la symbiose industrielle de Dunkerque.

Pour chaque question vous aurez soit à cocher la ou les proposition(s) de réponse ou bien compléter par une ou réponses courtes

***Selon les nouvelles dispositions légales, en application du Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD) du 25 Mai 2018, GPMD – ULCO – ISI s'engagent à protéger les informations qui se trouveront dans le présent questionnaire. Les informations qui ne sont pas déjà publiques dans la première partie ne seront pas rendues publiques et serviront uniquement à recenser en interne les entreprises présentes sur le territoire du Dunkerquois. Les données des trois autres parties seront anonymisées. Vous pouvez par ailleurs avoir accès à la retranscription de vos réponses et à la manière dont vos réponses seront traitées.

Contact :

Aina Andriamanantena, Doctorant (ULCO/CUD), Lab.RII/ISI - ULCO
https://riifr.univ-littoral.fr/?page_id=8
email: aina.njara@univ-littoral.fr

Téléphone : 06 29 48 25 82

- 1) Depuis quand le port place l'économie circulaire dans sa stratégie de développement ?
- 2) Quelles en sont les raisons ?
- 3) Est-ce que vous allouez une partie de votre budget annuel dans des programmes / projets de développement durable ? quel pourcentage ?
- 4) **Si oui**, parmi ces projets, combien sont des projets d'économie circulaire ?
- 5) Pouvez-vous les détailler ? (Pour chaque projet, veuillez indiquer la date de début du projet et la date de fin si le projet en question est clôturé)
- 6) Au sein du port, y a-t-il une personne en charge des missions d'économie circulaire ?
- 7) **Si oui**, est-ce que cette personne a été recrutée à Dunkerque ? à l'ULCO ? Autre ? (à préciser)
- 8) Quelles sont les principales missions de cette personne ?
- 9) Est-ce que cette personne en charge des missions d'économie circulaire travaille au sein d'une équipe ?
- 10) **Si oui**, est-ce que cette équipe a d'autres missions en plus de celles d'économie circulaire ?
Pouvez-vous lister quelques-unes de ces missions ?
- 11) Cette équipe est composé de combien de salariés ?
- 12) Est-ce que cette équipe est polyvalente ? (composé de différents corps de métier)
- 13) Est-ce que les salariés du port ont suivi des formations sur l'économie circulaire ?
- 14) **Si oui**, quelles catégories de salariés ont suivi cette / ces formation(s) ? (Cocher la / les catégorie(s) et rajouter le nombre de salariés.) *(Cocher les réponses pertinentes et rajouter le nombre de salariés)*
- 15) Quelle est la fréquence de ces formations ? (annuelle ? trimestrielle ? etc.)
- 16) D'après vous, quels sont les avantages gagnés de ces formations ? *(Cocher la ou les bonnes réponses)*
- 17) Envisagez-vous de faire des recrutements supplémentaires pour des postes liés à l'économie circulaire dans un futur proche ?

18) Pour la mise en œuvre de la stratégie d'économie circulaire, le GPMD a-t-il élaboré des documents stratégiques et de planification ?

19) **Si oui**, quels sont-ils ?

20) Est-ce que ces documents font l'objet de mise à jour ?

21) **Si oui**, pour quelles raisons ?

22) Dans la réalisation de vos objectifs liés à l'économie circulaire, avez-vous des relations de collaborations avec : *(cocher la ou les bonne(s) réponse(s) et pour chaque réponse, répondre au deux questions suivantes)*

22.1) Au niveau local:

Si oui, quelles sont-elles ? *(Veuillez rajouter la date du début de la coopération et la date de fin si applicable)*

En quoi consiste ce(s) collaboration(s) ? (Motivation du partenariat, Objectifs, gain obtenu grâce à la collaboration etc.)

22.2) Avec d'autres ports français ?

Si oui, quelles sont-elles ? *(Veuillez rajouter la date du début de la coopération et la date de fin si applicable)*

En quoi consiste ce(s) collaboration(s) ? (Motivation du partenariat, Objectifs, gain obtenu grâce à la collaboration etc.)

22.3) D'autres ports européens ?

Si oui, quelles sont-elles ? *(Veuillez rajouter la date du début de la coopération et la date de fin si applicable)*

En quoi consiste ce(s) collaboration(s) ? (Motivation du partenariat, Objectifs, gain obtenu grâce à la collaboration etc.)

23) Dans la réalisation de vos activités, avez-vous créé des outils numériques spécifiques ou utilisez-vous des outils numériques existants ?

24) Si oui, Quels sont ces outils numériques ? (lister)

25) Utilisez-vous ces outils en interne ?

- 26) En interne quelles sont les avantages apportés par ces outils ?
- 27) Est-ce que vous utilisez ces outils en externe dans les relations avec les autres acteurs de l'économie circulaire à Dunkerque ?
- 28) Est-ce que ces outils vous servent dans vos démarches d'économie circulaire ?
- 29) Si non, Prévoyez-vous d'utiliser / créer un tel outil dans un future proche ?
- 30) Quelles pourraient en être les raisons ?
- 31) Durant les cinq dernières années avez-vous fait des actions de communications autour du thème de l'économie circulaire, du développement durable ou de la valorisation des déchets ?
- 32) **Si oui**, quelles sont ces actions de communication? (Veuillez ajouter les dates de début et de fin si applicable)
- 33) A qui s'adressaient ces actions de communication ? (les collectivités ? les entreprises ? la population ? au niveau national ? international ?)
- 34) Par quels moyens vous avez réalisé ces actions ? (site internet ? blog ? journal ? communiqués ? etc.)
- 35) Quel est le pourcentage de votre budget allouer à ces actions de communication ?
- 36) Quelles sont les infrastructures que le port mets à disposition des entreprises et des collectivités ?
- 37) Parmi ces infrastructures, quelles sont les infrastructures récentes ? (construites il y a moins de 10 ans)
- 38) Est-ce que ces infrastructures ont fait l'objet d'écoconception ? (**L'écoconception est un terme désignant la volonté de concevoir des produits, ici des infrastructures respectant les principes du développement durable et de l'environnement*)
- 39) Quels rôles ces infrastructures remplissent dans l'écologie industrielle locale?
- 40) Où sont-elles situées ?
- 41) Prévoyez-vous la construction de nouvelles infrastructures dans un futur proche ?
- 42) Quels rôles ces infrastructures pourraient jouer ?
- 43) Est-ce que ces infrastructures seront écoconçues ?

- 44) Quelle superficie foncière gérée par le port est actuellement utilisée par les entreprises et les collectivités ?
- 45) Quelle est le pourcentage d'entreprises installées sur ces terrains mis à disposition par le port qui s'insèrent dans le projet d'écologie industrielle de Dunkerque ?
- 46) Quelle est la superficie du foncier actuellement disponible gérée par le port ?
- 47) Est-ce que le foncier disponible a fait l'objet d'aménagement pour faciliter l'implantation de nouvelles entreprises ? (terrassment etc.) **Si oui**, pouvez-vous détailler ?
- 48) Où se répartissent le foncier disponible et de quelles superficies ? (*Exemple : Grande-Synthe : X 000m²*)
- 49) Quelle est la quantité de flux entrant qui transite par le port sur une année ? (*En moyenne par type de flux solide, liquide, gaz*)
- 50) Quelle est la quantité de flux sortant qui transite par le port sur une année ? (*En moyenne par type de flux solide, liquide, gaz*)
- 51) Quelle est la proportion des flux qui s'insèrent dans l'écologie industrielle de Dunkerque ? (*Exemple : 30% des flux entrant – par type de flux solide, liquide, gaz*)
- 52) Pouvez-vous donner des exemples de ces flux principaux qui s'insèrent dans l'écologie industrielle de Dunkerque ?
- 53) Quelle est la quantité de déchets produits par le port sur le territoire portuaire sur un an (*En moyenne*) ?
- 54) De quelles natures sont ces déchets portuaire ? (*solide, liquide*)(*pour chaque type de déchets, ajouter des exemples : liquide : huile de vidange etc.*)
- 55) Quelles sont les déchets classés dangereux dans le GPMD ?
- 56) Quelle est la part de déchets mis en décharge ? de déchets incinérés ? de déchets dangereux traités ?
- 57) Comment cette quantité évolue au fil des années ? (*en augmentation ? en diminution ?*)
- 58) Quelle est la quantité de sédiments dragués par le port sur les cinq dernières années ? (quantité par an)

- 59) Est-ce qu'une partie de ces sédiments est valorisée ?
- 60) **Si oui**, comment sont-ils valorisés ?
- 61) Y a-t-il eu des incidents liés à la fuite accidentelle de déchets dans l'espace géré par le port ?
- 62) **Si oui**, quand ces incidents se sont produits ?
- 63) Quelles ont été les actions du port à cet égard ?
- 64) Avez-vous connaissance d'opérations de dépollution menés par le port ou auxquelles le port participe ?
- 65) **Si oui**, quelles sont-elles?
- 66) Quelles sont les dispositifs d'identification des filières de traitement des déchets mis en place par le port ?
- 67) Quels sont les outils de gestion des déchets mis en place par le port ?
- 68) Intégrez-vous dans vos activités de maintenance et de rénovation les principes de l'économie circulaire? (Utilisation de ciment « vert », produit chimique plus respectueux de l'environnement, des machines de maintenance fonctionnant grâce à de l'énergie verte etc.)

Message de fin :

Nous voici arrivés à la fin du questionnaire du programme IMPPEC – Autorité portuaire !

Nous vous remercions pour le temps que vous avez consacré au questionnaire.

Nous restons à votre disposition pour tout complément d'information ou pour tout échange.

Contact :

Aina Andriamanantena
Doctorant (ULCO/CUD)
Lab.RII/ISI - ULCO

https://riifr.univ-littoral.fr/?page_id=8

email: aina.njara@univ-littoral.fr

Téléphone : 06 29 48 25 82

B. Questionnaire institutions

Titre du questionnaire : Programme IMPPEC - Impact des ports sur l'économie circulaire et l'écologie industrielle

Description : Le programme IMPPEC (Impacts des Ports sur l'Économie Circulaire et l'écologie industrielle) est un programme financé par le Grand Port Maritime de Dunkerque (GPMD) et conduit par l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO) - Centre de Recherche sur l'Innovation et les Stratégies Industrielles (ISI).

Cette enquête a pour objectif de mieux comprendre votre implication dans l'écologie industrielle à Dunkerque et les conséquences sur votre organisation et le territoire.

Message d'accueil :

Bienvenue dans le questionnaire institutions faisant partie du programme IMPPEC !

Le questionnaire se compose de **2 parties** :

- Informations générales sur l'acteur
- Implication dans l'économie circulaire / écologie industrielle à Dunkerque

Le questionnaire permettra de vous positionner par rapport aux synergies de la symbiose industrielle de Dunkerque.

Pour chaque question vous aurez soit à cocher la ou les proposition(s) de réponse ou bien compléter par une ou réponses courtes

***Selon les nouvelles dispositions légales, en application du Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD) du 25 Mai 2018, GPMD – ULCO – ISI s'engagent à protéger les informations qui se trouveront dans le présent questionnaire. Les informations qui ne sont pas déjà publiques dans la première partie ne seront pas rendues publiques et serviront uniquement à recenser en interne les entreprises présentes sur le territoire du Dunkerquois. Les données des trois autres parties seront anonymisées. Vous pouvez par ailleurs avoir accès à la retranscription de vos réponses et à la manière dont vos réponses seront traitées.

Contact :

Aina Andriamanantena, Doctorant (ULCO/CUD), Lab.RII/ISI - ULCO
email: aina.njara@univ-littoral.fr / Téléphone : 06 29 48 25 82

I. Informations générales

- I1.** Quel est le nom de votre organisation ?
- I2.** Quel est le statut juridique de votre organisation ? *(Cocher la bonne réponse)*
- I3.** Quelle est la date de création de votre organisation ?
- I4.** Quel est le nombre de salariés dans votre organisation? *(à compléter en chiffres)*
- I5.** Votre organisation est-elle spécifique à Dunkerque ? *(Cocher la bonne réponse)*
- I51.** Si non, est-elle implantée à d'autres échelles territoriales ?

II. Implication dans l'économie circulaire / écologie industrielle à Dunkerque

- II1.** Avez-vous développé des initiatives pour l'économie circulaire ?
- II2.** Ces initiatives sont-elles à destination des entreprises ?
- II3.** Combien d'entreprises ont pu profiter de ces initiatives sur les 5 dernières années?
- II4.** Dans quels secteurs d'activités se trouvent ces entreprises ?
- II5.** A quelle étape votre organisation intervient-elle dans la synergie entre entreprises en matière d'économie circulaire *(Cocher la/les bonne(s) réponse(s))* : Émergence, Développement, Test, Mise en œuvre, Pérennisation

Pour chaque réponse cochée, quelles sont les actions que vous réalisez ?

- II6.** Ces initiatives visent-elles d'autres acteurs du territoire (citoyens, collectivité)?
- II61.** Si oui, lesquelles ?
- II7.** Combien de citoyens ont pu profiter de ces initiatives ?
- II8.** Pour quelles raisons avez-vous développé ces initiatives ? (Exemple : besoin des entreprises, stratégie territoriale ?)
- II9.** Avez-vous développé des initiatives avec la collaboration du port en matière d'économie circulaire / Développement durable?
- II91.** Si oui, lesquelles ?

III10. Dans la réalisation de vos objectifs, avez-vous des relations de collaborations avec d'autres organisations (*Autre que le port, exemple : Université, autres acteurs institutionnels*)?

III101. Si oui, quelles sont-elles ? avec quels acteurs ?

III11. Vos actions d'accompagnement ont-elles évolué dans le temps ?

III111. Si oui, pourquoi ont-elles évolué? (Exemple : pour mieux répondre aux besoins des entreprises qui intègrent les dimensions de l'économie circulaire)

III112. Comment ont-elles évolué ? (Les étapes par lesquelles l'organisation est passé)

III12. Selon vous, quels sont les domaines de l'économie circulaire que l'on retrouve le plus sur le territoire ? (*Pour plus de détails, cliquez [piliers de l'économie circulaire selon l'ADEME](#)*)

III13. D'après vous, pourquoi certains piliers sont moins présents sur le territoire?

III14. Avez-vous connaissance du nombre d'entreprises impliquées dans l'écologie industrielle à Dunkerque ?

III141. Si oui, quel est le nombre total de ces entreprises ?

III142. Si une liste est disponible, pouvez-vous la transmettre ?)

III15. De nouvelles entreprises se sont-elles insérées dans les projets d'écologie industrielle au cours des dernières années ? (*non obligatoire*)

III16. Certaines de ces entreprises ont-elles cessé leurs activités au cours de ces cinq dernières années ? (*non obligatoire*)

III17. Parmi ces entreprises, combien font de la Substitution ? mutualisation ? (*à compléter en chiffres*):

III19. Quels sont les principaux types de matière ou d'énergie faisant l'objet de mutualisation / substitution ?

(Exemples :

- Remplacement du ciment par le laitier moulu issu de haut- fourneau dans la fabrication du béton,
- Remplacement de l'énergie fossile comme le pétrole par de l'énergie issu des éoliennes

III20. Avez-vous connaissance de flux entrants issu du trafic portuaire utilisé par les entreprises sur le territoire dunkerquois ? (*non obligatoire*)

- II201.** Si oui, quels sont ces flux ? Peut-on les quantifier ?
- II21.** Connaissez-vous des acteurs qui pourraient avoir cette information ?
- II211.** Si oui, pouvez-vous nous transmettre un contact ? (*Exemple : mail, numéro de téléphone etc.*)
- II22.** Avez-vous connaissance d'actions menées pour l'amélioration de la qualité de l'air ? (*oui/non*) (*non obligatoire*)
- II222.** Si oui, quelles sont les noms de ces actions ? date de début ? date de fin si l'action est terminée ? (*Exemple : Projet cleanAir / 02/02/1998 / 12/12/2020*)
- II23.** Avez-vous connaissance de la quantité de déchets ménagers produite à Dunkerque ? (*non obligatoire*)
- II231.** Si oui, quelle est la quantité de ces déchets ménagers? (*Exemple : 1 000 t/an*)
- II24.** Est-ce qu'une partie de ces déchets ménagers est recyclée ?
- II241.** Si oui, quelle quantité est recyclée?
- II242.** Si oui, quelle quantité de déchets ménagers est incinérée ?
- II25.** Avez-vous connaissance de la quantité de déchets industriels produite à Dunkerque ? (*non obligatoire*)
- II251.** Si oui, quelle est la quantité de déchets industriels? (*Exemple : 500 t/an*)
- II26.** Est-ce qu'une partie de ces déchets industriels est recyclée ?
- II261.** Si oui, quelle quantité ?
- II27.** Est-ce qu'une partie de ces déchets industriels est incinérée ?
- II271.** Si oui, quelle quantité ?
- II28.** Avez-vous connaissance d'autres projets concernant la gestion des déchets industriels ou ménagers ? +
- II281.** Si oui, lesquels ? (*Exemple : Projet YYYYYY créé le 15/03/20 terminé le 20/02/2021*)
- II29.** Avez-vous accueilli des stagiaires / chercheurs sur le thème de l'économie circulaire / développement durable durant ces 5 dernières années ?

II291. Combien de stagiaires / chercheurs avez-vous accueilli ?

II293. Quel est le niveau d'étude de ces stagiaires / chercheurs ? (*Exemple : Bac, Bac+3, Bac+5 etc.*) échelle sur le niveau d'étude (bac, BTS, dut, licence, master, doctorat)

II294. D'où viennent ces stagiaires / chercheurs que vous accueilli ?

Message de fin :

Nous voici arrivés à la fin du questionnaire du programme IMPPEC – Acteurs !

Nous vous remercions pour le temps que vous avez consacré au questionnaire.

Nous restons à votre disposition pour tout complément d'information ou pour tout échange.

Contact :

Aina Andriamanantena

Doctorant (ULCO/CUD)

Lab.RII/ISI - ULCO

https://riifr.univ-littoral.fr/?page_id=8

email: aina.njara@univ-littoral.fr

Téléphone : 06 29 48 25 82

C. Questionnaire entreprises

Titre du questionnaire : Programme IMPPEC - Impact des ports sur l'économie circulaire et l'écologie industrielle

Description : Le programme IMPPEC (Impacts des Ports sur l'Économie Circulaire et l'écologie industrielle) est un programme financé par le Grand Port Maritime de Dunkerque (GPMD) en collaboration avec la Communauté Urbaine de Dunkerque (CUD) et conduit par l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO) - Centre de Recherche sur l'Innovation et les Stratégies Industrielles (ISI). Cette enquête a pour objectif de mieux comprendre votre implication dans l'écologie industrielle à Dunkerque et les conséquences sur votre organisation et le territoire.

Message d'accueil :

Bienvenue dans le questionnaire entreprise faisant partie du programme IMPPEC !

Le questionnaire se compose de **4 parties** :

- Informations générales sur votre entreprise
- Implication dans l'économie circulaire / écologie industrielle à Dunkerque
- Impacts économiques de cette implication dans l'économie circulaire / écologie industrielle
- Impacts environnementaux

Le questionnaire permettra de vous positionner par rapport aux synergies interentreprises de la symbiose industrielle de Dunkerque.

Pour chaque question vous aurez soit à cocher la ou les proposition(s) de réponse ou bien compléter par une ou réponses courtes

Le questionnaire peut être mis en pause et repris à un moment ultérieur. Vos réponses seront sauvegardées.

***Selon les nouvelles dispositions légales, en application du Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD) du 25 Mai 2018, GPMD – ULCO – ISI s'engagent à protéger les informations qui se trouveront dans le présent questionnaire. Les informations qui ne sont pas déjà publiques dans la première partie ne seront pas rendues

publiques et serviront uniquement à recenser en interne les entreprises présentes sur le territoire du Dunkerquois. Les données des trois autres parties seront anonymisées. Vous pouvez par ailleurs avoir accès à la retranscription de vos réponses et à la manière dont vos réponses seront traitées.

Contact :

Aina Andriamanantena, Doctorant (ULCO/CUD), Lab.RII/ISI – ULCO

I. Informations générales sur l'entreprise

I.1. Quel est le nom de votre entreprise : (*à remplir*)

I.2. Quelle est la forme juridique de votre entreprise : (SARL, SAS, SA, société civile, SNC, SCA, SCS.) (Choix unique)

I.3. Quel est le nombre de salariés dans votre entreprise ? (*à compléter en chiffres*)

I.4. L'entreprise appartient-elle à un groupe ? (*Oui/Non*)

Si Oui, lequel ? (*Réponse courte*)

Dans quel pays se trouve le siège social de votre groupe ? (*Réponse courte*)

I.5. L'entreprise est-elle : (*cocher la bonne réponse*)

Donneur d'ordres

Sous-traitante

Les deux

I.6. Quel est le code NAF / APE de votre entreprise ? (*Réponse courte – chiffres et lettres*)

Aides : Les codes sont visibles [ici](#)

I.7. Utilisez-vous les infrastructures portuaires dans vos activités d'import/export ? (*Tableau à choix unique*)

Import

Export

Les deux

I.8. Depuis quand votre entreprise est-elle en activité à Dunkerque ? (*à cocher, une seule réponse possible*)

- 1-5 ans
- 6-10 ans,
- 11-15 ans
- Plus de 15 ans

II. Votre implication dans l'économie circulaire / écologie industrielle à Dunkerque

Pour la suite du questionnaire nous utiliserons les sigles suivants :

EC = Économie Circulaire

EI = Écologie industrielle

II.1. Dans quels domaines de l'économie circulaire (selon l'ADEME) votre entreprise est-elle présente / active (*Plusieurs choix possibles*)

Extraction durable

Exploitation et achats durables

Éco-conception

Écologie industrielle

Économie de la fonctionnalité

Consommation responsable

Réemploi

Recyclage

Aides : les définitions selon l'ADEME pour chaque pilier

II.2. Êtes-vous titulaire d'écolabels (*Oui/Non*)

II.2.1. Si oui, lesquels ? (*Réponse courte*)

II.2.2. Si non, si non, seriez-vous intéressés par l'obtention d'un écolabel ? (*Oui/Non*)

Aides : Un écolabel est un label donné à des produits de qualité dont l'impact sur l'environnement est réduit / minimisé

Aides : Un exemple d'écolabel est l'« Écolabel européen » pour plus de détails sur les écolabels, voir le lien de l'ADEME [ici](#)

II.3. De quelles natures sont vos déchets industriels ? *(Cocher la bonne réponse)*

Liquide

Solide

Les deux

II.4. Participez-vous / Menez-vous des activités de mutualisation (Flux de matière / énergie / services) ? *(Oui/Non)*

II.4.1. Si oui, lesquels ? *(Lister les 5 principaux)*

II.4.2. Avec quels partenaires ? ((Publics/ Semi-publics / privés ?) + commentaires pour rajouter les noms)

II.5. Votre entreprise a-t-elle recours à des co-produits dans sa chaîne de production ? *(Oui/Non)*

II.5.1. Si OUI, lesquels ?

II.5.2. Si Oui, quel est le pourcentage (%) de sous-produit/co-produits utilisés par rapport à la quantité de matières premières intégrées dans le processus de production ? *(Exemple : 10 (%))*

II.5.3. Si Oui, ces sous-produits proviennent-ils d'autres entreprises de Dunkerque ? *(Oui/Non préciser ?)*

II.5.4. Quelle est l'estimation en pourcentage (%) de l'économie réalisée par l'utilisation des sous-produits ? *(Réponse courte en chiffre)*

II.5.5. Si NON, seriez-vous intéressés d'y avoir recours ? *(Oui/Non)*

II.6. Est-ce que votre entreprise vend une partie des sous-produits / co-produits non valorisés dans sa chaîne de valeur ? *(Oui/Non)*

II.6.1. Si Oui, lesquels ? *(Réponse courte)*

II.6.2. Si Oui, à quelles entreprises vendez-vous vos sous-produits / co-produits ? *(à cocher, plusieurs choix possibles)*

- Entreprises de Dunkerque ? *(+ commentaires Exemples)*
- Autres entreprises en France ? *(+ commentaires Exemples)*
- À l'international ? *(+ commentaires Exemples ? (Entreprises + pays))*

II.7. Quelle est la part du chiffre d'affaires réalisée en pourcentage (%) grâce à la vente des sous-produits / co-produits en 2019 ou dernière année disponible ?

II.8. Votre entreprise réutilise-t-elle une partie de ses co-produits (*Dans son processus de production*) (*Oui/Non*)

II.8.1. Si Oui, lesquels ? (*Réponse courte*)

II.9. L'autorité portuaire joue-t-elle un rôle dans votre activité d'économie circulaire / écologie industrielle ? (*Oui/Non*)

II.9.1. Si oui, quel est ce rôle :

Mise en relation / accompagnement

Mise à disposition de l'infrastructure

Autre (+commentaire)

II.10. D'autres acteurs jouent-ils un rôle dans vos activités d'économie circulaire / écologie industrielle ? (*Oui/Non*)

Si oui, lesquels ? de quelle manière ?

Mise en relation / accompagnement

Mise à disposition de l'infrastructure

Autre

III. Impacts économiques de cette implication dans l'économie circulaire / écologie industrielle (formation – innovation)

III.1. Est-ce que votre entreprise a accepté des stagiaires en rapport avec l'économie circulaire ? (*Oui/Non*)

III.1.1. Si oui, combien de stagiaires / contrats d'apprentissage votre entreprise a-t-elle reçu sur les cinq dernières années ? (*Réponse en chiffres*)

III.1.2. Quel est le niveau d'étude des stagiaires /apprentis.

(Grille de réponses au choix MULTIPLES : Bac+2, +3, +5 BTS etc.)

III.1.3. Si non, prévoyez-vous de recevoir des stagiaires dans l'EC / EI dans un futur proche ? (*Oui/Non*)

III.2. Avez-vous accueilli des chercheurs / doctorants dans vos activités d'économie circulaire / écologie industrielle sur les 5 dernières années (*Oui/Non*)

III.2.1. Si oui, combien de doctorants ? (*Réponse en chiffre*)

III.2.2. À quel établissement appartient ces doctorants : (*choix multiples*)

Université du Littoral Côte d'Opale

Autres universités/écoles

III.3. Est-ce que votre entreprise / groupe consacre un budget pour la R&D ? (*Oui/Non*)

Données sur plusieurs années - *non obligatoire* (2017 à 2019)

III.3.1. Si oui, quel est le pourcentage (%) de ce budget par rapport à votre chiffre d'affaires (CA)

Données sur plusieurs années - non obligatoire (2017 à 2019)

Aides : Ici on peut prendre le groupe en général, car le site de Dunkerque peut n'être qu'un site d'exploitation sans laboratoire de recherche

III.4. Dans le cas d'un groupe, l'unité de Dunkerque est-elle impliquée dans : (*présenter avec une échelle Likert*)

L'activité de R&D (recherche, mise au point de procédé nouveau)

L'expérimentation (test / prototype)

III.5. Au cours des 5 dernières années dans le domaine de l'économie circulaire / écologie industrielle votre entreprise a-t-elle introduit / développé à Dunkerque des : (*Oui/Non*) *obligatoire pour chaque ligne*) + commentaires

- ✓ Biens nouveaux ou améliorés
- ✓ Procédés de production nouveaux ou améliorés
- ✓ Prestations de services / nouvelles ou améliorées
- ✓ De nouvelles formes / outils (sites collaboratifs / plateformes / fablab par exemple) d'organisation de travail
- ✓ De nouvelles méthodes commerciales

III.5.1. Si Oui, qui a introduit / développé ces innovations de produits ? (*Reprendre pour chaque option ci-dessus cette question*) (*choix unique*)

- Votre entreprise uniquement
- Votre entreprise conjointement avec d'autres entreprises
- Votre entreprise en adaptant ou modifiant des produits développés par d'autres entreprises
- D'autres entreprises ou organismes
- Autre ?

Aides :

L'innovation de produit correspond à la mise au point et/ou la commercialisation d'un produit nouveau (bien ou service) ou d'un produit existant, mais incorporant une nouveauté. Ex : l'automobile, l'ordinateur ont été des innovations de produit. La conséquence d'une telle innovation est l'augmentation de la demande.

L'innovation de procédé (ou de process), quant à elle, correspond à la mise au point ou à l'adoption de méthodes de production ou de distribution nouvelles ou considérablement améliorées. Ex : la chaîne de montage, la production assistée par ordinateur (P.A.O.), la vente sur internet ou la vente par correspondance ont été des innovations de procédé. L'idée est d'accroître la productivité.

L'innovation organisationnelle traduit la mise au point ou l'adoption d'une nouvelle organisation du travail ; elle s'apparente à l'innovation de procédé dans la mesure où elle contribue à modifier la méthode de production et/ou de distribution pour améliorer l'efficacité de la production et la productivité.

L'innovation commerciale se traduit par l'introduction de nouveaux processus ou services pour avoir un impact positif sur son activité. Cela peut inclure l'amélioration des méthodes ou des pratiques existantes.

III.6. Votre entreprise / groupe a-t-elle (il) déposé des brevets dans le domaine de de l'économie circulaire / écologie industrielle ? (*Oui/Non*)

III.6.1. Si oui, combien de brevets votre entreprise / groupe a-t-elle (il) déposé sur les 5 dernières années ? (*Réponse en chiffres*)

III.6.2. Dans quels pays ces brevets ont-ils été déposés ? (*Plusieurs choix possibles*)

Brevet français

Brevet européen

Brevet PCT

Autre ?

III.7. Combien d'emplois avez-vous créé durant les 5 dernières années ? (*Réponse en chiffres*)

III.7.1. Dans quelle catégorie socio-professionnelle (CSP) se situent ces emplois ? (Compléter, vous pouvez utiliser la nomenclature : exemple : 37 pour cadre administratif)

Aides : Une liste des CSP est disponible [ici](#)

III.7.2. Si non, est-ce que votre entreprise / groupe prévoit de créer des emplois dans un avenir proche ? (*Oui/Non*)

III.8. Parmi les emplois créés durant les 5 dernières années, quelle est la part d'emplois liés au développement durable et l'économie circulaire / écologie industrielle à Dunkerque ? (*Réponse courte en pourcentage (%)*)

III.8.1. Pouvez-vous donner quelques exemples ? (*Réponse libre*)

III.9. Avez-vous développé /proposé des missions / formations à l'économie circulaire / développement durable pour vos salariés ? (*Oui/Non*)

III.9.1. Si oui, pour combien d'employés ?

III.9.2. Si non, comptez-vous proposer des missions / formations dans ce domaine dans un avenir proche ?

IV. Impacts environnementaux

IV.1. Le développement d'activités circulaire a-t-elle permis des économies de ressources sur les 5 dernières années ? (*Oui/Non*)

IV.1.1. Si Oui, quelle est l'économie par an pour : (*+commentaire en chiffre ?*) + *unité de mesure*

Eau

Énergie

Matières premières

IV.2. A-t-elle permis la réduction des émissions de CO2, SO2, poussière ? (*Oui/Non*)

IV.2.1. Si Oui, de quel ordre ? en pourcentage (%)

Aides : CO2 : Dioxyde de carbone

SO2 : Dioxyde de Soufre

Message de fin :

Nous voici arrivés à la fin du questionnaire du programme IMPPEC – Acteurs !

Nous vous remercions pour le temps que vous avez consacré au questionnaire.

Nous restons à votre disposition pour tout complément d'information ou pour tout échange.

Contact :

[Aina Andriamanantena](#)

[Doctorant \(ULCO/CUD\)](#)

[Lab.RII/ISI - ULCO](#)

https://riifr.univ-littoral.fr/?page_id=8

[email: aina.njara@univ-littoral.fr](mailto:aina.njara@univ-littoral.fr)

[Téléphone : 06 29 48 25 82](tel:0629482582)

Titre du questionnaire : Rôle de l'Université dans l'économie circulaire et l'écologie industrielle à Dunkerque

Description : Le programme IMPPEC (Impacts des Ports sur l'Économie Circulaire et l'écologie industrielle) est un programme financé par le Grand Port Maritime de Dunkerque (GPMD) et conduit par l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO) - Centre de Recherche sur l'Innovation et les Stratégies Industrielles (ISI).

Cette enquête a pour objectif de mieux comprendre le rôle de l'université dans l'écologie industrielle à Dunkerque.

Bienvenue dans le questionnaire Université faisant partie du programme IMPPEC !

Le questionnaire vous prendra environ 15 minutes et permettra de positionner l'université par rapport aux synergies de la symbiose industrielle de Dunkerque.

Pour chaque question vous aurez soit à cocher la ou les proposition(s) de réponse ou bien compléter par une ou réponses courtes

***Selon les nouvelles dispositions légales, en application du Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD) du 25 Mai 2018, GPMD – ULCO – ISI s'engagent à protéger les informations qui se trouveront dans le présent questionnaire. Les informations qui ne sont pas déjà publiques dans la première partie ne seront pas rendues publiques et serviront uniquement à recenser en interne les entreprises présentes sur le territoire du Dunkerquois. Les données des trois autres parties seront anonymisées. Vous pouvez par ailleurs avoir accès à la retranscription de vos réponses et à la manière dont vos réponses seront traitées.

Contact :

Aina Andriamanantena, Doctorant (ULCO/CUD), Lab.RII/ISI - ULCO

https://riifr.univ-littoral.fr/?page_id=8

email: aina.njara@univ-littoral.fr

Téléphone : 06 29 48 25 82

1. Quel est l'intitulé de la formation dont vous êtes responsable ?
2. Cette formation est-elle en lien avec l'économie circulaire ? (Liée aux piliers de [l'économie circulaire](#))

3. Quelle est le niveau d'étude de cette formation ? (*Exemple : DUT, Licence, Master*)
4. En quelle année cette formation a-t-elle été créée ?
5. Quelles sont les raisons de la création de cette formation ? (*Exemple : demande des entreprises etc.*)
6. Des partenariats ont-ils été mis en place dans le cadre de cette formation ? (*Exemple : avec la CUD, le port, des entreprises etc.*)
7. Si oui, de quel type de partenariat s'agit-il ?
8. Quel est en moyenne le nombre d'étudiants qui suivent cette formation par an ?
9. Le recrutement des étudiants dans la formulation est-il local, national, international ?
10. Pour chaque réponse, quel est le pourcentage des étudiants selon leurs provenances ?
11. Quelle est la proportion d'étudiants qui réalisent des stages en lien avec l'économie circulaire ?
12. Ces stages ont lieu : (*Cocher la / les bonne(s) réponse(s),*)
 - ✓ Sur le territoire dunkerquois
 - ✓ Dans la région Hauts de France
 - ✓ Autre (à préciser):
13. Pour chaque réponse cochée, rajouter la proportion
14. Quel est le taux d'insertion professionnelle post formation des étudiants ?
15. Les étudiants s'insèrent-ils : (*cocher la / les bonne(s) réponse(s)*)
 - ✓ Sur Le territoire Dunkerquois
 - ✓ Dans la région Hauts de France
 - ✓ Autre (à préciser) :
16. Les métiers décrochés par les étudiants sont-ils en rapport avec l'économie circulaire ?
17. Si oui, en quelle proportion ?
18. Pouvez-vous donner quelques exemples de ces métiers en rapport avec l'économie circulaire ? (*Exemple : Responsable de stratégie, technicien de maintenance, concepteur d'espace de vente de produits recyclés / seconde main, Agent de valorisation, opérateur de tri des déchets plastiques etc.*)
19. Est-ce que des enseignants intervenant dans vos formations ont encadré des projets de recherche en lien avec l'économie circulaire (mémoire, thèses ou autres) ?
20. Si oui, Quels sont les titres de ces projets ? (*Exemple : Master : Nom projet 1 ; Thèse : Nom projet 1, Nom projet 2 etc.*)

21. Est-ce que ces projets ont été réalisés avec des partenaires ?

22. Si oui lesquels ?

Nous voici arrivés à la fin du questionnaire du programme IMPPEC – Université !

Nous vous remercions pour le temps que vous avez consacré au questionnaire.

Nous restons à votre disposition pour tout complément d'information ou pour tout échange.

Contact :

Aina Andriamanantena
Doctorant (ULCO/CUD)

Lab.RII/ISI - ULCO

https://riifr.univ-littoral.fr/?page_id=8

email: aina.njara@univ-littoral.fr

Téléphone : 06 29 48 25 82

Annexe 3- Liste des acteurs cibles du programme IMPPEC (cas d'étude Dunkerque)

No	ENTREPRISES CIBLES	Réponses complètes	Réponses partielles	Réponses obtenues à partir de documents sur internet
1	12 CMP Dunkerque			
2	AIR LIQUIDE FRANCE INDUSTRIE			
3	Alvance ALUMINIUM DUNKERQUE			1
4	AQUANORD			
5	ASCOMETAL			1
6	ASTRA INKS SARL			
7	ATEIM			
8	BALL PACKAGING			1
9	Baudelet Papier-Carton			
10	BAUDIN CHATEAUNEUF METALNORD			
11	BIOTFUEL			
12	BOIS ENVIRONNEMENT SERVICES	1		
13	BSL STEEL			
14	Cedres industries			
15	Chimirec Norec	1		
16	COGEBLOC			
17	COMILOG	1		
18	Dalkia			
19	DAMEN SHIPREPAIR DUNKERQUE	1		
20	DAUDRUY	1		
21	D'INNOV	1		
22	DISTRIPLAST			
23	DUNKERQUE LNG (Terminal méthanier)	1		
24	DUPONT ORTHOPEDIE			
25	ECOCEM	1		
26	EUPEC PIPECOATINGS FRANCE			
27	ENGIE - DK6	1		
28	ENTREPOSE INDUSTRIES			
29	ETABLISSEMENTS JULES DEMEYERE			
30	FOURE LAGADEC FLANDRES			
31	Gaz Opale	1		
32	GDF Suez dk6			
33	GLENCORE MANGANESE			
34	GTS = Dillinger			1
35	HARSCO METALS & MINERALS FRANCE			
36	HYDROPALÉ (groupe VEOLIA)			

37	HSWT			
38	IMERYS ALUMINATES	1		
39	INDAVER (IndaChlor)	1		
40	ISOCAB France	1		
41	KAEFER WANNER			
42	KERNEOS			
43	LESIEUR COUDEKERQUE		1	
44	Lesieur Générale Condimentaire - Grande Synthe			
45	MINAKEM DUNKERQUE PRODUCTION		1	
46	Nave assainissement			
47	NORD CHROME			
48	NORD BROYAGES SAS			
49	NORD ESTER	1		
50	PACQUET PRODUCTION MECANIQUE			
51	PEPS TRIKE	1		
52	Ponticelli Martin Mécanique			
53	PROMETA P R			
54	Rio Tinto – Aluminium Dunkerque			
55	Ryssen			
56	Seabulk			
57	SGA (eiffage)			
58	SOC COOPERATIVE AGRICOLE L.A LINIERE			
59	SOCIETE INDUSTRIELLE DE SOUDURE ET ENTRETIEN (SISE)		1	
60	SOFRESID ENGINEERING			
61	SOMARAIL		1	
62	TECHNIFRANCE			
63	TERRAOTHERM	1		
64	VERSALIS FRANCE S.A.S.			
65	VOLT SOLUTIONS			
66	ARCELOR MITTAL	1		
67	BEFESA VALERA			
68	Centrale EDF	1		
69	COLAS	1		
70	EQIOM	1		
71	GRDF Dunkerque	1		
72	SNF	1		
73	Spie batignolles		1	
74	SUEZ (anciennement Lyonnaise des eaux)			
TOTAL		22	5	4

No	INSTITUTION	Réponses complètes	Réponses partielles
1	ECOPAL	1	
2	AGUR	1	
4	CUD		
5	Dunkerque Promotion	1	
6	Euraénergie	1	
7	GMPD	1	
8	Polénergie		
9	BGE Flandre Création		1
10	Initiative Flandre	1	
11	Entreprendre Ensemble		
12	Syndicat de l'Eau du Dunkerquois	1	
TOTAL		7	1

UNIVERSITE			
	Master	Parcours	Réponses complètes
DROIT ECONOMIE GESTION	Droit des affaires	Droit des Affaires et Evolutions de l'économie	
	- Gestion de l'environnement	Économie et Gestion de l'Environnement et Développement Durable	1
	- Gestion de la Production, logistique, achats	Management Portuaire et Maritime (Mention : Gestion de la Production, logistique, achats)	
		Supply Chain et Modélisation (Mention : Gestion de la Production, logistique, achats)	

	Management et commerce international	Management et Marketing à l'International	
		Management et Achat à l'International	1
	Management de l'innovation	Stratégies d'Innovation et Dynamiques Entrepreneuriales	1
	Management des PME-PMI	Cadre et manager de la filière halieutique	
SCIENCES HUMAINES & SOCIALES	Histoire	Histoire maritime et littorale	1
	Tourisme	Ingénierie du tourisme littoral	
	Urbanisme et Aménagement	Politiques d'aménagement urbain et littoral	1
SCIENCES & TECHNOLOGIES - SANTE - STAPS	Chimie	Analyse Chimique et Contrôle Industriel Environnement	
	Informatique	Ingénierie du logiciel libre	1
	Génie industriel	Risques industriels et maintenance	
	Nutrition, sciences des aliments	Qualité des Procédés Agroalimentaires et Halieutiques	1
	Risques et environnement	Expertise & traitement en environnement	1
	Sciences de la mer	Ecologie Marine et Halieutique	1
		TOTAL	9

Acteurs

AXE	Action	Nom de l'Indicateur	Questions constituant l'indicateur	Acteurs (8/16 au total)								TOTAL			
				Grand Port Maritime de Dunkerque	Dunkerque Promotion	INITIATIVE FLANDRE	Syndicat de l'Eau du Dunkerquois	Agence d'urbanisme et de développement de la région Flandre-Dunkerque	ECOPAL	BGE Flandre Création	Euraénergie				
AXE 1 : STRATÉGIE, GOUVERNANCE, COMMUNICATION	GOUVERNANCE	Evolution du nombre C6:D23 (tendance)	Dans la réalisation de vos objectifs, avez-vous des relations de collaborations avec d'autres organisations?	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A: 7		
AXE 2 : SYMBIOSE INDUSTRIELLE	Flux Portuaires	Flux : Données du trafic arrivant dans le port	Avez-vous connaissance de flux entrants issu du trafic portuaire utilisé par les entreprises sur le territoire dunkerquois ?	B	C	C	C	C	C	C	C	C	B: 1	C: 6	
	SYMBIOSES INDUSTRIELLES (caractéristiques)	Nombre d'entreprises SI	Avez-vous connaissance du nombre d'entreprises impliquées dans l'écologie industrielle à Dunkerque ?	B	C	C	C	C	C	B	C	C	B: 2	C: 5	
			Evolution du nombre d'entreprise de la SI (tendance croissante? A)	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A: 5	C: 2	
		Implication dans les synergies entre entreprises	A quelle étape votre organisation intervient-elle dans la synergie entre entreprises en matière d'économie circulaire	B	A	B	A	A	A	A	C	A	A: 5	B: 2	
	Bénéficiaire Services de votre institutions	Nombres d'entreprises ayant profité des initiatives développées	A	A	C	A	A	A	A	C	A	A: 6	C: 1		
AXE 3a : DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE (MOYENS)	MOYENS CONSACRÉS A LA FORMATION ET A L'INNOVATION	Nombre de partenariats Initiatives créées pour l'EC	Avez-vous développé des initiatives pour l'économie circulaire ?	A	A	C	A	A	A	A	C	A	A: 6	C: 1	
AXE 3b : DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE (Résultats)	INNOVATIONS (résultats)	Nb d'expérimentations/projets-pilotes	Assimilable au nb de partenariats???	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
		Nb de piliers de l'économie circulaire	Selon vous, quels sont les domaines de l'économie circulaire que l'on retrouve le plus sur le territoire ?	B	B	B	B	B	B	B	C	B	B: 7		
	CREATION D'ENTREPRISES	Nombre d'entreprises créées	De nouvelles entreprises se sont-elles insérées dans les projets d'écologie industrielle au cours des dernières années ?	B	B	C	B	B	B	B	C	B	B: 6	C: 1	
AXE 4 : IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	REDUCTION DES EMISSIONS	Action qualité de l'air	ExisTence d'action pour l'amélioration de la qualité de l'air	A	C	C	A	A	A	A	C	C	A: 4	C: 3	
	GESTION DES DECHETS	Déchets ménagers	Avez-vous connaissance de la quantité de déchets ménagers produite à Dunkerque ?	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C: 7	
			Est-ce qu'une partie de ces déchets ménagers est recyclée ?	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C: 7	
			Quelle quantité de déchets ménagers est incinérée ?	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C: 7	
		Déchets industriels	Avez-vous connaissance de la quantité de déchets industriels produite à Dunkerque ?	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B:1	C: 6
			Est-ce qu'une partie de ces déchets industriels est recyclée ?	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B:1	C: 6
	Est-ce qu'une partie de ces déchets industriels est incinérée ?	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C: 7		
RISQUES INDUSTRIELS	Entreprises classées SEVESO	(Sur internet)									C				

Université

AXE	Action	Nom de l'Indicateur	Questions constituant l'indicateur	Formations à l'ULCO								Moyenne par indicateur sur 8	TOTAL		
				Master Ecologie Marine et Halieutique	Licence Histoire	Master Expertise et traitement en environnement	Master Qualité des Procédés Agroalimentaires et Halieutiques (QPAH)	Master EGEDD	Master Politique d'Aménagement Urbain et Littoral (PAUL)	Master management de l'innovation	Master I2L				
AXE 3a : DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE (MOYENS)	Nombre de stages et d'apprentissages	Formation en rapport avec l'économie circulaire	Cette formation est-elle en lien avec l'économie circulaire ? (Liée aux piliers de l'économie circulaire)	C	C	A	A	A	C	A	C	0	A: 4	C: 4	
		Partenariats Université et autres acteurs	Des partenariats ont-ils été mis en place dans le cadre de cette formation ? (Exemple : avec la CUD, le port, des entreprises etc.)	C	C	A	A	A	A	A	A	A	0	A: 6	C: 2
		Stages d'étudiants en lien avec l'économie circulaire	Quelle est la proportion d'étudiants qui réalisent des stages en lien avec l'économie circulaire ?	C	C	A	A	A	A	A	A	C	0	A: 5	C: 3
		Projets de recherche en lien avec l'économie circulaire	Est-ce que des enseignants intervenant dans vos formations ont encadré des projets de recherche en lien avec l'économie circulaire (mémoire, thèses ou autres) ?	C	C	A	A	A	C	A	C	0	A: 4	C: 4	

Annexe 5 - Déchets portuaires année 2020 (Source port)

	Valorisé / Éliminé	Tonnage expédié 2018	Tonnage expédié 2019	Tonnage expédié 2020		Total
				Déchets GPMD 2020	Déchets navires 2020	
Aérosols	V	0,06	0,078 t	0,038 t		0,038 t
Bois valorisé	V	2,22	3,68 t		9,34 t	9,34 t
Casques de sécurité usagés	V	0,03	0,05 t			0 t
Chaussures de sécurité usagées	V	0,03	0,075 t			0 t
DASRI	V	0,007	0,003 t	0,008 t		0,008 t
Déchets de liquide aqueux de nettoyage	V	0,16	0,027 t	0,699 t		0,699 t
Déchets Non Dangereux	E	1 399,45	952,37 t	488,06 t	356,799 t	844,859 t
Déchets vert valorisé	V	370,66	47,22 t	1,62 t		1,62 t
DEEE Périphériques et claviers	V	2,24	0,83 t	0,979 t	2,64 t	3,619 t
Détergent alcalin usagé	E			0,866 t		0,866 t
Eau et hydrocarbures	V			11,5 t		11,5 t
Emballages et matériaux souillés	V	102,69	86,386 t	25,97 t	26,36 t	52,33 t
Filtres à huiles/ à gaz oil	V	0,14	0,252 t			0 t
Ferraille	V				11,84 t	
Graisse	V	0,00	1,298 t	0,16 t		0,16 t
Gravats valorisé	V	5,78	15,44 t	20,32 t		20,32 t
Gravats non valorisé	E	0,00	81,92 t			0 t
Huiles usagées	V	8,19	2,43 t	8,1 t		8,1 t
Liquide de refroidissement	V	0,16	0,138 t			0 t
Papier et carton	V	17,00	16,73 t	3,23 t		3,23 t
Pâteux non chlorés	E	0,00	2,034 t			0 t
Patins de freins contenant de l'amiante	E	0,00	0,03 t			0 t
Piles en mélange	V			0,203 t	1,5 t	1,703 t
Pneumatiques	V	1,30	4,22 t	3,16 t		3,16 t
Tubes-Néons	V	0,36				0 t
VHU	V	0,95				0 t
TOTAL		1 911,43	1 215,21	564,91	408,48	961,55

	Tonnage expédié 2018	%	Tonnage expédié 2019	%	Tonnage expédié 2020	%
Valorisation matière	511,98	27%	178,86	15%	115,83	12%
Élimination	1399,45	73%	1036,35	85%	845,73	88%
TOTAL	1915,38		1215,21		961,55	

Hors déchets navires

	Tonnage expédié 2019	%	Tonnage expédié 2020	%
Élimination	539,71	76%	419,44	87%
Valorisation énergétique (Code R)		0%		0%
Valorisation matière	174,25	24%	63,72	13%
TOTAL	713,96		483,16	

Annexe 6 – Emissions de gaz

Les 21 établissements représentant 80 % des rejets industriels déclarés : CO2

N° S3IC	Établissement	Dpt	Commune	Activité	CO ₂ nb (en milliers de tonnes)					Évolution ⁴	
					2014	2015	2016	2017	2018		2019
0070.01279	ENGIE Thermique France - Centrale DK6	59	Dunkerque	Energie	3 939	4 149	4 298	5 009	4 502	4 608	→
0070.00704	MINAKEM BEUVRY PRODUCTION	59	Beuvry-la-Forêt	Chimie, parachimie & pétrole						3 211	
0070.05525	EDF Bouchain_CCG	59	Bouchain	Energie			678	1 061	911	990	↗
0070.00874	CHAUX ET DOLOMIES DU BOULONNAIS	62	Rety	Fabrication de verre & produits minéraux, extraction de matériaux	666	553	540	562	664	618	↘
0070.00794	VERSALIS FRANCE SAS Dunes	59	Dunkerque	Chimie, parachimie & pétrole	666	644	573	676	674	611	↘
0070.00785	EQIOM Cimenterie de Lumbres	62	Lumbres	Fabrication de verre & produits minéraux, extraction de matériaux	614	515	539	557	575	598	→
0070.02546	ROQUETTE Frères	62	Lestrem	Agro-alimentaire & boissons	594	610	611	620	597	568	→
0281.00042	PONT SUR SAMBRE POWER	59	Pont-sur-Sambre	Energie	62	211	580	759	450	559	↗↗
0070.00683	ALVANCE ALUMINIUM DUNKERQUE SAS	59	Loon-Plage	Sidérurgie, métallurgie	463	473	490	492	433	484	↗
0070.00621	ARC FRANCE	62	Arques	Fabrication de verre & produits minéraux, extraction de matériaux	241	230	256	261	256	249	→
0051.00521	TEREOS FRANCE	02	Origny-Sainte-Benoite	Agro-alimentaire & boissons	251	239	219	239	260	234	↘
0070.00936	TEREOS Sucrerie de Lillers	62	Lillers	Agro-alimentaire & boissons	213	205	185	183	228	226	→
0051.02404	TEREOS STARCH & SWEETENER EUROPE	80	Mesnil-Saint-Nicaise	Agro-alimentaire & boissons	237	215	219	223	236	218	↘
0070.00761	AGC FRANCE SAS	59	Boussois	Fabrication de verre & produits minéraux, extraction de matériaux	123	127	129	193	232	214	↘
0070.00720	Ferroglobe Manganèse France SAS	59	Grande-Synthe	Sidérurgie, métallurgie	230	232	232	204	232	202	↘
0070.00962	IMERYS ALUMINATES - Usine de Dunkerque	59	Loon-Plage	Fabrication de verre & produits minéraux, extraction de matériaux	149	163	141	168	158	165	→
0051.02153	SAINT LOUIS SUCRE	80	Epeville	Agro-alimentaire & boissons	145	144	110	118	113	145	↗↗
0070.02401	COVALYS ex-VALNOR (CVE ANTARES)	59	Halluin	Collecte & traitement des déchets	140	143	137	131	133	140	↗
0070.01045	CARGILL HAUBOURDIN SAS	59	Haubourdin	Agro-alimentaire & boissons	108	131	152	109	127	136	↗
0070.00648	ETABLISSEMENTS BOCAHUT SAS.	59	Haut-Lieu	Fabrication de verre & produits minéraux, extraction de matériaux	121	98	107	114	120	108	↘
0070.01779	GRTgaz - Station de Taisnières	59	Taisnières-sur-Hon	Divers & services	123	113	112	108	102	106	→

4. ↗↗ = hausse supérieure à 20 %
 ↗ = hausse comprise entre 5 et 20 %
 → = évolution inférieure à 5 % à la hausse ou à la baisse
 ↘ = baisse comprise entre 5 et 20 %

Les 34 établissements représentant 80 % des rejets industriels déclarés : Oxyde d'azote (NOx)

N° S3IC	Établissement	Dpt	Commune	Activité	NO _x (en tonnes)						Évolution ¹⁰
					2014	2015	2016	2017	2018	2019	
0070.00956	ARCELORMITTAL FRANCE	59	Dunkerque	Sidérurgie, métallurgie	6 498	6 600	6 746	7 138	6 090	4 260	↘↘
0070.00785	EQIOM Cimenterie de Lumbres	62	Lumbres	Fabrication de verre & produits minéraux, extraction de matériaux	1 413	1 170	690	929	797	966	↗↗
0070.01279	ENGIE Thermique France - Centrale DK6	59	Dunkerque	Energie	425	866	707	673	626	782	↗↗
0070.00621	ARC FRANCE	62	Arques	Fabrication de verre & produits minéraux, extraction de matériaux	862	840	794	876	858	648	↘↘
0070.02953	DRAKA COMTEQ FRANCE	62	Billy-Berclau	Mécanique et traitement de surfaces	415	367	245	321	249	538	↗↗
0070.00794	VERSALIS FRANCE SAS Dunes	59	Dunkerque	Chimie, parachimie & pétrole	598	571	486	543	538	506	↘
0070.00936	TEREOS Sucrierie de Lillers	62	Lillers	Agro-alimentaire & boissons	419	411	362	353	425	491	↗
0070.05525	EDF Bouchain_CCG	59	Bouchain	Energie			284	491	434	456	↗
0070.00761	AGC FRANCE SAS	59	Boussois	Fabrication de verre & produits minéraux, extraction de matériaux	304	256	410	615	693	430	↘↘
0070.02546	ROQUETTE Frères	62	Lestrem	Agro-alimentaire & boissons	346	339	348	299	294	275	↘
0070.00658	TEREOS France	59	Escaudœuvres	Agro-alimentaire & boissons	154	194	191	206	259	271	→
0070.00442	SAINT GOBAIN GLASS FRANCE	59	Émerchicourt	Fabrication de verre & produits minéraux, extraction de matériaux			35	1 036	282	269	→
0070.00720	Ferroglobe Manganèse France SAS	59	Grande-Synthe	Sidérurgie, métallurgie	166	247	237	262	294	248	↘
0070.00962	IMERYS ALUMINATES - Usine de Dunkerque	59	Loon-Plage	Fabrication de verre & produits minéraux, extraction de matériaux	244	238	195	261	253	241	→
0070.04138	SA ALPHAGLASS	62	Arques	Fabrication de verre & produits minéraux, extraction de matériaux	212	259	185	253	209	238	↗
0070.00874	CHAUX ET DOLOMIES DU BOULONNAIS	62	Rety	Fabrication de verre & produits minéraux, extraction de matériaux	391	352	316	227	288	232	↘
0051.02153	SAINT LOUIS SUCRE	80	Epeville	Agro-alimentaire & boissons	176	250	174	231	147	211	↗↗
0051.00521	TEREOS FRANCE	02	Origny-Sainte-Benoite	Agro-alimentaire & boissons	310	302	285	299	217	203	↘
0051.01176	SAVERGLASS (SAV ...)	60	Feuquières	Fabrication de verre & produits minéraux, extraction de matériaux	133	176	140	232	202	200	→
0070.01335	O-I FRANCE SAS usine de WINGLES	62	Wingles	Fabrication de verre & produits minéraux, extraction de matériaux	156	206	143	125	160	186	↗
0281.00042	PONT SUR SAMBRE POWER	59	Pont-sur-Sambre	Energie	20	78	197	230	158	179	↗
0051.06614	KOGEBAN	80	Nesle	Divers & services			156	165	156	177	↗
0051.00257	VERALLIA FRANCE (ex St Gobain Emballage)	02	Cuffies	Fabrication de verre & produits minéraux, extraction de matériaux	216	181	219	160	125	171	↗↗
0070.00633	VTFR Tuberie d'Aulnoye	59	Aulnoye-Aymeries	Sidérurgie, métallurgie	20	66	32	48	107	147	↗↗

N° S3IC	Établissement	Dpt	Commune	Activité	NO _x (en tonnes)						Évolution ¹⁰
					2014	2015	2016	2017	2018	2019	
0051.06868	COGENERATION BIOMASSE ESTREES	80	Estrées-Mons	Energie		109	165	123	135	131	→
0070.02401	COVALYS ex-VALNOR (CVE ANTARES)	59	Halluin	Collecte & traitement des déchets	118	117	105	99	102	118	↗
0051.02404	TEREOS STARCH & SWEETENER EUROPE	80	Mesnil-Saint-Nicaise	Agro-alimentaire & boissons	251	226	95	76	79	99	↗↗
0070.01004	INOVA OPERATIONS SAS	62	Noyelles-sous-Lens	Collecte & traitement des déchets	126	113	106	99	99	98	→
0070.00938	TEREOS FRANCE	62	Attin	Agro-alimentaire & boissons	112	86	79	93	106	93	↘
0051.00850	ETEX France Building Performance	60	Auneuil	Fabrication de verre & produits minéraux, extraction de matériaux	68	77	81	91	89	92	→
0070.00955	ARCELORMITTAL ATLANTIQUE et LORRAINE	59	Grande-Synthe	Sidérurgie, métallurgie	79	72	76	67	76	89	↗
0051.05788	WEYLICHEM LAMOTTE (ex CLARIANT SFC)	60	Trosly-Breuil	Chimie, parachimie & pétrole	82	80	72	118	81	88	↗
0070.01045	CARGILL HAUBOURDIN SAS	59	Haubourdin	Agro-alimentaire & boissons	116	140	162	81	83	85	→
0051.05255	PQ France	60	Trosly-Breuil	Chimie, parachimie & pétrole	41	5,6	47	45	94	79	↘

Annexe 7 - Résultats du benchmark des activités d'économie circulaire des 7 premiers ports du Range Nord Européen pour la sélection du deuxième étude de cas

Axes du tableau de bord d'indicateurs	Sous axes		Rotterdam	Anvers	Hambourg	Amsterdam	North Sea Port	Brême	Le Havre
	Stratégie, gouvernance et communication	Stratégie	Objectif du port	« smart port »	Cluster de chaînes logistiques circulaires	« smart port »	Transition énergétique et économie circulaire	Renforcer les activités d'économie circulaire	Chaîne d'approvisionnement entièrement durable
Piliers de l'économie circulaire			Ecologie industrielle Recyclage	Ecologie industrielle Recyclage	Recyclage	Recyclage	Ecologie industrielle Recyclage	Non défini	Ecologie industrielle Recyclage
Gouvernance		Collective	Collective	Non défini	Collective	Collective	Collective	Non défini	Collective

Axes du tableau de bord d'indicateurs	Sous axes		Rotterdam	Anvers	Hambourg	Amsterdam	North Sea Port	Brême	Le Havre
	Communi- cation	Site internet	Rapports, Newsletter Revue de presse Evènements qui touchent le port	Rapports, Newsletter Evènements qui touchent le port	Rapports, Nouvelles Evènements qui touchent le port Port of Hambourg magazine	Visite Webcam du port Nouvelles	Rapports, Nouvelles Newsletter Revue de presse Evènements qui touchent le port	Nouvelles Presse Librairie digitale Evènements qui touchent le port	Web TV Fils d'informations Actualités
		Outils	PortXchange Système Pronto	Marine Energy Transition	Ship Movements Liner services Ship Movements Interactiv Port	Yacht ports North Sea Canal area MyPort VHF channels on the map	Companies guide Liner services Carte interactive des terrains disponibles Enigma+ Lockplanning Arrivals and departures	Non défini	Non défini

Axes du tableau de bord d'indicateurs	Sous axes		Rotterdam	Anvers	Hambourg	Amsterdam	North Sea Port	Brême	Le Havre
							Intelligent IoT platform		
Activités d'économie circulaire	Ecologie industrielle	<p>Symbiose industrielle de Rotterdam</p> <p>Le projet Réseau hydrogène</p>	<p>Réseau de chaleur ECLUSE</p> <p>Réseau Catalisti</p>	Présente d'une boucle d'écologie industrielle	Non défini	<p>Biopark Terneuzen</p> <p>Boucles d'écologie industrielle autour de l'eau chaude</p> <p>Projet autour de l'hydrogène</p> <p>Zeeland industrial Symbiosis</p> <p>Boucles d'écologie industrielle autour du CO₂</p>	Non défini	<p>Réseau de chaleur SEDIBEX</p> <p>BIOSYNERG Y 76</p>	

Axes du tableau de bord d'indicateurs		Sous axes	Rotterdam	Anvers	Hambourg	Amsterdam	North Sea Port	Brême	Le Havre
		Recyclage	12 centres de recyclage 3 projets en cours d'installations	Plusieurs entreprises spécialisées	Une unité de recyclage REMONDIS 21 entreprises de recyclage Projet REPAIR	Une trentaine d'entreprises spécialisées	Deux entreprises spécialisées		
Développement économique	Les ressources mobilisées pour le développement économique		Zone Maasvlakte 2 avec 1000ha de terrain disponible Réseau de pipelines Deux voies maritimes	Réseau de pipelines Installations de soutage GNL Nextgen District de 88ha	Voies Ferroviaires 12 sites de recyclage	Biopark de 20ha Equipe de spécialistes mise à disposition par le port	Smart Delta Resources Cleantech cluster de Gand Bio base Europe Pilot Réseau de pipelines	Non défini	Non défini

Axes du tableau de bord d'indicateurs	Sous axes		Rotterdam	Anvers	Hambourg	Amsterdam	North Sea Port	Brême	Le Havre
Les résultats obtenus			Rotterdam Food Hub de 60ha			Infrastructures de stockage et d'énergie	Terrain disponible (700ha)		
	Produits nouveaux ou améliorés	Neste MY Renewable Diesel Neste RE	Tapis et matelas à base de déchets industriels	Non défini	Biocarburant Plastique de haute qualité Produits biochimiques Granulés combustible Bio composites Engrais naturel	Produits issus du CO et CO2 LeanSHIPS FASTWATER	Non défini	Non défini	Non défini
	Procédés de production nouveaux	Non défini	Navette de passagers à l'hydrogène ACCTS	Flow organic waste ZRE	Transformation des déchets Séparation MDS	Technologie VORTEX SUPER-DRY REFORMING	Non défini	Non défini	Non défini

Axes du tableau de bord d'indicateurs	Sous axes		Rotterdam	Anvers	Hambourg	Amsterdam	North Sea Port	Brême	Le Havre
		ou améliorés		DIGICHEM PIF SUCCeSS			Augmentation de l'efficacité du procédé d'électrolyse Carbon4PUR CAPRA CO2PERATE BioSferA BIOCON-CO2 AMARANTHUS 1+ 2 + 3 Smart Gas		
		Prestations de services / nouvelles ou améliorées	Non défini	Non défini	Quarter Service Center Educationale Composting program	Prodock Equipe de spécialistes dédiée	Non défini	Non défini	Non défini

Axes du tableau de bord d'indicateurs	Sous axes		Rotterdam	Anvers	Hambourg	Amsterdam	North Sea Port	Brême	Le Havre
		Nouvelles formes / outils d'organisation de travail	Navigate Rail incubator	PortXL Nxtport ATOM1	Waste Avoidance & Separation	Non défini	Zeeland Hydrogen symbiosis	Non défini	Non défini
Impacts Environnementaux	Réduction des émissions		CO ₂ (2016 - 2020) dans le port : 27% de réduction Réduction de 21% : centrales électriques 2.5% : les entreprises.	ECLUSE : réduction CO ₂ de 100 000 t/an de 5 entreprises SOx réduction de	Réduction de CO ₂ Non défini Augmentation des émissions de NOx de 14 590 tonnes	CO ₂ Réduction de 465 000 tonnes entre 2010 et 2017 NOx réduction de 1010 tonnes entre 2015 et 2017	CO ₂ : 3 630 000 tonnes de réduction entre 2010 et 2017 pour la partie Zeeland du port et 100 000 tonnes par an dans la partie de Gand.	Non défini	10 000 000 tonnes de GES en moins pour l'année 2016

Axes du tableau de bord d'indicateurs	Sous axes		Rotterdam	Anvers	Hambourg	Amsterdam	North Sea Port	Brême	Le Havre
			NOx réduction de 2 190 tonnes, SOx réduction de 4 360 tonnes entre 2015 et 2017	4 000 tonnes NOx réduction de 3 200 tonnes de entre 2010 et 2017	entre 2015 et 2018. Réduction des émissions de SOx de 622 000 tonnes entre 2015 et 2018.	SOx réduction de 440 tonnes entre 2010 et 2017	NOx : augmentation de 160 tonnes entre 2015 et 2017 pour Zeeland. SOx : réduction de 1 570 tonnes entre 2010 et 2017 pour Zeeland.		
	Gestion des déchets		Déchets ménagers : réutiliser dans la symbiose industrielle Déchets industriels :	1 000 000 tonnes de déchets transformé par l'ECLUSE par an	45 000m ³ de résidus huileux de l'exploitation des navires est éliminé chaque année.	20 000 tonnes de plastiques transformées en environ 19 millions de litres de diesel	Déchets dangereux : réduction de 1 132 kg entre 2000 et 2017. Augmentation du volume de déchets générés par les bateaux à Zeeland de	Non défini	20 000 tonnes de déchets organiques compostées 14 021 tonnes de plastiques recyclés

Axes du tableau de bord d'indicateurs	Sous axes		Rotterdam	Anvers	Hambourg	Amsterdam	North Sea Port	Brême	Le Havre
			valoriser par l'entreprise SCRAP XL	70% des déchets ménagers recyclés	Programme de recyclage qui a permis un meilleur tri des déchets recyclages	18% des déchets ménagers recyclés	10 705m ³ entre 2005 et 2018. 77% de recyclage pour les déchets ménagers à Gand.		

Source : Auteur

Annexe 8-Questionnaires pour les entretiens semi-directifs pour le cas de North Sea Port

A. Questionnaire North Sea Port Entretien No1

- 1) Comment les deux côtés de North Sea Port gèrent les projets d'économie circulaire?
- 2) Quelles sont les ressources dédiés à l'économie circulaire? En terme de ressources humaines? Infrastructures? Budget?
- 3) Qui contribue à la gouvernance de l'économie circulaire à North Sea Port?
- 4) D'après vous quel est le ou les acteurs clés de l'économie circulaire à North Sea Port?
- 5) Quels sont les nouveaux projets d'économie circulaire?
- 6) Quelles sont les effets de l'économie circulaire à North Sea Port?
- 7) A votre avis est ce que l'économie circulaire contribue à un développement plus durable de North Sea PoRT? Pourquoi?
- 8) Est-ce que des réductions des émissions de gaz sont enregistrés grâce à l'économie circulaire?
- 9) Avez-vous un contact pour le Bio Park de Terneuzen?

Actors

1. Which stakeholders are involved in circular economy activities?
2. How many companies have adopted circular economy activities (recycling, use of co-products, industrial ecology etc.)?
3. Which institutions support the development and implementation of circular economy ?

Relation between stakeholders

4. How do stakeholders interact to develop the circular economy?
5. What is the role of the port in the development of the circular economy?
6. How each party in North Sea Port is working together to implement the circular economy?
7. How many circular economy initiatives have been developed in the last 5 years in North Sea Port and how many initiatives is the port involved in?

Resources

7. Does the port have a budget for the circular economy?
8. What are the infrastructures put in place by the port for the development of the circular economy?

Results of circular economy

9. How many startups have been created in the last 5 years?
10. What are the innovations developed through the circular economy? Is there a list?
11. Have any new co-products been identified?
12. Has governance changed since the implementation of the circular economy? if yes how?

C. Questionnaire CAPTURE

- 1) The innovations related to circular economy introduced ?
- 2) Jobs created through the circular economy ?
- 3) Patents filed in relation to the circular economy ?
- 4) Who introduced these innovations, created these jobs and filed these patents?
- 5) Do companies have collaborative relationships with other stakeholders?
- 6) Are circular economy stakeholders pooling resources for the transition to the circular economy?
- 7) What are the reasons for the integration of R2T with Capture or North-CCU-Hub with Smart Delta Resources?
- 8) How the collaborative relationships between stakeholders are formed and take place?
- 9) What are the means used to produce innovations?
- 10) What innovations have been introduced and what are the roles of each stakeholder in the process?
- 11) Do you have a list of startups that are doing the circular economy in North Sea Port?
- 12) In your opinion, are startups helping to accelerate the transition to the circular economy?

**D. Questionnaire Province de la Flandre-Orientale et son agence de développement
POMOV**

- 1) What is the relation between POM oost-vlaanderen and Provincie Oost-Vlaanderen?
- 2) What are implication of the Provincie Oost-Vlaanderen in North Sea Port? Any role in the governance?
- 3) What is your role in the identified clusters?
- 4) What innovations have been introduced and what are the roles of each stakeholder in the process?
- 5) Are there any other government organisations involved in the circular economy?
- 6) Do you have a budget allocated to the circular economy?
- 7) Has the adoption of the circular economy resulted in emission reductions?
- 8) Has the adoption of the circular economy led to better management of industrial waste?
- 9) Do you have a list of startups that are doing the circular economy in North Sea Port?
- 10) In your opinion, are startups helping to accelerate the transition to the circular economy?

E. Questionnaire unité pilote Bio base pilot plant

Actors

- 1) How was the bio base europe pilot plant created?
- 2) How many companies/institutions have used your services to develop new processes, innovations or to obtain certifications?
- 3) Which institutions are working with you to develop the circular economy?

Relation between stakeholders

- 1) How do stakeholders interact with you to develop the circular economy?
- 2) What is your place in the development of the circular economy at north sea port?
- 3) How each party in North Sea Port is working together to implement the circular economy?
- 4) Has the flanders bio based valley been integrated into the bio base europe pilot plant? if yes, for what reasons?
- 5) How many circular economy initiatives have been developed in the last 5 years in North Sea Port and how many initiatives the bio base europe pilot plant are involved in?

Resources

- 1) How does bio base work in terms of funding?
- 2) What are the means available to the bio base to produce innovations, new processes etc?

Results of circular economy

- 1) How many innovation have you produced in the last 5 years?

- 2) Are these innovations related to the circular economy?
- 3) Do you develop innovations for North Sea Port companies only or do you also work for institutions and other companies outside the territory?
- 4) Have any new co-products been identified?
- 5) Do you have any new projects underway that may lead to innovations? If so, how many and in what areas?
- 6) What do you see as the next steps in developing the circular economy at north sea port?

F. Questionnaire ArcelorMittal Gent

- 1) Since when has ArcelorMittal Ghent been involved in circular economy approaches?
- 2) Why is ArcelorMittal Ghent committed to circular economy practices? What are your main tasks?
- 3) Have you carried or do you plan to carry any communication action around the theme or your action about circular economy?
- 4) What is your company's ambition regarding the circular economy?
- 5) Your role (future) in the territory's transition to a circular economy?
- 6) What is the place of ArcelorMittal Ghent in the circular economy in North Sea Port?
- 7) Who do you think is the key player in the development of the circular economy in North Sea Port?
- 8) Does the port authority or other institutions play a role in your circular economy/industrial ecology activities?
- 9) Does your company use co-products / by-products in its production chain?
- 10) Does your company sell a part of the by-products / co-products not value chain? If yes, to whom?
- 11) Do you use the port infrastructure in your import/export activities?
- 12) What are the differences between NSP and Dunkerque?
- 13) How many synergies has ArcelorMittal Ghent developed with local companies? of what nature are they?
- 14) Does ArcelorMittal Ghent have a dedicated budget for the circular economy (projects) ?
- 15) Does ArcelorMittal Ghent have collaborative relationships with local universities (e.g. Ghent University) or local research centers ?
- 16) If yes, which ones and on which projects? in relation with the circular economy?

- 17) Does Arcelor have R&D center in NSP or devote a budget to R&D dedicated to Circular Economy? At which level (national / international)
- 18) Has Arcelor developed any innovations related to the implementation of the circular economy? Goods / process / services / tools / Methods?
- 19) Have you filed patents in Ghent?
- 20) What is the number of employees at ArcelorMittal Ghent? Has this number changed since that you have adopted circular economy approaches?
- 21) Has your company accepted interns / apprenticeship / PHD Students contracts related to the circular economy?
- 22) Among the jobs created during the last 5 years, what is the share of jobs (in percentage %) related to sustainability and CE/IE? Do you plan to make additional recruitments?
- 23) Have you developed/proposed missions/training in circular economy/sustainable development for your employees?
- 24) Has the development of circular activities resulted in resource saving (water, energy, Raw materials, Gaz emissions)?
- 25) Do you hold any ecolabels? If yes, which ones?
- 26) What does decarbonation mean for ArcelorMittal?
- 27) Which energy source to replace coal?
- 28) What is happening to the current machines? Will all machines be changed?
- 29) What facilities will replace the blast furnaces?
- 30) What about your production?
- 31) What is the share of recycled steel in this new process?
- 32) Will the final product be the same as what you currently produce?
- 33) What will happen to the shutdown blast furnaces?

- 34) What will be your LNG and electricity needs after the changes?
- 35) How will you get your energy supplies?
- 36) Will changing the production process have an impact on the production costs? production costs? How will it affect your suppliers and other companies?
- 37) What does this change mean to your employees?
- 38) When are these changes going to take place?
- 39) What is the budget for this project?
- 40) Is this money coming from you exclusively?
- 41) Who will carry out this entire project?
- 42) In terms of operating costs?

Résumé de thèse en français

Cette thèse a pour objet d'éclairer les mécanismes de la transition des territoires industrialo-portuaires vers l'économie circulaire à travers un outils de gestion de projet. L'économie circulaire qui permet de fermer la boucle du cycle de vie des matériaux offre l'opportunité à ce type de territoire de réorienter son développement économique vers un modèle plus durable. Bien que des activités d'économie circulaire se développent dans les territoires industrialo-portuaires européens, actuellement, les travaux institutionnels sur l'économie circulaire dans ces territoires se limitent surtout au recensement de ces activités. Ce qui ne donne que peu de détails sur la transition qui opère dans le territoire ou encore le rôle des parties prenantes.

Pour comprendre les mécanismes derrière cette transition, nous proposons donc d'analyser les conditions de mise en œuvre de ces projets d'économie circulaire à l'aide d'un outils de gestion de projet qui prend la forme d'un tableau de bord d'indicateurs créé spécialement pour ce type de territoire. Notre analyse est appliquée à deux cas : Dunkerque en tant que pionnier de l'écologie industrielle en France et North Sea Port de par sa nature particulière, issue de la fusion des ports de Gand en Belgique et Zeeland aux Pays-Bas. Ces deux cas nous permettent de démontrer l'impact de notre outil de gestion sur des projets concrets. La thèse contribue donc sur le plan théorique à replacer l'économie circulaire à l'échelle portuaire en mobilisant le concept d'écosystème d'innovation. Ce qui nous permet d'introduire un nouveau concept, celui d'écosystème d'innovation circulaire. Sur le plan empirique, elle livre un outil de management et d'analyse des projets d'économie circulaire à l'intention des parties prenantes et les managers.

Mots clés : Économie circulaire, Écosystème d'innovation circulaire, Management de projet, outils de Gestion, Territoires industrialo-portuaires, Tableau de bord d'indicateurs.

Circular innovation ecosystem in industrial port territories, characteristics and challenges - The cases of Dunkirk (France) and North Sea Port (Belgium/Netherlands).

Abstract in english

The aim of this thesis is to shed light on the mechanisms involved in the transition of industrial port territories to the circular economy using a project management tool. The circular economy, which makes it possible to close the loop in the life cycle of materials, offers this type of territory the opportunity to redirect its economic development towards a more sustainable model. Although circular economy activities are developing in European industrial port territories, institutional work on the circular economy in this type of territory is currently limited mainly on identifying these activities. This provides little detail on the transition that is taking place in the territory or the role of the stakeholders.

To understand the mechanisms behind this transition, we therefore propose to analyse the conditions for implementing these circular economy activities using a project management tool in the form of a dashboard of indicators created specifically for this type of territory. Our analysis is applied to two cases: Dunkirk, as a pioneer of industrial ecology in France, and North Sea Port, because of its special nature, resulting from the merger of the ports of Ghent in Belgium and Zeeland in the Netherlands. These two cases allow us to demonstrate the impact of our management tool on concrete projects. From a theoretical point of view, the thesis therefore contributes to putting the circular economy back on the port scale by mobilising the concept of the innovation ecosystem. This allows us to introduce a new concept, that of the circular innovation ecosystem. On an empirical level, it provides a management and analysis tool for circular economy projects aimed at stakeholders and managers.

Keywords : Circular economy, Circular innovation ecosystem, Project management, management tools, Industrial port areas, Indicator dashboard.