

HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

Simon Nadel

Maître de conférences, Section 05 (Sciences Economiques)

Université de Lille, Clersé UMR 8019

Ecole doctorale SESAM, ED 73, Sciences économiques, sociales, de l'aménagement et du management

Soutenue publiquement le 22 novembre 2024

INNOVATION, ENVIRONNEMENT ET ESPACE
VERS UNE ECONOMIE GEOGRAPHIQUE DES TRANSITIONS
ECOLOGIQUES

Jury

Garante : Mathilde GUERGOAT-LARIVIERE

Professeure de sciences économiques à l'Université de Lille

Rapporteur : Jens HORBACH

Professeur de sciences économiques à l'Université de Augsburg

Rapporteuse : Nadine LEVRATTO

Directrice de recherche en sciences économiques au CNRS à l'Université de Paris-Nanterre

Rapporteur : Antoine REBERIOUX

Professeur de sciences économiques à l'Université Paris-Cité

Membre : Jérôme VICENTE

Professeur de sciences économiques à Sciences-Po Toulouse

Remerciements

Je tiens à remercier tous mes coauteurs : Ornella Boutry, Céline Merlin-Brogniart, Danielle Galliano, Geoffroy Labrousche, Eva Coll-Martinez, Luis Orozco, Magali Savès, Olivier Pauly et Pierre Triboulet. Merci aux membres du Clersé, en particulier à Arthur, Cédric, Federico, Jordan et Vincent. Merci à tous les membres de mon jury d'avoir accepté d'évaluer ce mémoire. Un grand merci à Mathilde Guergoat-Larivière pour avoir accepté de se porter garante, merci pour sa patience, son travail et son accompagnement. Ses qualités humaines et ses remarques scientifiques m'ont permis de réaliser ce travail. J'exprime ma gratitude profonde à Danielle Galliano, pour son amitié et son soutien depuis mes premiers pas dans la recherche.

Je dédie ce mémoire à Esther et Véra.

Table des matières

<i>Introduction générale</i>	7
<i>Chapitre 1 : Positionnements théorique et empirique</i>	13
1.1 Approche théorique : enrichir l'économie de l'innovation environnementale par la théorie néo-institutionnelle et l'économie géographique évolutionniste	13
1.1.1 L'économie de l'innovation environnementale	14
1.1.2 La théorie néo-institutionnelle.....	16
1.1.3 L'économie géographique évolutionniste.....	18
1.2 Approche empirique : un double niveau d'analyse entreprise / territoire	21
1.2.1 Données, mesures et méthodes	21
1.2.2 Comment mesurer les liens entre entreprise, espace et environnement ?	23
Conclusion du chapitre	29
<i>Chapitre 2 : Dynamiques environnementales, sectorielles et institutionnelles</i>	31
2.1 Les dynamiques sectorielles de la transition écologique: le cas du secteur des services et de l'industrie agroalimentaire	31
2.1.1 Les spécificités de l'innovation environnementale dans l'agroalimentaire	32
2.1.2 Les dynamiques d'innovation environnementale dans les services	36
2.2 Les mécanismes d'isomorphisme institutionnel et de gouvernance de la transition écologique	40
2.2.1 Isomorphisme institutionnel et innovation environnementale	40
2.2.2 Gouvernance d'entreprise et investissements écologiques	43
Conclusion du chapitre	48
<i>Chapitre 3 : D'une économie de l'innovation environnementale à une géographie des transitions écologiques</i>	51
3.1. Externalités, localisation et innovation environnementale	52
3.1.1 Nature des externalités et innovation environnementale	52
3.1.2 Localisation des firmes et innovation environnementale : une comparaison rural-urbain	53
3.2 Coopération et géographie de l'innovation environnementale	56
3.2.1 Sources d'information et coopération pour éco-innover.....	56
3.2.2 Localisation des partenaires et externalités pour l'innovation environnementale	59
3.3 Territoires et transition énergétique : le cas de la méthanisation	61
3.3.1 Les facteurs territoriaux à la mise en place d'unités de méthanisation	62
3.3.2 Une analyse des trajectoires technologiques du biogaz.....	68
Conclusion du chapitre	73
<i>Conclusion et perspectives de recherche</i>	75
<i>Références bibliographiques</i>	79

Introduction générale

La question de la lutte contre la crise écologique a tendance, dans le débat public et le champ académique, à trop se restreindre à un débat sur les liens entre croissance économique et écologie. Une telle opposition entre partisans de la décroissance et ceux d'une croissance dite verte fait souvent obstacle à la mise en évidence des stratégies capables de contrecarrer la crise écologique. Mes travaux de recherche, s'écartant de cette focale trop étroite, s'attachent de manière pragmatique à l'étude des leviers et des freins à la transition écologique des entreprises et des territoires.

Pour lutter contre le réchauffement climatique, un des enjeux décisifs de cette crise écologique, l'Union Européenne s'est donnée comme objectif la réduction des émissions de CO₂ à moins 40 % de son niveau de 1990 en 2030 et de parvenir à la neutralité carbone en 2050. Cet objectif repose en grande partie sur les firmes européennes et sur leurs capacités réelles et espérées à développer des innovations destinées à réduire ce niveau d'émissions afin d'atteindre une réelle transition écologique.

L'éco-innovation, ou innovation environnementale (termes qu'on utilisera comme synonymes dans ce texte), a constitué l'objet central de mes recherches dès le début de ma thèse.

La littérature sur l'innovation environnementale s'est forgée autour d'études à l'échelle microéconomique, analysant le comportement des entreprises principalement issues de l'industrie manufacturière. Elles ont été rendues possible par l'introduction d'un volet environnement dans l'enquête communautaire sur l'innovation « Community Innovation Survey » (CIS 2008, puis dans CIS 2014 et CIS 2020), dont la caractéristique est d'être une enquête représentative, déclarative et obligatoire. Parallèlement, des travaux portant sur la technologie verte se sont développés sur la base de données de brevets (Coll-Martinez et al., 2022, Montresor, Quatraro, 2019, Orsatti et al., 2020).

D'un point de vue théorique, ces travaux ont en commun d'avoir un cadre mobilisant des approches évolutionnistes de l'innovation, qui mettent au cœur les dynamiques de connaissance et de coévolution entre technologie, organisation et dynamique des industries,

qui permettent de montrer la diversité des déterminants de l'éco-innovation (pour un survey, voir Nadel, 2014 ou Barbieri et al., 2016).

Cette communauté de chercheurs à laquelle j'appartiens étudie l'innovation environnementale en tant que fondement de la transition écologique des entreprises, des territoires et des nations dans lesquelles elles sont encastrées (Carillo et al., 2009). Dans une optique *firm-level*, l'objectif est notamment de montrer les leviers et les freins microéconomiques (et régionaux) à l'amélioration du verdissement des firmes et des nations. Ce cadre conceptuel partagé, même s'il ne permet pas l'étude des effets de ces innovations environnementales à l'échelle macroéconomique, permet de surmonter l'opposition simpliste entre (dé)croissance et environnement, en mettant en évidence les moteurs des innovations environnementales, qui constituent ici le fondement de la transition écologique du système productif des nations.

Le papier séminale de Klaus Rennings, en 2000, dans la revue *Ecological Economics*, a façonné le concept et orienté les nombreuses recherches sur l'éco-innovation qui se sont développées dans les années 2000 et surtout 2010.

Rennings estime dans cet article que l'étude de l'innovation environnementale est un angle mort des recherches en économie de l'environnement, car le cadre conceptuel de ce champ de recherche la considère comme induite mécaniquement par les différents instruments de politique environnementale. Ceci empêche d'étudier en profondeur ses déterminants, au-delà de ceux provenant de la seule réglementation environnementale. De même, il reproche au champ de l'économie de l'innovation de ne pas s'être emparé réellement de cette dimension environnementale. Ce que Rennings suggère, c'est de combiner ces deux champs pour une analyse fine de l'éco-innovation, en mobilisant les déterminants issus de l'offre et de la demande (absents du champ de l'économie de l'environnement, mais employés par les économistes de l'innovation), avec les déterminants ayant trait à la réglementation, qui sont à l'inverse présents dans l'économie de l'environnement et absents de l'économie de l'innovation. Il propose donc une analyse intégrée fondée sur un triptyque de déterminants offre-demande-réglementation.

Mon acception de l'innovation environnementale est la suivante (Nadel, 2014). En prenant appui sur la littérature, je définis une innovation environnementale, ou éco-innovation, comme un procédé, équipement, produit, technique, ou système de gestion, nouveau ou amélioré, qui évite ou réduit l'impact environnemental (qui peut porter sur différentes

dimensions de l'environnement, sur les émissions de GES, la réduction de matières fossiles, l'amélioration du recyclage, de la biodiversité, etc., Arundel et al., 2007, Horbach, 2008). Elle se distingue de l'innovation *standard*¹ sur deux traits. Sa première caractéristique, peu prise en considération dans les analyses existantes, réside dans le fait qu'elle n'existe pas *per se*. En effet, l'innovation environnementale est *fondamentalement* et *nécessairement* imbriquée à une innovation *standard*, qu'elle soit de produits, procédés, ou d'organisation ; innovation standard qui cesse de l'être à partir du moment où elle produit une externalité environnementale positive. Ainsi, l'éco-innovation s'appuie nécessairement sur un *produit*, une *technologie*, ou un *dispositif organisationnel*.

La seconde spécificité de l'innovation environnementale est sa double externalité (Rennings, 2000). En effet, une éco-innovation génère non seulement une externalité positive de connaissance (produite par toute innovation *standard*), mais aussi un effet externe positif environnemental. Ce *spillover* environnemental implique un renforcement du caractère incertain² du processus d'adoption d'innovations environnementales (Faucheux, Froger, 1995, Jaffe et al., 2002, 2005) et renforce l'interaction entre les firmes et les structures industrielles qui les portent dans les processus d'adoption et de diffusion des innovations environnementales. Partant de ces deux spécificités, mes travaux de recherche se sont dans un premier temps employés à analyser les déterminants de l'adoption des éco-innovations dans l'industrie française et ses interactions avec les changements organisationnels, d'une part, et les structures industrielles, d'autre part. Les travaux menés dans ma thèse ont par exemple montré la diversité des déterminants microéconomiques de l'adoption d'éco-innovations dans les firmes industrielles, notamment en fonction de leur orientation stratégique (i.e. selon que leur comportement éco-innovateur est porté par des dynamiques d'offre, de demande ou réglementaires). J'ai aussi étudié les relations de complémentarités qui se nouent entre les changements dans l'organisation de la firme et l'adoption d'innovations environnementales et mis en lumière les dynamiques organisationnelles associées à l'adoption d'un Système de Management Environnemental. Mes analyses ont également porté sur les processus d'imbrication entre les comportements microéconomiques de développement d'innovations environnementales et les systèmes sectoriels d'innovation,

¹ On utilisera le terme d'« innovation standard » pour faire référence aux travaux portant sur l'innovation (de produits, procédés, organisationnelles) sans faire mention à son caractère environnemental.

² L'introduction de la dimension environnementale renforce l'incertitude. En effet, l'introduction de la question environnementale marque le passage d'un univers stabilisé à un univers controversé, entraînant des « troubles de légitimité » (Godard, 1990, Lafaye, Thévenot, 1993), c'est-à-dire des troubles dans les processus de décision et de coordination des agents.

par une comparaison inter-sectorielle de l'industrie manufacturière française. La thèse montre que les processus d'innovation environnementale résultent de combinaisons toujours spécifiques, à l'échelle microéconomique, de logiques internes et externes à la firme. Ces spécifications renvoient à des processus de complémentarités intraorganisationnels ainsi que des processus d'interaction entre la firme et son environnement.

Après ma thèse, j'ai approfondi cette recherche de différentes manières.

D'abord, j'ai étudié, sur l'ensemble des firmes industrielles françaises, les logiques d'isomorphisme institutionnel à la source du développement de l'innovation environnementale. Il s'agissait de mettre notamment en évidence les logiques mimétiques et normatives de l'innovation environnementale, souvent omises par une littérature se concentrant sur le poids de la réglementation environnementale. Aussi, au-delà d'une approche comparative des grands secteurs de l'industrie française menée lors de ma thèse, j'ai étudié en profondeur deux secteurs clés du système productif français : l'industrie agroalimentaire et le secteur des services. Les firmes de ces secteurs ont des comportements spécifiques, de par la nature même de leur activité. Les firmes de l'agroalimentaire, si elles se situent dans le secteur industriel, sont intimement liées au secteur agricole et aux questions d'alimentation. Les firmes de service elles, ne fournissent pas un bien intangible, même si notre comparaison inter-sectorielle à l'intérieur du secteur des services montre que certaines activités tendent à converger vers des logiques industrielles. L'étude du comportement vert du secteur agroalimentaire et du secteur des services permet, *in fine*, d'avoir une meilleure compréhension des processus de transition écologique du système productif français.

Ensuite, j'ai aussi élargi cette prise en considération de l'environnement externe, liée à la double externalité de l'innovation environnementale, en prenant en compte l'environnement géographique, et plus précisément en tentant d'élaborer une géographie de l'innovation environnementale, notamment en intégrant les éléments relatifs aux externalités de connaissance et de localisation de la firme et de ses partenaires de coopération.

Au-delà de l'éco-innovation, l'objectif d'étudier la transition écologique m'a conduit à élargir mon spectre d'indicateurs et à introduire des indicateurs de mesures d'investissement écologique et liés au développement d'unités de méthanisation.

D'une part, au-delà du comportement en termes de développement de nouveaux produits, procédés, et dispositifs organisationnels des entreprises analysé dans mes travaux sur l'éco-innovation, j'ai cherché à mesurer et étudier les investissements écologiques des entreprises,

en prenant en compte le montant des investissements écologiques que les entreprises industrielles déclarent chaque année auprès de la statistique publique française (enquête Antipol). Un tel indicateur d'investissements écologiques permet donc de mesurer et d'analyser les dépenses vertes réalisées par les entreprises industrielles.

D'autre part, j'ai cherché à étudier les déterminants du développement d'unités de méthanisation. Dans un contexte complexe de demande énergétique croissante et de tensions géopolitiques, la production de biogaz par digestion anaérobie est apparue comme une source d'énergie alternative viable. La méthanisation peut être considérée comme un compromis entre la nécessité de réduire la combustion des combustibles fossiles et la recherche de sources d'énergie alternatives (et renouvelables). Mon apport à la compréhension de la dynamique du biogaz a trait à l'utilisation de données de brevets pour comprendre la trajectoire technologique et les déterminants régionaux de cette énergie alternative.

Ce texte en vue de l'habilitation à diriger des recherches comporte trois chapitres. Le premier chapitre vise à rappeler le cadre théorique dans lequel s'inscrivent mes travaux, cadre qui a évolué au fil de mon parcours de chercheur. Il développe également les choix méthodologiques et les outils mobilisés dans ma démarche empirique. Le second chapitre présente mes travaux qui ont étudié spécifiquement les dynamiques d'innovations environnementales des firmes des secteurs de l'agroalimentaire et des services et également ceux portant sur les dynamiques d'isomorphisme institutionnel et de gouvernance au développement d'éco-innovations et de dépenses d'investissement écologique. Le troisième chapitre expose mes travaux portant sur la construction d'une géographie de l'innovation environnementale. L'objectif consiste à articuler les dynamiques spatiales avec les dynamiques en termes de transition écologique des firmes. Le comportement environnemental des firmes est saisi non seulement par la prise en compte de la nature des externalités de connaissance, mais aussi par celle de la nature des coopérations et de leur localisation dans l'espace (en zone urbaine, périurbaine, rurale). Dans ce chapitre, je présente aussi mon travail sur les déterminants territoriaux des unités de méthanisation ainsi que les facteurs technico-historiques du développement de la technologie liée au biogaz.

Chapitre 1 : Positionnements théorique et empirique

Ce chapitre présente d'abord l'approche et l'apport théorique de mes travaux, qui se fondent sur la combinaison de concepts de l'économie de l'innovation environnementale, de la théorie néo-institutionnelle et de l'économie géographique évolutionniste. La deuxième partie du chapitre traite de ma conception méthodologique et empirique, basée sur des choix de mesures et de méthodes visant à étudier les liens entre entreprise, espace et environnement.

1.1 Approche théorique : enrichir l'économie de l'innovation environnementale par la théorie néo-institutionnelle et l'économie géographique évolutionniste

Le positionnement théorique de mes travaux se situe au croisement de plusieurs approches : l'économie de l'innovation environnementale, la théorie néo-institutionnaliste, et l'économie géographique évolutionniste.

L'économie de l'innovation environnementale s'intéresse aux déterminants des innovations environnementales, notamment au niveau des firmes. Les travaux s'inscrivant dans cette approche montrent la diversité des déterminants de l'innovation environnementale mais demeurent fondamentalement centrés sur l'industrie et restent a-spatiaux. La première partie présentera les déterminants génériques de l'innovation environnementale, puis son application au cas des services (§1.1.1). En outre, les travaux n'explorent pas les logiques mimétiques et normatives au développement des comportements verts. C'est la raison pour laquelle je mobilise la théorie néo-institutionnelle de DiMaggio et Powell (1983), qui offre un cadre conceptuel permettant d'analyser les logiques d'isomorphisme institutionnel des innovations environnementales (§1.1.2).

Ensuite je présenterai un cadre théorique combinant des travaux provenant de l'économie géographique évolutionniste et de l'innovation environnementale. Cette volonté de construire un cadre qui met au cœur de son analyse la dimension territoriale me permet de contribuer à la littérature sur l'innovation environnementale, en introduisant une géographie de l'innovation environnementale et du développement du biogaz, et plus largement de tendre vers une géographie économique des transitions écologiques (§1.1.3).

1.1.1 L'économie de l'innovation environnementale

1.1.1.1 Des déterminants génériques...

Un consensus s'est dégagé parmi les chercheurs en économie de l'innovation sur l'existence d'un ensemble de facteurs à la source de développement de l'innovation environnementale par les entreprises. Ces éléments peuvent être regroupés en un triptyque de 3 groupes de déterminants proposés par Rennings, « *regulatory push/pull* », « *demand-pull* » et « *supply-push* » (Ghisetti, Pontoni, 2015, Horbach, 2008, 2016, 2019, Horbach et al., 2012)³.

Les éco-innovations se caractérisent par ce que l'on appelle le « *regulatory push-pull effect* » (Rennings, 2000) : la réglementation agissant tant du côté de l'offre (*push*) que du côté de la demande (*pull*). En modifiant les prix relatifs des facteurs de production ou en fixant de nouvelles normes (environnementales), les politiques existantes et anticipées jouent sur l'offre et la demande et engendrent ces innovations. Un premier apport des travaux empiriques dans ce champ, dont ceux issus de ma thèse, a été de confirmer le lien positif entre la réglementation environnementale et l'adoption d'innovations environnementales (Galliano et Nadel, 2013 dans le cas français, Horbach, 2008, Horbach et al., 2012, 2013, dans le cas allemand).

Les études empiriques convergent aussi pour montrer le rôle des facteurs liés à la demande (*demand pull*) au développement de l'innovation environnementale, tant sur le plan du niveau de la demande que sur la demande anticipée de nouveaux produits plus verts (Nadel, 2014, Barbieri et al., 2016).

Les facteurs *supply push* (liés aux coûts et aux conditions technologiques) se sont avérés être dans les travaux au moins aussi importants dans l'adoption de l'innovation environnementale que les facteurs liés à la demande. La dimension *supply push* sera particulièrement associée à la question du coût. Les recherches montrent qu'un objectif de réduction des coûts constitue pour la firme un facteur plus déterminant pour la mise en place d'innovations environnementales que pour celle d'innovations *standard* (Horbach, 2008)⁴.

³ Auquel on pourrait ajouter un quatrième groupe de facteurs lié aux « *firm-specific factors* » (Barbieri et al. 2016).

⁴ Horbach et al. (2012) montrent l'impact différencié de cet objectif de réduction des coûts selon la nature de l'innovation environnementale. En effet, ils notent un effet positif de la réduction des coûts dans le cas d'innovations environnementales qui portent sur la réduction de la consommation d'énergie, de l'utilisation des inputs, ou la réduction des émissions de CO₂ des firmes. En revanche, réduire les coûts n'a pas d'effet sur l'adoption d'innovations environnementales qui visent à réduire la pollution des sols, de l'eau ou de l'air, ou portant sur le recyclage des déchets.

Au sein de cette littérature, ma thèse apporte plusieurs contributions. En montrant qu'il existe des profils de firmes éco-innovantes différents, selon qu'elles soient guidées par des logiques d'offre, de demande ou par la réglementation (Galliano, Nadel, 2013), en mettant en lumière les logiques sectorielles (Galliano, Nadel, 2015) et de changements organisationnels (Galliano, Nadel, 2018, Nadel et al., 2016) dans les processus d'innovation environnementale. Les travaux ultérieurs présentés dans ce mémoire dans les chapitres suivants se situent dans le prolongement de ces recherches. Ils explorent plus spécifiquement la question de l'innovation environnementale dans les services et l'agroalimentaire, ses logiques d'isomorphisme institutionnel et de gouvernance, et son inscription dans des logiques territoriales. Si le cadre de l'économie de l'innovation environnementale a continué à structurer mes travaux, ils se sont également enrichis d'approches complémentaires afin d'étudier ces différents enjeux.

1.1.1.2 ... à son application à l'économie des services

Si les activités de services ont longtemps été définies par opposition aux autres activités productives (Chevandier, 2005, Gadrey, 1996, Piaggio et al., 2014), l'économie des services a cherché à en donner une définition plus pertinente en se fondant sur leurs spécificités. Ainsi, le service n'est pas un artefact matériel, mais il comprend la transformation de l'état d'un support, qu'il s'agisse d'un objet, d'une information codifiée, d'un individu ou d'une organisation (Hill, 1977). Les processus d'innovation dans les services diffèrent des dynamiques d'innovation dans l'industrie dans la mesure où l'activité de service présente plusieurs de ces spécificités. J'ai mobilisé pour étudier les dynamiques d'éco-innovation dans les services le cadre conceptuel de l'économie des services, dans un travail réalisé avec Céline Merlin-Brogniart, publié en 2021.

1^{ère} spécificité : Les activités de service peuvent s'exercer sur des supports différents : la matière, l'information, la connaissance ou l'individu. Selon le support envisagé, on peut décomposer un service en quatre types d'opérations ou de fonctions : 1) des opérations de logistique et transformation de la matière qui consistent à « traiter » des objets tangibles ; 2) des opérations de logistique et de traitement de l'information qui visent à « traiter » de l'information « codifiée » ; 3) des opérations ou fonctions de traitement de la connaissance par des techniques immatérielles (des méthodes) ; 4) des opérations de service en contact ou relationnelles qui consistent en un service direct. Chacune de ces opérations renvoie à un contenu technique, à des technologies différentes et à une trajectoire d'innovation spécifique.

2^{ème} spécificité : Un service constitue à la fois un process, un mode d'organisation, un protocole. Par conséquent, les distinctions traditionnelles entre l'innovation de produit, l'innovation de procédé et l'innovation organisationnelle sont délicates à effectuer. Le fait que dans les services, l'innovation soit un processus, bien souvent interactif, laisse une place importante pour les innovations organisationnelles (Bessant, Tidd, 2007, Coombs, Miles, 2000, Trot, 2012).

3^{ème} spécificité : L'innovation technologique n'entretient pas les mêmes relations avec les biens et avec les services. Dans les biens, la technologie est intrinsèque : elle fournit directement des caractéristiques d'usage (ou de service). La technologie n'est pas consubstantielle aux services.

4^{ème} spécificité : Le client peut être un des acteurs de l'innovation. Cette innovation est particulièrement présente dans les services intensifs en connaissance, comme les services de conseil (Murray et al., 2009). Cette interactivité du service renforce le poids des innovations organisationnelles.

Je me suis interrogé sur la manière dont ces 4 spécificités devraient influencer les déterminants de l'innovation environnementale dans les firmes de service et en particulier sur la diversité des innovations environnementales rencontrées. Ainsi, l'innovation environnementale devrait à la fois avoir un caractère non technologique / organisationnel plus affirmé que dans l'industrie ; et le fait qu'elle soit souvent co-produite devrait renforcer la création ou l'adoption d'innovation environnementale en réponse à un besoin du client. Les résultats de cette recherche seront présentés dans le chapitre 2.

1.1.2 La théorie néo-institutionnelle

Ensuite, dans le cadre d'un autre article publié en 2021 avec Ornella Boutry, j'ai mobilisé la théorie néo-institutionnelle afin de mettre en lumière d'autres formes de déterminants de l'innovation environnementale. L'objectif était notamment d'étudier le rôle de la légitimité environnementale dans l'adoption d'innovations environnementale par les firmes. Selon DiMaggio et Powell (1983), les entreprises sont motivées par la recherche de légitimité, entendue comme « une perception ou une hypothèse généralisée selon laquelle les actions d'une entité sont souhaitables, correctes ou appropriées dans un système socialement construit de normes, de valeurs, de croyances et de définitions » (Bansal, Clelland, 2004). Une plus grande légitimité peut rendre une entreprise plus compétitive, en lui donnant accès à des

ressources, à des salariés qualifiés, etc. (Berrone et al., 2013, Oliver, 1991). Cette recherche de légitimité est particulièrement forte dans les processus de décision des firmes en matière environnementale (Bansal, Clelland, 2004, Berrone et al., 2017, Boiral, 2007, Godard, 1990). Nous considérons donc, d'un point de vue théorique, que les éco-innovations introduites par une entreprise peuvent être un signal de sa position environnementale au sein de son secteur. Cette position peut renforcer sa légitimité environnementale si elle répond aux attentes du public (Bansal, Clelland, 2004, Berrone et al., 2017, Hart, 1995). Je mobilise, dans l'étude de l'innovation environnementale, le cadre conceptuel formulé par DiMaggio et Powell (1983), qui estiment que les comportements des entreprises tendent à converger sous la force d'un isomorphisme institutionnel. Celui-ci a trois formes : l'isomorphisme coercitif est associé à la pression réglementaire : la réglementation environnementale est un mécanisme coercitif qui sous-tend la convergence du comportement des entreprises par le biais d'innovations environnementales. L'isomorphisme normatif se distingue de l'isomorphisme coercitif par l'importance accordée à la professionnalisation, c'est-à-dire à la lutte collective des membres d'une profession pour définir les conditions et les méthodes de leur travail et pour légitimer leurs activités en élaborant des normes fondées sur la connaissance (DiMaggio, Powell, 1983). Il s'agit de la production et de l'adoption de normes établies par la profession (modèles organisationnels, langages communs, techniques communes, etc.) et du rôle des réseaux et organisations professionnels dans leur diffusion. Les travaux sont bien plus rares à étudier cette dimension normative dans l'étude de l'innovation environnementale. Je l'analyse à travers le rôle de dispositifs informels, tels que la mise en place d'un code de bonnes pratiques environnementales au sein du secteur d'appartenance de la firme, ou le rôle des consultants. L'isomorphisme mimétique est le processus, en situation d'incertitude, qui peut conduire les organisations à adopter les mêmes pratiques que d'autres entreprises (DiMaggio, Powell, 1983). Ce type d'isomorphisme institutionnel met en évidence le rôle des retombées de connaissances dans la diffusion des pratiques vertes : l'innovation environnementale qui se propage dans un secteur va diffuser de nouvelles de connaissance à chaque nouvel adoptant. Plus le taux d'adoption est élevé dans un secteur, plus la probabilité qu'une entreprise adopte cette innovation sera donc élevée (Geroski, 2000, Sarkar, 1998). Cet effet mimétique s'accroît avec l'incertitude (Suire, Vicente, 2009, Vicente, Suire, 2007). J'étudie cette dimension mimétique de l'adoption de l'innovation environnementale en prenant en compte le taux d'adoptants sectoriel ainsi que les informations provenant des concurrents.

Ce cadre me permet donc de mettre en évidence des logiques d'isomorphisme institutionnel, notamment de « convergence des choix » (Dalla Pria, Vicente, 2006) parmi les entreprises appartenant à un même secteur. Néanmoins s'il a permis de montrer des déterminants nouveaux, ils restent liés à des logiques sectorielles. L'analyse de la dimension territoriale de l'innovation environnementale mérite donc la mobilisation d'un cadre conceptuel nouveau : celui de l'économie géographique évolutionniste.

1.1.3 L'économie géographique évolutionniste

L'économie géographique évolutionniste constitue le cadre qui m'a permis de mettre au centre de l'analyse la dimension territoriale des innovations environnementales et des processus productifs liés à la transition écologique et énergétique.

La théorie évolutionniste (Dosi, Marengo, 1994, Nelson, Winter, 1982, Teece, 2010) est une théorie alternative à l'économie néoclassique, dont les hypothèses fondamentales reposent sur le concept de rationalité limitée et de comportement routinier des firmes, plutôt que sur la maximisation du profit (Simon, 1955). Les routines (considérées comme équivalentes aux gènes des espèces) manifestent les compétences organisationnelles issues en grande partie des dynamiques d'apprentissage et de connaissance des firmes (Nelson et Winter, 1982). L'analyse évolutionniste de la firme met au cœur de son analyse les dynamiques de co-évolution entre les firmes et leur environnement de sélection (en s'inspirant du concept darwinien de co-évolution entre les espèces et leur environnement), en mettant l'accent sur les dynamiques d'innovation et d'apprentissage. L'économie géographique évolutionniste applique les concepts et méthodologies de base de l'économie évolutionniste dans un contexte de géographie économique (Boschma, Frenken, 2006). Cette économie géographique évolutionniste met en évidence non seulement les logiques de « dépendance au sentier » (*path dependency*) des entreprises et de leurs connaissances, mais aussi et surtout leur dépendance à l'espace (Ferru, Lévy, 2016). L'introduction de l'espace dans l'analyse évolutionniste permet donc une meilleure compréhension de la dynamique des firmes et des territoires dans lesquels elles sont implantées et avec lesquelles elles co-évoent.

En partant de la notion de double externalité de Rennings, j'ai étudié la manière dont interagissent les externalités environnementales et les externalités de connaissance dans le comportement écologique des entreprises et des territoires.

La géographie de l'innovation considère classiquement que toute innovation est caractérisée par un premier type d'externalité dite de connaissance : les « *knowledge spillovers* » (Cappelli et al., 2014). Ces externalités de connaissance, ou *spillover*, sont associées à la diffusion de connaissances issues des efforts de R&D des firmes. Elles « débordent » de la firme et se diffusent au sein de son secteur (Malerba, 2005) et de son territoire (Breschi, Lissoni, 2001, Jaffe et al., 1992). Ce premier type d'externalités (positives) est lié au caractère de bien public de la connaissance, qui n'est ni contrôlable, ni rivale (Arrow, 1962). L'innovation environnementale, en tant qu'innovation qui génère un bénéfice sur l'environnement, se spécifie par le fait d'être caractérisée par une seconde externalité : une externalité environnementale. Dans les travaux présentés en chapitre 3, j'ai cherché à étudier quel type d'externalités de connaissance favoriserait les comportements environnementaux des firmes. En effet, le caractère géographiquement limité du débordement de connaissances conduit à prendre en compte les questions de localisation des activités et des effets d'agglomération. La notion d'agglomération est au cœur de l'analyse des externalités spatiales. Elle conduit souvent à réduire les bénéfices d'une localisation à l'avantage d'être situé dans une zone densément peuplée, sans prendre en compte la diversité des territoires et les différentes formes d'externalités qui peuvent se produire selon le type d'environnement dans lequel les entreprises sont implantées (Galliano et al. 2015, Torre, Wallet, 2014). Ainsi, s'il est généralement admis qu'il existe une corrélation positive entre l'agglomération et la diversité des activités, il semble important, comme l'ont souligné Frenken et al. (2007), de distinguer - à la fois théoriquement et méthodologiquement - les phénomènes liés à l'agglomération des questions de diversité des activités lors de l'analyse des performances innovantes et éco-innovantes des entreprises. C'est la raison pour laquelle j'ai visé à étudier quels types d'externalités ont l'impact le plus positif sur l'éco-innovation, et comment le degré d'agglomération influence l'interaction entre les entreprises et leur environnement spatial dans les processus éco-innovants (cf. chapitre 3).

Mes travaux permettent notamment d'éclairer la controverse sur la nature des externalités la plus favorable à l'(éco)-innovation, qui oppose les tenants de l'approche marshallienne de ceux de l'approche jacobienne (cf. Galliano et al., 2015). En effet, pour Marshall (1890), la spécialisation favorise le développement d'un réseau de fournisseurs spécialisés, l'accès à une main-d'œuvre dédiée et la diffusion des connaissances entre entreprises d'un même secteur. Ce modèle repose sur l'idée que les externalités de connaissance sont favorisées par les échanges entre firmes appartenant au même secteur. A l'opposé, pour Jacobs (1969),

L'agglomération produit des externalités favorables à l'innovation lorsque les secteurs situés sur un même territoire sont diversifiés, favorisant le partage et la recombinaison de connaissances diverses. Face à cette opposition simpliste et surtout à la complexité des processus d'innovations localisés, les développements récents en géographie de l'innovation ont permis d'introduire le concept de variété reliée (Boschma, Frenken, 2009, Neffke et al., 2011). Le type d'agglomération le plus favorable à l'innovation serait ici celui d'une concentration de secteurs diversifiés mais qui sont reliés en termes de compétences partagées ou complémentaires (Boschma, Frenken, 2009). L'effet positif majeur de la variété reliée est de faciliter l'échange de connaissances sur le territoire (Neffke et al., 2011) dans la mesure où la mobilisation des technologies proches crée une proximité cognitive plus grande entre les firmes (Boschma, 2005, Boschma, Frenken, 2011).

À la suite de ces travaux fondateurs de Marshall (1890) et Jacobs (1969), la littérature économique sur les déterminants spatiaux de l'innovation a donc largement souligné le rôle des externalités spatiales dans la performance des entreprises et des territoires (Boschma, 2015, Feldman, Kogler, 2010, Neffke et al., 2011), et a mis en évidence trois types d'externalités : la spécialisation, la variété non reliée et la variété reliée. Toutefois, ces études divergent quant aux formes d'externalités qui favorisent l'innovation (Beaudry, Schiffauerova, 2009, Galliano et al., 2015, Neffke et al., 2011), et n'abordent pas la question de l'innovation environnementale.

Les connaissances liées aux technologies vertes disponibles dans une région devraient déclencher le développement d'éco-innovations (Coll-Martínez et al., 2022, Colombelli, Quatraro, 2019). Par exemple, Colombelli et Quatraro (2019) soulignent l'importance de la variété technologique dans la promotion des innovations vertes. Ils affirment qu'un processus historique d'accumulation de connaissances, dans lequel la combinaison de domaines technologiques reliés et hautement complémentaires, améliore l'exploitation des opportunités technologiques vertes. Toutefois, la question de savoir si ce sont uniquement les connaissances vertes ou différentes bases de connaissances (propres et/ou « sales ») qui ont le plus d'impact sur le développement des technologies vertes (Coll-Martínez et al., 2022, Montresor, Quatraro, 2020) fait l'objet d'un débat.

C'est ce cadre conceptuel que j'emploie dans mes travaux ou j'analyse l'influence de la localisation de la firme et du partenaire de coopération, la nature des externalités et des connaissances des territoires dans le développement d'innovations vertes et d'unités de méthanisation (chapitre 3).

1.2 Approche empirique : un double niveau d'analyse entreprise / territoire

L'approche mobilisée dans mes recherches est une approche essentiellement empirique, s'appuyant principalement sur des données d'entreprise et de brevet. Elle vise à rendre compte, sur le plan empirique, des dynamiques environnementales au sein des entreprises et des territoires. On présentera ici les données mobilisées, les mesures et les stratégies empiriques pour analyser ces dynamiques.

1.2.1 Données, mesures et méthodes

La mesure de l'innovation a fait l'objet de nombreux débats, chaque indicateur ayant ses limites. D'abord, les dépenses de R&D (les mesures partant des « inputs ») n'aboutissent pas forcément en produits ou procédés innovants. Ensuite, les brevets déposés (mesurés par les outputs) ne se traduisent pas nécessairement en nouveau procédé ou produit commercialisé. Enfin, une innovation peut ne pas être brevetée. C'est la raison pour laquelle j'ai dans mes travaux principalement utilisé les bases de données issues de la version française de l'enquête communautaire sur l'innovation (Community Innovation Survey, CIS), dont le volet environnemental a été introduit dans les enquêtes CIS 2008 et CIS 2014. Cette enquête, obligatoire et déclarative, a l'avantage d'être menée sur un grand nombre de firmes représentatives du système productif français. Elle a aussi l'avantage de distinguer les innovations environnementales selon que le bénéfice environnemental se produit lors du processus de production (réduction des émissions de CO₂, remplacement de matières polluantes...) ou lors du processus de consommation (réduction des émissions d'énergie lors de l'usage du bien, produits plus durables, réduction des déchets liés aux emballages, etc.)⁵.

La représentativité de cette base de données, combinée aux données exhaustives issues de la base déclaration annuelle de données sociales (DADS) fournies par toute entreprise aux

⁵ Notons qu'entre mes premiers travaux basés sur CIS 2008 et ceux qui se basent sur CIS 2014, la définition statistique et donc institutionnelle considère qu'il n'y a plus 9 types d'éco-innovation (*bénéfices environnementaux lors du processus de production* : réduction de l'utilisation de matières par unité produite ; de la consommation d'énergie par unité produite ; des émissions de CO₂ générées par l'entreprise ; remplacement de matières premières polluantes ; réduction de la pollution des sols, de l'eau ou de l'air ; recyclage des déchets, de l'eau ou des matières premières ; *bénéfices environnementaux lors du processus de consommation* : réduction de la consommation d'énergie par unité produite consommée, de la pollution des sols, de l'eau ou de l'air ; recyclage du produit amélioré après usage généré par le consommateur) mais 14 types d'éco-innovation : aux 9 précédents s'ajoutent la réduction de l'utilisation d'eau par unité produite et le remplacement d'énergie fossile par des sources d'énergie renouvelables lors du processus de production, et lors du bénéfice de la consommation, la réduction des émissions de CO₂ par unité produite, produits à durée de vie étendue ou produits réparables, et la réduction de la quantité de déchets liés aux emballages.

administrations fiscales et sociales, m'a permis de réaliser des études quantitatives à l'échelle nationale.

Sur la base de ces données, j'ai construit un indicateur d'intensité, ou de profondeur (*breadth*) de la performance environnementale de l'entreprise, ce qui n'avait pas encore été fait dans les travaux existants, qui se concentraient essentiellement sur les processus d'engagement dans des éco-innovations. La construction d'un tel indicateur a permis de distinguer dans mes travaux le processus de choix d'engagement dans l'innovation environnementale de celui d'amélioration de l'intensité de l'innovation environnementale de la firme. Dans le chapitre 2 de ce mémoire d'hdr, la nature spécifique des services m'a amené à utiliser des modèles simples de type probit pour analyser l'adoption des innovations environnementales. Toutefois, le travail portant sur les dynamiques environnementales des entreprises de l'agroalimentaire utilisera un modèle de comptage de type zinb en deux étapes, et analysera cette distinction. Ce sera aussi le cas pour les travaux présentés en chapitre 3 (&3.1 et &3.2) qui porteront sur la prise en compte de la nature des externalités, de la localisation et des modes de coopération de la firme pour s'engager dans l'innovation environnementale et intensifier ses processus d'innovation environnementale (via des modèles de comptage de type hurdle).

Au-delà de l'innovation environnementale, pour approfondir l'étude de la transition écologique, j'ai dans un travail avec Magali Savès étudié les investissements écologiques. Ici il s'agit de considérer comme « investissements écologiques » le périmètre des investissements définis par l'INSEE dans son *Enquête sur les investissements dans l'industrie pour protéger l'environnement* (Antipol), à savoir : « l'ensemble des achats de bâtiments, terrains, machines ou équipements destinés à traiter, mesurer, contrôler ou limiter la pollution générée par l'activité de l'entreprise, qu'ils soient entièrement dédiés à la protection de l'environnement (matériel de mesure des polluants, filtres, décanteurs, bennes, bacs de rétention...), ou qu'ils consistent à acheter des équipements plus performants sur le plan environnemental (acquisition de véhicules électriques moins polluants, de machines moins bruyantes, émettant moins de fumées, moins de gaz à effet de serre, générant moins de déchets...). Pour ces derniers, seules les dépenses décidées dans le but de lutter contre la pollution sont prises en compte ». Le questionnaire Antipol précise que les dépenses d'investissement déclarées doivent être celles qui ont été engagées avec l'idée de protéger l'environnement, et non pas « celles nécessaires à la production qui

s'avèreraient, finalement, avoir un impact favorable sur l'environnement »⁶. Ce nouvel indicateur enrichit l'analyse des dynamiques vertes des entreprises, en mesurant les dépenses des entreprises (variable continue), non pas uniquement pour développer des nouveaux produits ou procédés verts, mais plus largement pour la protection de l'environnement. De la même manière on aura un modèle de type Heckman qui distinguera choix de s'engager dans l'investissement écologique et intensification de ces dépenses écologiques (&2.2.2).

Outre ce nouvel indicateur, j'ai aussi depuis la fin de ma thèse introduit la dimension spatiale dans les dynamiques d'innovation environnementale. J'ai donc dû construire et utiliser des indicateurs visant à estimer cette dimension spatiale. C'est ce que je présente dans la section suivante.

1.2.2 Comment mesurer les liens entre entreprise, espace et environnement ?

J'ai cherché à intégrer l'espace dans l'explication du comportement environnemental des entreprises sous deux occurrences : i) par la prise en compte de la nature des externalités, ii) par la prise en compte de la localisation des entreprises.

De plus, j'ai cherché à étudier les facteurs expliquant le développement d'unités de méthanisation en ne prenant pas cette fois-ci comme unités d'observation l'entreprise, mais dans une approche spatialisée, une unité géographique : le département.

1.2.2.1 La mesure des externalités

Différents indicateurs permettent de décrire la spécialisation / diversification sectorielle des zones géographiques. On mobilise, dans les travaux présentés dans les parties &3.1 et &3.2 de ce mémoire, les trois indicateurs utilisés dans la littérature pour évaluer les externalités spatiales : le quotient de localisation (QL), la variété non reliée (UV) et la variété reliée (RV). Le premier est classiquement utilisé pour mesurer les externalités marshalliennes (Beaudry, Schiffauerova, 2009) tandis que les deux autres mesurent une diversification absolue versus relative des activités (Frenken et al., 2007).

Nous utilisons pour calculer les indicateurs de spécialisation et de diversification la base établissement issue des Déclarations Annuelles de Données Sociales (DADS 2014). Comme

⁶ Sont donc exclues les dépenses relatives à la sécurité et à l'hygiène des personnes travaillant sur le site (par exemple : « désamiantage », casques anti-bruit...), ainsi que celles ayant pour seul objectif la réduction des consommations de matière première ou d'énergie. Sont également exclues de l'enquête les coûts de production d'éco-produits.

le rappellent Beaudry et Schiffauerova (2009), les indices spatiaux de concentration industrielle sont sensibles aux découpages sectoriels et géographiques retenus. Nous retenons les 304 zones d'emploi métropolitaines pour le découpage géographique et les 12 secteurs d'activités (CA-CM sauf CD) comme découpage sectoriel pour la variété non reliée. La variété reliée est appréciée au niveau le plus fin des activités (à 5 chiffres). Toutes les mesures sont effectuées sur le nombre de salariés des établissements.

Le quotient de localisation (QL) mesure alors le poids d'un secteur k dans la zone i relativement au poids total du secteur dans l'économie nationale, soit :

$$QL_{k,i} = \frac{p_{k,i}}{p_k}$$

Avec p_k est la part des salariés du secteur k dans l'emploi manufacturier total. $p_{k,i}$ est la part des salariés du secteur k dans l'emploi manufacturier de la zone i . Il en ressort qu'un QL supérieur à 1 indique une spécialisation sectorielle relative tandis que plus le QL sera proche de 0, plus le secteur k sera sous-représenté dans la zone i .

L'indicateur de variété non reliée (UV, pour *unrelated variety*), calculée pour une zone, permet d'apprécier la répartition de l'emploi dans les différents secteurs qui la composent. Il s'interprète comme une mesure d'entropie. Si un seul secteur est présent dans la zone i , l'UV est nulle. La valeur maximale dans une zone est atteinte quand les emplois sont répartis à parts égales dans tous les secteurs de la zone. Cette valeur maximale dépend du nombre de secteurs présents dans la zone.

$$UV_i = \sum_{S_k \in Z_i} [p_{k,i} \times \log_2(p_{k,i}^{-1})]$$

$S_k \in Z_i$ signifie que seuls les secteurs représentés dans la zone Z_i sont pris en compte

L'indicateur de variété reliée (RV, pour *related variety*), calculée pour une zone permet de tenir compte de la diversification des activités au sein de chaque secteur. Chaque secteur est décomposé en activités élémentaires et un premier calcul permet d'établir, avec la même formule que celle de l'UV, la diversification des activités au sein d'un secteur. Le RV apparaît comme la moyenne pondérée des diversifications de l'ensemble des secteurs présents dans la zone. Le RV est nul si un seul secteur est présent dans la zone avec une seule activité dans ce secteur. La valeur maximale va dépendre du nombre de secteurs présents dans la zone, du

nombre d'activités présentes dans chaque secteur et de la répartition de la main-d'œuvre entre les activités d'un secteur. Théoriquement, elle sera atteinte quand la main-d'œuvre est répartie de manière homogène entre les différentes activités du secteur comportant le plus grand nombre d'activités.

$$RV_i = \sum_{S_k \in Z_i} [p_{k,i} \times H_{k,i}]$$

$$\text{avec } H_{k,i} = \sum_{A_j \in S_k * Z_i} [p_{j,k,i} \times \log_2(p_{j,k,i}^{-1})]$$

$A_j \in S_k * Z_i$ signifie que seules les activités appartenant au secteur S_k et représentées dans la zone Z_i sont prises en compte. $H_{k,i}$ est une mesure d'entropie similaire à UV_i . Au sein d'une zone i , $H_{k,i}$ mesure l'entropie au niveau des activités de base d'un secteur, tandis que UV_i mesure l'entropie au niveau des secteurs. En raison de la nature décomposable de l'entropie, l'entropie mesurée au niveau 5-digit est égale à l'entropie au niveau du secteur (UV_i) et à la somme pondérée de l'entropie au niveau 5-digit au sein de chaque secteur (RV_i) = somme ($H_{k,i}$).

Dans la modélisation de notre travail présenté en &3.1 et &3.2, toute firme bénéficiera d'un environnement spatial correspondant à la zone d'emploi i dans laquelle elle est localisée (UV_i et RV_i) et tenant compte de son secteur d'activités pour l'indicateur de spécialisation ($QL_{k,i}$).

Ce type de calcul permet de proposer une approche territoriale de l'éco-innovation au niveau de l'entreprise qui tient compte à la fois de la localisation des entreprises (urbaine, rurale et périurbaine) et de la nature des externalités spatiales présentes dans leur environnement géographique. Ces externalités (spécialisation, variété reliée et non reliée) sont mesurées sur la base du nombre de salariés dans les établissements (DADS 2014), à l'échelle des zones d'emploi. Ainsi, cette stratégie empirique permet d'étudier la dimension spatiale dans l'analyse de l'innovation environnementale, dans la mesure où chaque entreprise est associée à un type d'environnement spatial spécifique et présente un profil d'externalités correspondant aux caractéristiques de sa zone d'emploi.

Dans mes travaux sur le biogaz (&3.3), j'ai mobilisé un autre type de mesure des externalités basé sur des données de brevets. Cette mesure de l'externalité est basée sur le calcul du degré de complémentarité entre les classes technologiques par un indicateur de variété reliée qui mesure le degré moyen de *relatedness* des technologies qui composent la base de connaissances de chaque département. Cet indicateur s'inspire des travaux de Nesta et Saviotti (2006), Nesta (2008) et Quatraro (2010).

Concrètement, la variété reliée est calculée à l'aide d'un modèle de similarité probabiliste basé sur la co-occurrence des classes technologiques dans les demandes de brevet. Elle est fondée sur la fréquence de combinaison des classes technologiques. Nous calculons le degré de parenté associé à la base de connaissances des régions comme suit :

$$WAR_{lt} = \frac{\sum_{j \neq l} \tau_{lj} P_{jt}}{\sum_{j \neq l} P_{jt}}$$

Où la variété reliée moyenne pondérée (WAR_l) est définie comme le degré de parenté entre la technologie l et toutes les autres technologies $j \neq l$ dans le portefeuille de brevets de la région, pondéré par le nombre de brevets P_{jt} .

Enfin, la « *relatedness* » de la base de connaissances de la région au moment t est définie comme la moyenne pondérée de la mesure WAR_{lt} :

$$RELATEDNESS_t = \sum_l WAR_{lt} \times \frac{P_{lt}}{\sum_l P_{lt}}$$

En outre, nous considérons la mesure dans laquelle les activités innovantes sont réparties géographiquement par rapport à la spécialisation nationale, c'est-à-dire l'avantage technologique révélé (RTA) selon Balland et Rigby (2017) :

$$RTA_{Xij} = \frac{Patents_{ij} / \sum_j Patents_{ij}}{\sum_i Patents_{ij} / \sum_i \sum_j Patents_{ij}}$$

RTA_X mesure l'intensité de la contribution de chaque région au développement de l'une des trois technologies associées au biogaz par rapport à la moyenne nationale (française). En d'autres termes, il mesure l'effort d'une région pour développer une technologie spécifique (numérateur) par rapport aux efforts nationaux (dénominateur). Un RTA_X supérieur à 1 indique que le regroupement de la production de la technologie X dans le département i est plus important que la moyenne nationale, et que le département est donc spécialisé dans une technologie X spécifique. Trois RTA_X ont été calculées, chacune faisant référence à trois technologies spécifiques considérées comme étroitement liées à la production de biogaz

(Golembiewski et al., 2015, Jolly, Hansen, 2022) : (i) traitement des eaux usées ou gestion des déchets (Y02W) (RTA_waste) ; (ii) technologies de réduction des émissions de GES, liées à la production, au transport ou à la distribution d'énergie (Y02E) (RTA_energy) ; et (iii) biotechnologies (RTA_biotech).

1.2.2.2 Le découpage géographique : rural/ urbain

La volonté de différenciation rural / urbain dans mes recherches, qui seront présentées dans le chapitre 3, provient de la constatation que les travaux existants ignorent les différentes logiques de développement de comportements verts selon la localisation des entreprises. Celle-ci sera mesurée par la distinction rural / urbain dans mes travaux sur le biogaz, et rural/ urbain / périurbain dans mes travaux sur l'éco-innovation.

Le découpage géographique procède d'une logique qui veut que les comportements des entreprises dépendent des spécificités géographiques de leur localisation (Arcuri et al., 2019, Carré, Levratto, 2011, 2013). On estime que les zones urbaines présentent des caractéristiques spécifiques qui profitent aux entreprises - à savoir une plus grande concentration de biens publics et d'infrastructures de transport - et elles permettent l'accès à un capital humain dense et diversifié, qui facilite le flux d'informations et de connaissances (Glaeser et al., 2010). Mais l'urbanisation produit également des externalités négatives liées aux effets de la congestion urbaine et du coût du foncier, qui peuvent influencer le comportement environnemental des entreprises et le choix de l'emplacement de leurs activités (par exemple, la colocalisation des sièges sociaux, la délocalisation des activités productives, etc.) Dans les zones urbaines denses, une grande variété d'activités industrielles et tertiaires coexiste généralement avec des clusters plus spécialisés, qui sont tous des sources de diffusion de connaissances diversifiées. Cette densité d'activités diverses et parfois reliées s'avère être un atout dans la transformation des activités vers plus de durabilité, en stimulant les synergies entre différents domaines technologiques et entre différents réseaux d'acteurs (Coenen et al., 2012).

Quant aux zones rurales, leur faible densité est associée à une diversité et une disponibilité moindre des compétences et des ressources, ainsi qu'à une moindre présence d'activités industrielles et tertiaires, bien que des groupements locaux spécialisés puissent également exister dans ces zones. Une faible densité implique également une moindre diversité industrielle, moins d'interactions locales et, par conséquent, moins de retombées en termes

de connaissances. Néanmoins, dans ces zones à faible densité, il existe des possibilités d'innovation qui suivent des logiques de *path-dependency*, avec un sentier d'innovation encadré par les industries existantes et les effets positifs subséquents des externalités de variété reliées. Les zones périurbaines - qui ont été peu étudiées jusqu'à présent - constituent l'interface entre les territoires urbains et ruraux. Par définition, elles interagissent fortement avec les villes mais tendent à avoir une fonction plus résidentielle et présentent moins d'externalités négatives associées à la densité urbaine (telles que les coûts fonciers et les problèmes de congestion), tout en bénéficiant de la proximité des consommateurs et de l'infrastructure urbaine. Comme l'ont montré des études récentes, ces zones subissent également de profonds changements et suivent des trajectoires très diverses (Nessi et al., 2016). Les zones périurbaines sont fortement interconnectées aux centres urbains par la mobilité des salariés, mais aussi par les retombées des connaissances urbaines dérivées des activités humaines. Elles abritent souvent des activités de production et de logistique, ce qui peut influencer leur comportement éco-innovant.

Il existe deux approches de la densité spatiale en France, basées sur les dimensions morphologiques et fonctionnelles. L'approche morphologique est appréciée par le stock de population vivant dans un lieu et sur la contiguïté des logements. Les unités urbaines doivent compter une ou plusieurs communes comptant au moins 2000 habitants dans une zone d'habitat continu. L'approche fonctionnelle, désormais choisie par l'INSEE et mobilisée dans mes travaux, est basée sur le stock d'emplois dans une unité urbaine et sur les taux de navettage dans les communes environnantes. Selon l'Institut national de la statistique (INSEE, ZAU 2010), les pôles urbains sont définis comme des unités urbaines de plus de 10 000 emplois et les zones périurbaines comme des communes où le taux de navettage vers les pôles urbains dépasse 40 % de la population de la commune. Ainsi, les centres urbains correspondent à une densité de population et d'emploi, tandis que les zones périurbaines correspondent à un niveau élevé de navettes vers les centres urbains. Le reste de l'espace est constitué de petits centres urbains et de municipalités environnantes, ainsi que de municipalités sans influence sur les centres urbains. Dans mes travaux présentés en §3.1 et §3.2, nous considérons ces zones comme des zones rurales, en tenant compte du fait qu'elles n'ont pas de densité de population et d'emploi significatives. Selon cette catégorisation, l'aire urbaine représente 59 % de la population et 8 % de l'aire métropolitaine française, l'aire périurbaine représente 24 % de la population et 24 % de l'aire métropolitaine et l'aire rurale représente 17 % de la population et 59 % de l'aire métropolitaine.

Pour l'étude des déterminants des unités de méthanisation (§3.3), le découpage géographique est différent : il consiste à estimer le même modèle pour des sous-échantillons de régions rurales, de régions urbaines et de toutes les régions NUTS-3 en France, en utilisant la typologie urbaine/rurale de l'INSEE. Celle-ci est construite à partir de la grille de densité municipale, où les zones « denses » et « de densité intermédiaire » sont considérées comme urbaines, tandis que les zones « peu denses » et « très peu denses » sont utilisées pour définir les régions rurales.

Conclusion du chapitre

Ce chapitre avait pour objectif de présenter mes approches théoriques et empiriques. D'un point de vue théorique, ma trajectoire de recherche est telle que je me suis dégagé petit à petit du cadre théorique majoritairement mobilisé par les études sur l'innovation environnementale afin de mobiliser, mais aussi d'enrichir les cadres conceptuels appropriés aux questions de recherche que je me suis posées depuis la fin de ma thèse. La théorie néo-institutionnelle sera mobilisée dans mes travaux présentés dans le chapitre 2. L'économie géographique évolutionniste servira de cadre des travaux présentés en chapitre 3.

Les deux chapitres suivants présentent mes travaux de recherche post-thèse. Je les ai divisés en deux grands pans. Le chapitre 2 aborde les analyses qui enrichissent la compréhension des processus d'innovation environnementale, et répondent en partie aux questionnements que j'avais eus à la fin de ma thèse. Quelles sont les logiques spécifiques au secteur agroalimentaire ? (§2.1.1) Au secteur des services ? (§2.1.2) Quelles logiques d'isomorphisme institutionnel ? (§2.2.1). Les résultats du travail portant sur logiques de gouvernance aux investissements écologiques viendront clore ce deuxième chapitre.

Le chapitre 3, abordera lui mes travaux qui ont pour but d'étayer et d'enrichir une géographie de l'innovation environnementale. On présentera les études portant sur la prise en compte conjointe de la localisation de la firme et de la nature des externalités de son environnement proche dans l'explication de l'innovation environnementale, puis on se focalisera sur la nature et la localisation des partenaires nécessaires pour cette innovation environnementale. Enfin, je présenterai les analyses portant sur le développement d'unités de méthanisation, en montrant les déterminants régionaux de ce type d'énergie renouvelable, ainsi que la trajectoire technico-historique de la technologie liée au biogaz.

Chapitre 2 : Dynamiques environnementales, sectorielles et institutionnelles

Ce chapitre présente mes recherches visant à mieux appréhender les logiques sectorielles et institutionnelles qui gouvernent le développement d'innovations environnementales. Après avoir réalisé lors de ma thèse de doctorat une comparaison inter-sectorielle des dynamiques d'innovation environnementale au sein de l'industrie française, j'ai cherché à approfondir cette étude des logiques sectorielles de l'éco-innovation en me concentrant sur deux secteurs spécifiques du système productif français : l'agroalimentaire et les services (&2.1). La deuxième partie de ce chapitre porte sur les logiques d'isomorphisme institutionnel et de gouvernance du développement d'innovations environnementales et d'investissements écologiques par les firmes industrielles françaises. En effet, j'ai considéré à l'issue ma thèse que la question des logiques institutionnelles à l'innovation environnementale était traitée de manière partielle, car ne prenant majoritairement en compte que les questions de réglementation. Ce qui m'a amené à développer une recherche portant sur l'influence des mécanismes d'isomorphisme institutionnel (DiMaggio, Powell, 1983) sur l'innovation environnementale. De même, rares sont les travaux traitant des questions de gouvernance dans le verdissement des firmes, ce qui m'a conduit à analyser le rôle de la gouvernance ayant trait notamment à la participation des salariés aux prises de décision, dans la mise en œuvre des investissements écologiques des firmes.

2.1 Les dynamiques sectorielles de la transition écologique: le cas du secteur des services et de l'industrie agroalimentaire

Cette partie se concentre sur les dynamiques sectorielles de l'innovation. Le constat fait à la fin de ma thèse était celui d'un manque de connaissances des spécificités sectorielles de l'éco-innovation, la majorité des études portant sur l'ensemble des firmes industrielles. L'environnement dans lequel je me trouvais en thèse (à l'INRAE Toulouse) m'a conduit à m'intéresser à l'industrie agroalimentaire (IAA, &2.1.1). Ce secteur est spécifique dans le sens où, en amont, il dépend intimement des structures et comportements des acteurs de l'agriculture et, en aval, de ceux de la distribution et de la consommation de produits alimentaires, qui combinent des problématiques strictement environnementales avec des

enjeux de nature sanitaire. L'environnement dans lequel je me trouve actuellement au Clersé, de par la longue tradition portée notamment par Jean Gadrey à l'économie des services au sein du laboratoire, m'a amené naturellement à porter mon attention sur le secteur des services (&2.1.2). Un service n'a pas, comme un bien, d'existence autonome, inscrite dans ses spécifications techniques. L'étude de l'innovation environnementale dans le secteur des services exige un cadre conceptuel et une analyse empirique spécifiques, prenant en compte les particularités des services et de l'innovation dans les services présentés dans le premier chapitre.

2.1.1 Les spécificités de l'innovation environnementale dans l'agroalimentaire

L'agroalimentaire présente un ensemble de conditions technologiques et des structures industrielles et institutionnelles spécifiques qui accompagnent et déterminent le comportement d'innovation de la firme. L'industrie agroalimentaire (IAA) est un des secteurs structurants du système productif français. Il rassemble les 56 968 entreprises dont l'activité principale consiste en la transformation de produits animaux et végétaux en produits alimentaires. Selon l'INSEE⁷, en 2021, L'IAA compte 643 760 salariés en équivalent temps plein et 228 milliards de chiffre d'affaires, et constitue une des rares branches de l'industrie française exportatrice nette.

La littérature met en évidence de nombreuses spécificités des industries agroalimentaires et surtout le manque de pertinence de sa faible classification technologique par l'Organisation de coopération et du développement économique (OCDE) face à la complexité inhabituelle des bases de connaissance engagées dans les processus productifs du secteur (Labarthe, 2005, Touzard et al., 2014, Von Tunzelmann, Acha, 2005). Cette complexité s'explique aussi par la coexistence de différents modèles agroalimentaires (notamment « agro-industriel »/« agro-écologique », cf. Vanloqueren, Baret, 2009) et de fortes incertitudes liées aux contraintes environnementales, comme au rapport particulier à la nature, qui ne sont pas sans effet sur les conditions de l'innovation et ses formes d'accompagnement (Colonna et al., 2013). Au-delà du rapport particulier à la nature, les firmes agroalimentaires sont confrontées à de multiples *stakeholders* (parties prenantes) qui les incitent à « verdir » leur management, et notamment les consommateurs qui lient qualité environnementale et sécurité sanitaire et alimentaire. Les questions de réputation, fortement associées aux dimensions

⁷ <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2015380>

environnementales sont ainsi déterminantes dans l'agroalimentaire (Galliano, Nadel, 2013, Gallaud et al., 2012, Grolleau et al., 2007).

Les PME, en particulier les TPE – qui constituent une majorité des firmes de l'agroalimentaire, ont souvent des difficultés pour transformer leur attitude favorable face aux problèmes environnementaux en actions (Temri, 2011). Dans l'agroalimentaire, différents travaux montrent aussi que les grandes firmes agroalimentaires ont des ressources humaines et financières qui leur permettent un plus grand engagement environnemental (Gallaud et al., 2012, Grolleau et al., 2007).

L'agroalimentaire est particulièrement marquée par la prégnance de l'innovation incrémentale que ce soit du fait du comportement conservateur des consommateurs face aux changements alimentaires (Galizzi, Venturini, 2008) ou de la recherche d'économies de gamme par les firmes (von Tunzelmann, Acha, 2005). La captation de *spillovers* et les mécanismes d'imitation restent des mécanismes d'apprentissage importants pour les firmes agroalimentaires (Rama, von Tunzelmann, 2008) et ceci est particulièrement marqué pour les innovations environnementales de type *end of pipe* (« en bout de chaîne », comme par exemple la mise en place de filtres à particules à la fin du processus de production). Ce type d'innovation nécessite moins de R&D et d'investissements. Les IAA comportent aussi des segments d'activité très innovants (biotechnologies, etc.) pouvant générer des innovations plus radicales mais les *integrated cleaner technologies* (intégration de technologies propres) restent marginales (Demirel, Kesidou, 2011). De nombreux auteurs classent l'agroalimentaire comme un secteur dominé par les fournisseurs dans la lignée des travaux de Pavitt (Castellacci, 2008, Pavitt, 1984). Toutefois, sans remettre en cause l'importance technologique des fournisseurs dans l'agroalimentaire, les études s'accordent pour montrer une tendance croissante à une stratégie dirigée par le marché (*market driven*) et par la réponse aux variations de la demande. L'innovation peut provenir d'opportunités créées par le marché ou d'orientations portées par les acteurs de l'aval, du fait notamment du pouvoir intégratif croissant de la distribution sur les filières agroalimentaires (von Tunzelmann, Acha, 2005, Wilkinson, 2002). Cette dimension aval reste une dimension importante qui doit jouer sur les formes de coopération pour éco-innover dans les IAA.

L'objectif du travail réalisé après ma thèse (et publié en 2016, en collaboration avec Danielle Galliano) est de mettre en évidence les déterminants de l'éco-innovation dans l'intensité de l'innovation environnementale des firmes agroalimentaires et de les mettre en perspective vis-à-vis des tendances globales relatives aux autres industries. J'ai mobilisé comme évoqué

en chapitre 1 un modèle de comptage de type zinb (*zero inflated negative binomial model*) qui permet de distinguer processus d'adoption d'éco-innovation (1^{ère} étape, mesurée comme la probabilité d'adopter au moins une innovation environnementale parmi les 9 proposées par l'INSEE) de celui d'amélioration de la performance environnementale (2^{ème} étape, pour les entreprises ayant adopté au moins une éco-innovation).

Les résultats portant sur la première étape d'adoption d'éco-innovations montrent que, contrairement aux firmes hors IAA, les firmes de l'agroalimentaire ne sont pas sensibles dans leur engagement à éco-innover aux facteurs liés à leurs caractéristiques internes (tels que leur intensité capitalistique et le fait qu'elles appartiennent à un groupe). En revanche, les entreprises exportatrices de l'agroalimentaire s'engagent davantage que le reste des industries dans l'innovation environnementale.

Concernant la deuxième étape relative à l'intensité de la performance environnementale, le premier résultat réside dans la confirmation de l'importance centrale des caractéristiques internes des firmes agroalimentaires sur leur intensité de leurs pratiques environnementales innovantes. Le profil innovateur et le processus de co-évolution de l'innovation environnementale avec les autres formes d'innovation au sein de la firme jouent un rôle globalement très significatif dans le modèle mais différencié selon les secteurs. Ainsi, les firmes agroalimentaires sont plus particulièrement marquées par l'importance de l'innovation incrémentale dans l'intensité des processus d'éco-innovation, tandis que l'innovation-produit radicale constitue la base favorable à l'intensité de l'éco-innovation des autres industries. Ce qui pourrait traduire un rôle plus marqué des innovations de type *end of pipe* pour les IAA et, de manière plus globale, refléter l'importance des innovations incrémentales au niveau de la production et au niveau de la consommation des produits alimentaires. Parallèlement, pour les IAA, on observe une faible influence de l'innovation en procédés et surtout un rôle plus marqué des changements organisationnels dans l'organisation du travail et dans les relations externes du fait de la plus grande insertion de ces industries dans des relations verticales et des logiques de filières. Alors que pour les autres industries, mes résultats montrent l'influence de l'innovation de procédés qui joue très significativement et la forte influence des changements organisationnels dans l'organisation du travail comparativement aux changements organisationnels dans la production ou les relations externes.

Enfin, mes résultats mettent en évidence que les différents outils de réglementation environnementale jouent de manière différenciée selon les secteurs. En effet, ils montrent que l'intensité de l'innovation environnementale des firmes agroalimentaires dépend

fortement de l'anticipation de la réglementation future et surtout par le fait que la recherche d'aides et de subventions ne joue pas, voire joue négativement (effet négatif et non significatif). Alors que pour les autres firmes industrielles françaises, l'intensité de l'innovation environnementale est positivement liée à une recherche d'adéquation à la réglementation existante associée à une recherche d'obtention d'aide ou de subvention à l'éco-innovation.

Notre analyse des processus d'innovation environnementale centrée sur l'agroalimentaire souligne la nécessité de prendre en compte toutes les spécificités techniques, organisationnelles et institutionnelles de la dimension sectorielle. De sorte que l'approche en termes de *système sectoriels d'innovation* (Malerba, 2005) doit être un pré-requis pour l'action publique nécessaire à toute politique sectorielle car elle permet l'identification des sources d'échec du système et les facteurs pertinents en termes de leviers de la politique publique. Elle permet de mettre en évidence l'hétérogénéité des acteurs, des réseaux et des dynamiques de changement à l'œuvre dans les processus de coévolution entre la firme et son environnement. Toutefois, la déconnexion entre les politiques d'innovation et les politiques environnementales, observée par Depret et Hamdouch (2009) dans le cas français, est génératrice de problèmes d'interaction en termes de politiques publiques entre système national et systèmes sectoriels d'innovation.

Si la dimension systémique des processus d'innovation est abordée sous l'angle du périmètre sectoriel, une des perspectives de recherche serait d'articuler cette dimension sectorielle avec une dimension territoriale, en mobilisant par exemple le cadre conceptuel des Systèmes Régionaux d'Innovation (*RIS, Regional Innovation System*, Cooke et al., 2011). La question de leurs liens avec la politique territoriale est également importante pour les performances environnementales des firmes, d'autant plus qu'elle s'inscrit dans un contexte de reconception des systèmes d'innovation vers plus de durabilité ou dans une dynamique de changement radical et systémique des modes de production (Horlings et Marsden, 2011). Cette question de l'ancrage des firmes et de la dimension territoriale des processus d'éco-innovation est particulièrement importante dans le cas des firmes agroalimentaires du fait de leur forte insertion territoriale et de leur relation spécifique aux ressources naturelles et territoriales.

Après m'être concentré sur les spécificités du comportement d'innovation environnementale des firmes de l'agroalimentaire, je me suis engagé dans l'étude des processus d'éco-innovation dans un autre secteur particulier : celui des services.

2.1.2 Les dynamiques d'innovation environnementale dans les services

L'innovation environnementale dans les services a fait l'objet de peu d'études pour deux raisons : une attention limitée accordée aux activités de services et le fait que ce secteur est considéré comme moins polluant que l'industrie. La faible consommation d'énergie s'explique par son caractère largement immatériel, contrairement à la matérialité de la production de biens, qui se traduit par une moindre utilisation de systèmes technologiques consommateurs d'énergie. La pression des services sur l'environnement est donc considérée comme plus faible que la production industrielle et agricole (Foster et al., 2000, Suh, 2006). Pourtant, l'hypothèse selon laquelle les services seraient moins polluants que les autres secteurs a depuis été contestée (Butnar, Llop, 2011, Lin, Zhang, 2017, Piaggio et al., 2014, Zhang et al., 2015). Les activités de service sont très hétérogènes : certaines sont très matérielles (comme les services de transport) et polluantes (Piaggio et al., 2014). D'autres sont plus immatérielles (par exemple les sociétés de conseil) mais ne sont pas pour autant vertes car leur matérialité croît avec le temps (Berkhout, Hertin, 2001).

Alors que la part des services n'a cessé de croître dans les économies industrialisées (de 56,7% en 1965 à 80,1% du PIB en 2022 dans le cas du système productif français), l'innovation dans les services a longtemps été ignorée par la littérature économique. La raison de cet oubli est double. D'abord, les enquêtes se sont concentrées en premier lieu sur l'industrie. Ensuite, car les indicateurs utilisés pour mesurer l'innovation provenaient des enquêtes sur l'industrie, conceptuellement marquées par l'industrie et étrangères au paradigme de la spécificité de l'économie des services. Dans ce contexte, un des objectifs de mon travail est d'instrumentaliser conceptuellement et de formaliser la possibilité d'estimer les dynamiques d'innovation environnementale des firmes de service. A notre connaissance, la seule étude systématique est celle de Cainelli et Mazzanti (2013) qui se focalise sur les innovations environnementales portant sur la réduction du CO₂ et des technologies de dépollution des firmes de services italiennes.

Les résultats du travail que j'ai développé avec Céline Merlin-Brogniart, et qui a donné lieu à la publication d'un article en 2021, montrent que les processus d'innovations environnementales ont des logiques spécifiques dans les services par rapport aux firmes industrielles.

Afin de mettre en évidence les spécificités sectorielles des comportements d'éco-innovation des firmes du secteur des services, nous l'avons décomposé en six grands sous-secteurs : 1. le secteur intensif en connaissance (KIBS - Knowledge Intensive Business Services -), 2. le

secteur du tourisme regroupant principalement les activités de restauration et d'hébergement, 3. le secteur du commerce, 4. celui de la finance, 5. des transports et enfin 6. des services opérationnels. Des modèles de type probit sont utilisés pour analyser l'adoption d'éco-innovations parmi les firmes de service.

On montre en particulier que l'innovation environnementale dans les entreprises de services renvoie à des innovations technologiques et non technologiques, associées à des innovations organisationnelles affectant particulièrement le travail. Si l'innovation technologique est, pour tous les secteurs, fortement liée à l'éco-innovation (à l'exception du secteur financier), les innovations organisationnelles associées à l'innovation environnementale diffèrent selon le secteur auquel appartiennent les entreprises de services. Les changements dans l'organisation du travail ont un effet très puissant sur l'adoption de l'innovation environnementale par les entreprises de services.⁸

Les dynamiques d'innovation environnementale dans les services dépendent donc du degré de matérialité et d'intensité technologique de l'activité de service.

Dans les activités à forte intensité technologique comme les services de conseil, les plus proches de l'idéal-type des services, au sens où ils respectent relativement bien les caractéristiques théoriques d'immatérialité, d'immédiateté (simultanéité de la production et de la consommation du service), d'interactivité (co-production) (Chase, 1978, Shostack, 1977), l'innovation environnementale a un caractère fortement non technologique. En revanche, les activités de services à forte composante matérielle, comme celles reposant sur la logistique et transformation de la matière (transport, commerce-restauration, services en réseaux physiques (distribution d'eau de gaz d'électricité) introduisent davantage des innovations environnementales à caractère technologique. Ces services ont suivi une trajectoire d'innovation de mécanisation croissante et d'exploitation d'économies d'échelle (rationalisation de type industrielle). Ils adoptent les technologies de transport et de traitement de la matière telles que les véhicules de transport, systèmes de manutention et de tri, systèmes de cuisson et de réfrigération, etc. Ce qui explique la prégnance dans ces activités de l'innovation environnementale adossée à des dispositifs technologiques.

⁸ L'innovation environnementale s'appuie nécessairement sur un produit, un procédé, ou un dispositif organisationnel. Ici l'objectif est de montrer dans quelle mesure, dans les services, l'innovation environnementale s'appuie plutôt sur des dispositifs technologiques ou organisationnels. L'étude de la complémentarité entre innovation environnementale, innovation de produit, de procédé, et organisationnel dans l'industrie a fait l'objet d'un chapitre de ma thèse et d'une publication (Galliano, Nadel, 2018).

Dans les services, mes résultats montrent que les innovations environnementales sont mises en place avant tout pour des raisons de coût. L'innovation environnementale liée à un objectif de réduction des coûts renvoie aussi aux sources d'opportunité de revenus induites par une stratégie de dématérialisation. La réglementation existante ou anticipée, les codes de bonnes pratiques du secteur, sont des déterminants des éco-innovations dans les services. Les aides et subventions environnementales ne sont pas citées par les entreprises, ce qui peut refléter le fait que ces dispositifs ont d'abord été conçus pour les firmes industrielles plutôt qu'en direction des firmes de services.

La réponse à la demande est aussi un déterminant des innovations environnementales qui peut retranscrire l'idée que certains services sont effectués en réponse à une résolution de solution environnementale des clients. Il est possible d'interpréter l'influence très positive de la demande dans mes résultats, en repérant particulièrement deux types d'effet des prestataires de service sur le processus d'innovation de leur client. D'une part, certaines innovations environnementales sont induites par les services. En effet, dans le cas des services intensifs en connaissance (activités de conseil, services juridiques, d'audit, activités d'ingénierie, R&D), les prestataires soutiennent l'activité d'innovation environnementale de leurs clients en proposant des solutions environnementales innovantes. D'autre part, les activités de service, dans le cadre de démarches sociales et environnementales peuvent là aussi induire des innovations environnementales chez leurs entreprises partenaires qui auront un impact chez le client. Ces démarches sociales et environnementales peuvent par ailleurs être souhaitées par les entreprises clientes. Ainsi, d'autres prestataires de services aux entreprises, tels que les postes et télécommunications ; les services opérationnels ; les services liés à la logistique-transport, les services de nettoyage, les services associés à la commercialisation des produits et à leur promotion, les services informatiques, les entreprises de service traditionnelles liées à l'environnement (tel que celles de la collecte, tri, récupération, etc.), agissent tout au long des filières des entreprises, à différents moments de leur processus de production. Ils sont aussi potentiellement impliqués dans l'innovation environnementale de leur client.

La comparaison inter-sectorielle montre que le « *regulatory push-pull effect* » s'applique particulièrement pour les firmes du commerce et des transports, et avec moins d'intensité pour le tourisme (hôtellerie-restauration). Ces sous-secteurs relèvent de la logistique de traitement de la matière. Or l'application des solutions environnementales technologiques est peut-être plus facilement permise par la matérialité du support. Nous constatons que la

pression réglementaire ne joue pas dans l'innovation environnementale des firmes appartenant aux services opérationnels et de la finance. En revanche, les codes de bonnes pratiques, pas forcément appuyés sur un support matériel sont associés à l'innovation environnementale sur l'ensemble des firmes (sauf la finance). Les facteurs relatifs à la demande n'ont pas de poids explicatif à l'innovation environnementale pour les firmes du secteur de la finance ainsi que dans le tourisme. L'effet demande est mis en évidence en revanche dans le secteur de la connaissance et surtout pour les firmes du commerce. Ceci peut s'interpréter par le type de prestation des firmes de traitement de la connaissance (fortement vecteur d'innovation pour leurs clients), et semble s'expliquer pour le commerce, par les parties prenantes ou les coopérations en matière de démarche environnementales. Cette étude a donc visé à analyser les spécificités de l'innovation environnementale dans les firmes de service. Le fait que les activités de service innovent en matière environnementale avec des innovations de natures différentes (technologiques et non technologiques) devrait inciter les intervenants publics à instrumenter des incitations spécifiques adéquates aux comportements des activités de service. Ainsi, les services devraient avoir une place à jouer dans la réorientation écologique (Gadrey, 2020). En effet, l'organisation sociale de la production et de la consommation durables a pour élément central la proximité, comme les circuits courts dans lesquels les services de proximité jouent un rôle. Par ailleurs, le développement de la logique d'usage plutôt que la possession du bien (« économie de fonctionnalité » ou économie circulaire), permet de réduire les déchets. Au-delà des services traditionnels de type environnementaux, qui eux-mêmes devraient continuer à innover, la plupart des services (services de location, de réparation, de récupération, de revente, de recyclage, d'entretien, de prévention, etc.) entrent dans la dynamique de cette réorientation écologique, avec une dimension territoriale forte. Ainsi une des perspectives de recherche ouverte par cette étude devrait s'intéresser à la dimension territoriale du développement de ces services. Par ailleurs, les travaux futurs pourraient prendre en considération les déterminants de l'innovation environnementale dans les activités de services qui n'apparaissent pas dans la base de données du CIS (services publics et très petites entreprises par exemple).

2.2 Les mécanismes d'isomorphisme institutionnel et de gouvernance de la transition écologique

Cette partie analyse les mécanismes institutionnels à la source des innovations environnementales et les logiques de gouvernance d'entreprise associées à l'investissement écologique des entreprises. La volonté d'étudier les logiques d'isomorphisme institutionnel (&2.2.1) provenait non seulement d'une constatation d'une faible sinon nulle prise en compte des facteurs institutionnels à l'éco-innovation dans les travaux existants, mais aussi de mon implication dans un laboratoire d'économie institutionnaliste. De la même manière, l'étude des dimensions liées à la gouvernance à l'investissement écologique (&2.2.2) provient d'une volonté de pallier les manques d'études existantes à la fois sur la prise en considération des facteurs relatifs à la gouvernance dans la transition écologique, mais aussi plus largement portant sur l'investissement écologique.

2.2.1 Isomorphisme institutionnel et innovation environnementale

Cette partie résulte du constat que j'avais fait à l'issue de mon doctorat : les facteurs institutionnels susceptibles d'influencer le comportement des agents économiques ne sont pas suffisamment pris en compte dans les études sur l'innovation environnementale. Les quelques travaux utilisant le cadre néo-institutionnel pour analyser les processus d'éco-innovation mettent en avant des facteurs institutionnels tels que les institutions informelles, les coûts de transaction, les pressions institutionnelles ou le rôle de la légitimité environnementale (Berrone et al., 2013, 2017, Garrone et al., 2018, Tate et al., 2014). Pourtant, ces recherches ne mobilisent pas les trois mécanismes de l'isomorphisme institutionnel (DiMaggio, Powell, 1983). Afin d'apporter de nouveaux éclairages sur les mécanismes gouvernant l'éco-innovation, nous mobilisons le cadre conceptuel néo-institutionnel de l'isomorphisme institutionnel (DiMaggio, Powell, 1983). Notre objectif est d'étudier le rôle respectif des différents types d'isomorphisme institutionnel dans les processus d'innovation environnementale.

DiMaggio et Powell (1983) utilisent le concept d'isomorphisme institutionnel, qui met en évidence les processus d'homogénéisation des comportements des entreprises d'un même secteur résultant de mécanismes coercitifs, normatifs et mimétiques, associés à des institutions réglementaires, normatives et cognitives. Dans notre travail en collaboration avec Ornella Boutry, publié en 2021, sur la base de l'enquête CIS 2008 et EAE 2007 (Enquête

Annuelle Entreprise), on emploie des modèles à deux étapes de type Heckman avec deux variables discrètes (heckprob), avec en première étape, la probabilité d'adopter une innovation, et en seconde, la probabilité que celle-ci engendre un bénéfice environnemental, sur 4686 entreprises industrielles françaises. Ce modèle permet d'estimer et de distinguer le rôle des mécanismes d'isomorphisme institutionnel sur l'innovation standard et sur l'innovation environnementale. Les mécanismes coercitifs sont mesurés notamment à l'aide de variables concernant la réglementation existante ou anticipée. En ce qui concerne les processus normatifs, nous introduisons des variables relatives aux sources d'information auprès des organismes de recherche, des universités et des consultants. Nous testons également le rôle des sources d'information plus informelles (salons, conférences, revues sectorielles, organisations professionnelles...) ainsi que la mise en place d'un code de bonnes pratiques au sein de ce secteur.

Le rôle de l'isomorphisme mimétique est mesuré par le taux d'adoption des éco-innovations par les entreprises du même secteur (calculé au niveau 3 de la NAF 2008) et par les sources d'information provenant des concurrents.

Les résultats de ce travail révèlent le rôle de l'environnement institutionnel, à travers l'isomorphisme institutionnel, sur les décisions de développer des éco-innovations. Tout d'abord, en ce qui concerne l'isomorphisme coercitif, en accord avec les études sur les innovations environnementales et la nature spécifique de ce type d'innovation (Porter, van der Linde, 1995, Rennings, 2000), les réglementations existantes et futures ont un fort impact sur le comportement innovant des entreprises. Les résultats montrent que l'isomorphisme normatif a une influence plus inégale : si les sources d'information informelles ont un rôle contrasté, le désir d'une entreprise de se conformer à un ensemble de bonnes pratiques environnementales mises en œuvre dans son secteur d'activité est observé comme ayant un effet particulièrement fort. Cela peut s'expliquer par la nécessité d'adhérer à certaines pratiques pour assurer le succès des relations interentreprises, ou plus généralement par le besoin de maintenir ou d'améliorer sa légitimité dans le secteur.

Les informations provenant de sources informelles telles que celle issues de conférences, foires commerciales, expositions, revues professionnelles, sont également positivement corrélées avec la probabilité d'éco-innovation. Les informations provenant d'organismes de recherche sont négativement associées à l'innovation environnementale. Enfin, en ce qui concerne l'isomorphisme mimétique, le modèle montre que, malgré l'absence d'impact de l'information provenant des concurrents, les effets mimétiques du comportement des autres

entreprises du secteur favorisent fortement le développement des innovations environnementales.

Ces résultats confirment qu'au-delà de la réglementation stricte et des motivations liées au coût et à la demande, les comportements d'éco-innovation des firmes industrielles sont fortement liés à l'isomorphisme institutionnel. Cela peut s'expliquer par la nature incertaine des questions environnementales. En tenant compte de ces incertitudes, les entreprises auront tendance à suivre les pratiques standard, celles de l'industrie et de la concurrence, en plus de la réglementation.

Pour approfondir l'étude du lien entre l'isomorphisme institutionnel et le comportement éco-innovant de l'entreprise, dans un second temps j'ai analysé le rôle des mécanismes d'isomorphisme en fonction de la nature de l'innovation (technique / organisationnelle) qui soutient l'innovation environnementale.

Les résultats montrent que malgré le rôle clé de l'isomorphisme coercitif dans tous les types d'innovations environnementales, la dynamique de l'isomorphisme institutionnel diffère selon le type d'innovation (technique ou organisationnelle). Nous avons constaté que l'importance de l'isomorphisme coercitif est d'autant plus grande que l'innovation environnementale est une innovation de produit ou de procédé ou une innovation organisationnelle affectant les relations externes. Par ailleurs, si l'isomorphisme normatif a également un fort impact sur l'innovation environnementale de produit, l'isomorphisme mimétique a une plus grande influence sur les innovations dans l'organisation du travail.

Ces résultats suggèrent que, selon les types d'innovations sur lesquelles elles reposent, les politiques publiques n'auront pas nécessairement le même impact en termes d'innovations environnementales.

Les économistes de l'environnement fournissent des recommandations pour les politiques publiques afin de développer les technologies vertes et la transition écologique, à travers la régulation, notamment par des instruments économiques (taxe carbone, etc.). Les économistes des organisations et de l'innovation présenteront eux plutôt des considérations sur les coûts et la demande. Notre recherche fournit des résultats montrant la nécessité, en termes de politiques publiques, de développer des institutions, notamment au niveau sectoriel, permettant la diffusion massive des innovations environnementales, et donc favorables à la transition écologique. De telles institutions pourraient prendre de nombreuses formes : regroupement d'entreprises d'un même secteur, création de groupes d'intérêt, etc. Ces institutions pourraient construire et améliorer les normes. Elles auraient également pour

objectif de faciliter la circulation et la production de connaissances sur les pratiques organisationnelles visant à améliorer la qualité de l'environnement. Une des perspectives de recherche future serait celle de l'étude des innovations institutionnelles à l'échelle des secteurs mais aussi des territoires visant à favoriser les processus de diffusion des connaissances et des innovations et d'identifier particulièrement la nature des acteurs à même de pouvoir coordonner la circulation et la création de ces connaissances vertes.

Au-delà de l'étude de l'adoption et de l'intensité de l'innovation environnementale et de la volonté d'approfondir son analyse en tenant compte des spécificités sectorielles et des mécanismes d'isomorphisme institutionnel qui gouvernent le développement de ces innovations qui génèrent un bénéfice environnemental, j'ai voulu approfondir la question des déterminants de la transition écologique des firmes en m'intéressant à l'étude de l'investissement écologique des entreprises, et à la prise en compte des mécanismes de gouvernance. D'une part, l'investissement écologique est un indicateur différent dans le sens où il rend compte des dépenses d'investissement réalisées par les entreprises pour protéger l'environnement, et non plus uniquement d'une modalité associée à un choix binaire portant sur l'occurrence ou non d'une innovation environnementale. D'autre part, si j'ai dès ma thèse visé à étudier les logiques organisationnelles associées au développement d'innovations environnementales, je n'ai pas pris en compte les mécanismes de *corporate governance*, qui sont absents dans la littérature portant sur l'étude des innovations environnementales (et de celles sur l'investissement écologique). L'étude faite en collaboration avec Magali Savès sur les liens entre gouvernance d'entreprise et investissements écologiques est présentée dans la section suivante.

2.2.2 Gouvernance d'entreprise et investissements écologiques

Les modalités de gouvernance déterminent les règles de prise de décision en entreprise en définissant la « répartition des droits et des responsabilités au sein de l'entreprise, qui implique l'attribution de pouvoir et de ressources aux différents acteurs, et la gestion des tensions inévitables entre ces acteurs » (Aguilera et al., 2021). L'impératif écologique rend de plus en plus nécessaire le développement de mécanismes de gouvernance visant à rendre la gestion des entreprises responsable (Crifo, Rebérioux, 2019, Lokin, Veldman, 2019). Le

« rééquilibrage des pouvoirs de négociation en entreprise » (Bazzoli, Dutraive, 2014) est pour Commons (1934) la condition pour un « capitalisme responsable ». Plusieurs auteurs recommandent en ce sens l'adoption de modèles de gouvernance donnant aux salariés un pouvoir de décision équivalent à celui des actionnaires, tels que la codétermination (Favereau, 2019), ou le bicamérisme économique (Ferrerias, 2012, Ferrerias et al., 2020). Cette démocratisation économique suppose le développement de compétences permettant à ces acteurs de prendre réellement part aux décisions (Dewey, 1935), en vue de définir un « bien commun », des règles communes stabilisant temporairement les conflits (Commons, 1934). La « *natural-resource-based view (NRBV) of the firm* » (Hart, 1995) considère également l'intégration des parties prenantes comme une condition nécessaire à la mise en place de stratégies environnementales proactives. Celle-ci favorise en effet le développement de capacités dynamiques et l'apprentissage organisationnel (Marcus, Anderson, 2006, Sharma, Vredenburg, 1998, Wagner, Llerena, 2011). De telles stratégies environnementales proactives impliquent l'intégration de critères de durabilité dans les outils de gestion (Figge et al., 2002, Hahn, Scheermesser, 2006) car elles contribuent à la définition d'un « bien commun » en soutenant le développement de ces compétences écologiques et en redéfinissant le partage des responsabilités (Fernandez et al., 2003).

Dans le travail réalisé avec Magali Savès, j'introduis un nouvel indicateur d'investissement écologique et j'étudie les facteurs de gouvernance relatifs à l'implication des salariés dans la prise de décision des entreprises. On mobilise ici l'enquête *Enquête sur les investissements dans l'industrie pour protéger l'environnement* (Antipol) qui nous informe sur les dépenses d'investissements écologiques et l'enquête *sur les entreprises et le développement durable* (ENDD) qui aborde différentes thématiques liées à l'engagement RSE des entreprises et traite notamment de questions de gouvernance. L'étude, sur l'année 2016, porte sur 1 317 entreprises, représentatives des 8249 entreprises industrielles françaises de plus de 20 salariés. L'objectif est d'analyser 3 ensembles de facteurs liés au rôle de l'intégration des parties prenantes dans le processus de décision, le développement des compétences écologiques et l'inscription d'objectifs de durabilité dans le pilotage de l'entreprise dans l'engagement et l'intensité de l'investissement écologique.

Peu d'études analysent les facteurs gouvernant les investissements écologiques (Bhuiyan et al., 2021, Pekovic et al., 2018, Siedschlag, Yan, 2021). La littérature empirique sur la gouvernance d'entreprise s'est concentrée sur son impact sur la performance

environnementale (Endo, 2020, Walls et al., 2012), ou sur les pratiques soutenables (Almaqтари et al., 2023, Galbreath, 2010, Karn et al., 2022). Alors que la plupart de ces études fondent leurs analyses sur des variables dépendantes construites (*proxy*) et/ou dérivées de données issues des *reporting* extra-financiers dont la véracité est discutable (Aguilera et al., 2021), nous basons notre étude sur le montant des investissements écologiques que les entreprises industrielles déclarent chaque année auprès de la statistique publique française (enquête Antipol). Enfin, les recherches existantes portent pour l'essentiel sur les effets de cinq modalités de gouvernance d'entreprise : la propriété du capital, la composition du conseil d'administration, les caractéristiques des dirigeants et cadres supérieurs, et l'intégration des salariés dans les processus de décision (Aguilera et al., 2021). Nous intégrons dans notre modèle des mécanismes variés de gouvernance d'entreprise attestant de pratiques visant à démocratiser la prise de décision. S'agissant de l'intégration des salariés et des parties prenantes externes dans la gouvernance de l'entreprise, on teste si les représentants des salariés ont été consultés sur la mise en œuvre des initiatives RSE. Puis on distingue selon que les représentants des salariés participent au conseil d'administration ou sont représentés par des administrateurs au conseil d'administration. On étudie aussi si les parties prenantes externes ont été consultées sur la mise en œuvre des initiatives RSE, et si celles-ci ont participé au conseil d'administration, au conseil de surveillance ou au comité de direction au cours des trois dernières années.

Le développement des compétences écologiques de l'entreprise est estimé par deux variables : la première est relative à la présence d'au moins un spécialiste entièrement dédié à l'environnement au sein de l'entreprise, la seconde à l'existence d'un comité RSE. Enfin, on analyse l'intégration des objectifs de RSE dans la gestion de l'entreprise via une variable portant sur la prise en compte ou non d'objectif RSE dans la procédure budgétaire, le contrôle de gestion ou la comptabilité analytique, une variable testant l'existence de critères de performance liés à la RSE dans la partie variable de la rémunération des dirigeants, et enfin une variable relative à certification environnementale (ISO 14001, EMAS, etc.)

J'emploie un modèle de type Heckman en deux étapes (Heckman, 1979), qui permet de distinguer les déterminants de l'introduction d'investissement écologique de ceux de l'intensification de l'investissement écologique (mesurée par la proportion des investissements écologiques en pourcentage du total des investissements corporels) dans les entreprises réalisant ce type d'investissement.

S'agissant de l'intégration des parties prenantes dans la prise de décision, les résultats de notre étude mettent en évidence un rôle différencié entre les parties prenantes externes et les acteurs internes à la firme. Le rôle de la participation au CA des parties prenantes externes est très prégnant, à la fois sur l'engagement et l'intensification de l'investissement écologique, alors que la concertation avec ces parties prenantes n'est associée qu'avec la décision de la firme d'investir en matière écologique. Ceci rejoint les travaux de Delmas et Toffel (2008) et Salem et al. (2018) selon lesquels l'intégration des parties prenantes au processus décisionnel de l'entreprise a un effet d'autant plus fort sur la réorientation écologique de ses activités que le niveau d'intégration à la gouvernance de ces parties prenantes est élevé.

Si le rôle de l'intégration de parties prenantes externes dans l'investissement écologique est globalement positif, l'intégration des salariés a un rôle beaucoup plus mitigé, voire négatif dans l'engagement et l'intensification de ces investissements. La concertation avec les représentants du personnel, et la présence d'un représentant du personnel au CA n'ont pas d'effet significatif, et la présence d'un ou plusieurs administrateur(s) salarié(s) a un même effet négatif très significatif. On peut l'interpréter en considérant la tension entre les problématiques d'emploi et les problématiques écologiques. Pour Preuss (2008), les travailleurs et les syndicats sont des « parties prenantes réticentes » envers les initiatives écologiques, parce qu'ils estiment que ces initiatives risquent de détourner des ressources qui pourraient être allouées aux salariés. Normann et Tellmann (2021) montrent néanmoins que la position des syndicats sur la question de la préservation de la biosphère diffère d'une industrie à l'autre. Alors que les syndicats des industries non pétrolières semblent associer la transition écologique à un nécessaire déclin de l'activité pétrolière, pour les syndicats des industries pétrolières, une transition écologique « juste » n'implique pas nécessairement une réduction de l'utilisation des énergies fossiles.

Enfin, il est également possible que la priorité accordée à la défense des intérêts sociaux soit conditionnée par le rôle concret assigné aux dirigeants salariés dans les entreprises françaises. Manseri (2023) montre que lorsque les administrateurs salariés ont accès à des comités spécifiques au sein du conseil d'administration, ils sont majoritairement inclus dans les comités de rémunération, et ont moins tendance à avoir accès aux comités stratégiques ou RSE, où leurs intérêts écologiques pourraient être mis en avant.

Quant au développement de compétences écologiques, on note le lien positif entre la présence d'un spécialiste entièrement dédié aux questions environnementales et la décision d'investir en matière écologique, ce qui rejoint les travaux de Flammer et al. (2019) et Peters

et Romi (2014), mais pas sur l'intensification de l'investissement écologique. Cette intensification est néanmoins associée à une plus forte proportion de spécialistes des questions environnementales dans l'effectif total de l'entreprise. En revanche, la présence de comités RSE ne joue pas sur l'engagement écologique de l'entreprise, contrairement aux travaux de Dixon et al. (2017), Peters et Romi (2014) et Radu et Smaili (2022). Michelin et Parbonetti (2012) suggèrent que le rôle des comités RSE peut dépendre de leur « ancienneté », et que les comités relativement « nouveaux » ne sont pas encore suffisamment compétents. Pour Rupley et al. (2012), les comités ne jouent pas un rôle direct dans l'engagement écologique des entreprises, mais sont seulement un médiateur d'autres mécanismes ayant un effet positif significatif (l'indépendance du CA dans leur étude). Berrone et Gomez-Mejia (2009) vont plus loin en interprétant ce manque d'impact significatif comme le signe que les comités RSE relèvent plutôt d'un engagement symbolique auprès de parties prenantes externes plutôt que d'un réel engagement vers une réorientation écologique de l'activité. S'agissant du rôle de l'inscription d'objectifs de durabilité dans le pilotage de l'entreprise, on note un très fort effet de l'introduction d'outils de gestion durables, à la fois sur l'engagement et l'intensification de l'investissement écologique. La mise en place de normes environnementales joue, conformément aux travaux existants (Delmas et Toffel, 2008) sur l'augmentation des investissements écologiques des firmes, mais pas sur leur engagement de départ. En revanche, l'intégration de critères de performance RSE dans la rémunération des dirigeants joue négativement sur la propension des entreprises à investir en matière écologique. Francoeur et al. (2017) mettent en évidence l'impact négatif de ce mécanisme incitatif sur l'intensité de l'engagement écologique des dirigeants, dans la mesure où les dirigeants engagés ont des motivations écologiques non individualistes, mais ne montrent pas clairement d'impact négatif sur l'engagement de départ. Il est également possible encore ici que l'impact de cette modalité diffère d'une industrie à l'autre. Pour Phung et al. (2023), l'impact positif de ces mécanismes d'incitation sur l'éco-innovation est en effet moins prononcé dans les industries les plus polluantes.

Notre étude montre que les facteurs favorables à l'engagement des entreprises dans des dépenses écologiques vertes sont liés à la présence de salariés spécialisés dans les questions écologiques et à la consultation de parties prenantes externes. Tandis que ceux qui poussent une entreprise à augmenter ses investissements écologiques sont plutôt liés à la participation au conseil d'administration de parties prenantes externes et à l'introduction d'outils de

gestion durable et de certifications écologiques qui agissent comme des mécanismes de coordination et d'incitation. Il convient de noter le rôle, insignifiant ou négatif, de l'intégration des salariés dans le processus décisionnel, tant dans l'initiation que dans l'intensification des investissements écologiques de l'entreprise. Une interprétation possible serait celle d'une spécificité du cas français de gouvernance d'entreprise, traditionnellement peu enclin à accorder un réel pouvoir aux salariés au sein du conseil d'administration (Manseri, 2023), et plus largement dans les processus de décision stratégique de l'entreprise (Cavaco et al., 2020, Crifo, Rebérioux, 2016). Néanmoins, nous constatons que la présence de salariés spécialisés dans l'environnement a un effet positif sur l'engagement des entreprises à investir dans les questions écologiques. On peut en déduire que les obstacles actuels sont liés au manque de compétences et de formation en matière d'écologie et à la crainte, non infondée, des salariés de perdre leurs compétences, voire de perdre leur emploi face à la transition écologique de l'entreprise. On peut aussi, par conséquent, en déduire le rôle clé d'une formation aux enjeux écologiques qui pourrait réellement permettre aux salariés de s'exprimer sur ces questions. Ces questions méritent une étude qui utiliserait des méthodes plus qualitatives pour mettre en évidence la nature des interactions entre les différents dispositifs de gouvernance d'entreprise étudiés et pour approfondir la compréhension des obstacles et des leviers de la participation des salariés à la transition écologique.

Conclusion du chapitre

Ce chapitre a présenté mes travaux post-thèse visant à approfondir l'étude des dynamiques de développement d'innovations vertes. J'ai mis l'accent d'abord sur les logiques sectorielles, avec l'analyse approfondie des dynamiques d'innovations vertes dans les services et l'industrie agroalimentaire française. J'ai exposé ensuite les dynamiques institutionnelles qui gouvernent les innovations environnementales des firmes industrielles ; enfin j'ai introduit une mesure nouvelle, celle des investissements écologiques, en la reliant aux enjeux de la gouvernance d'entreprise.

Cet ensemble de travaux, s'il a contribué aux analyses empiriques et théoriques existantes en creusant ces dimensions sectorielle, institutionnelle, et de gouvernance au fondement des innovations environnementales et des investissements écologiques, reste a-spatial.

Le chapitre suivant, qui présente mon deuxième programme de recherche réalisé depuis la fin de ma thèse, porte sur les dynamiques spatiales des innovations environnementales et des unités de biogaz.

Chapitre 3 : D'une économie de l'innovation environnementale à une géographie des transitions écologiques

Mon programme de recherche depuis la fin de ma thèse a consisté à tenter de passer d'une économie de l'innovation environnementale à une géographie des transitions écologiques. En effet, j'ai fait le constat que la littérature sur l'innovation environnementale s'était peu intéressée à la dimension spatiale, alors que les recherches en géographie de l'innovation et sur les systèmes régionaux d'innovation ont largement démontré l'importance des facteurs spatiaux dans les processus d'innovation (Asheim et al., 2007, Audretsch, Feldman, 2004, Boschma, 2015). Dans leur revue de la littérature sur la géographie des transitions durables (*geography of sustainable transitions*), Hansen et Cohen (2015) soulignent l'importance des spécificités des territoires - notamment leur dotation en ressources naturelles, leurs politiques publiques et leurs normes et marchés locaux - et mettent en évidence le rôle clé de la spécialisation industrielle locale pour assurer une transition durable. Par conséquent, la reconnaissance du rôle des conditions locales dans la dynamique de l'innovation m'a incité à examiner la nature des externalités et la diversité des zones géographiques, qu'elles soient urbaines ou rurales. En raison de leur faible densité, les zones rurales ont souvent été considérées comme des zones peu innovantes et sont donc rarement étudiées dans la littérature. Les zones rurales représentent plus de la moitié du territoire national métropolitain français (53,9 %), mais seulement 17,2 % de la population et 14,9 % de l'emploi total. En revanche, le secteur manufacturier est surreprésenté dans ces zones rurales, qui représentent 22 % de l'emploi manufacturier total. Dans ce contexte, l'enjeu est de passer à une approche territoriale de l'éco-innovation en caractérisant les facteurs spatiaux de l'éco-innovation. Dans ce chapitre je présente donc les travaux qui répondent à ces objectifs de recherche. Dans une première partie, seront présentés les travaux relatifs à la prise en compte de l'espace dans les dynamiques éco-innovantes au regard de deux phénomènes : la nature des externalités au sein de la zone d'activité (spécialisation, diversité et variété reliée) et la nature de la zone : rurale, urbaine ou périurbaine (&3.1). J'étudie aussi le rôle des modes de coopération pour éco-innover et le rôle de la localisation (intra zone vs hors zone) des partenaires dans les processus d'innovation environnementale des firmes. L'objectif est d'approfondir l'étude du rôle des externalités dans l'éco-innovation, en mesurant le poids respectif des externalités spatiales (externalités locales (spécialisation/diversité/variété reliée)

vs externalités relationnelles (nature et localisation locale / hors local du partenaire de coopération) (§3.2). Ensuite, je présenterai mes recherches sur les déterminants régionaux et historiques du développement d'unités de méthanisation qui permettent d'enrichir la géographie des transitions écologiques en mettant en évidence la dynamique longue de la trajectoire du biogaz et les processus spatiaux gouvernant son développement.

Cette étude, prend en compte, non seulement, la nature des externalités et de la spécialisation industrielle des territoires, de la localisation urbain/rural, mais aussi les facteurs socio-politiques pouvant être des freins ou leviers du développement d'unités de méthanisation (§3.3).

3.1. Externalités, localisation et innovation environnementale

Le travail réalisé ici en collaboration avec Danielle Galliano et Pierre Triboulet, a été publié dans *Annals of Regional Science* en 2023. Il vise à enrichir la géographie de l'innovation environnementale (Losacker et al., 2023) en s'intéressant aux mécanismes liés à la nature des externalités à la source du développement d'éco-innovations (§3.1.1) et à ceux relatifs à la localisation de l'entreprise (en zone urbaine, périurbaine ou rurale) (§3.1.2).

3.1.1 Nature des externalités et innovation environnementale

Si la littérature s'accorde sur le rôle des externalités de connaissances, dites *spillover*, qui circuleraient au sein du territoire et créerait des dynamiques d'agglomération et d'innovation, il n'y a guère de consensus sur la nature de ces connaissances échangées la plus favorable au développement du territoire et à l'innovation. S'agit-il de connaissances intra-sectorielles, ou plutôt échangées entre des acteurs qui ont des bases de connaissances très diverses, ou diverses mais complémentaires ? Cette question n'a jusqu'ici pas été posée dans le cas de l'innovation environnementale. Quel type d'externalités (spécialisation, diversité, ou variété reliée) possède l'impact le plus positif sur les performances en matière d'éco-innovation ? Et comment le degré d'agglomération influence-t-il l'interaction entre les entreprises et leur environnement spatial dans les processus d'éco-innovation ?

Mes résultats montrent que les externalités marshalliennes ont un effet positif et significatif sur l'engagement et l'ampleur du processus d'éco-innovation des entreprises industrielles françaises. La littérature sur l'éco-innovation a accordé peu d'attention au rôle de ces externalités marshalliennes, à l'exception notamment d'études sur le district industriel

d'Émilie-Romagne (Antonioli et al., 2016, Cainelli et al., 2011, 2012, Mazzanti, Zoboli, 2008). Ces dernières recherches ont mis en évidence que la localisation dans ce district industriel a un effet positif sur l'éco-innovation. De rares travaux montrent que la spécialisation favorise les transferts de connaissances et les technologies plus propres entre diverses entreprises des mêmes secteurs et peut améliorer l'efficacité de l'utilisation des ressources au sein de l'industrie (Pei et al., 2021) et conduire à un contrôle centralisé plus efficace de la pollution (Shao et al., 2019).

Mes résultats démontrent que la présence au sein du territoire de la firme d'externalités jacobiniennes de diversité a un effet non significatif sur l'engagement des entreprises françaises dans l'éco-innovation et un effet négatif sur l'ampleur de leurs éco-innovations. Ces résultats diffèrent donc de la littérature existante sur l'innovation standard, où l'existence d'une diversité de bases de connaissances a un effet positif global sur l'innovation (Beaudry, Shiffauerova, 2009, Jacobs 1969). Et plus précisément un effet positif sur leur engagement dans des processus innovants mais peu d'influence sur leur intensité d'innovation (Galliano et al., 2015). En effet, selon les travaux de Jacobs (1969), l'agglomération génère des externalités qui favorisent l'innovation lorsqu'un territoire abrite une variété d'industries, car cela facilite le partage et la recombinaison de connaissances diverses et l'émergence de nouvelles idées. Quant à la variété reliée, les résultats montrent qu'elle influence négativement le processus d'engagement dans l'éco-innovation et qu'elle a un effet positif sur l'ampleur des éco-innovations de l'ensemble des firmes industrielles. Nos résultats indiquent donc que la nature de l'externalité la plus favorable est différente selon l'engagement ou l'amplification dans les processus d'innovation environnementale. La section suivante examine la manière dont ces externalités jouent selon la localisation de la firme.

3.1.2 Localisation des firmes et innovation environnementale : une comparaison rural-urbain

La notion d'économie d'agglomération est liée à l'idée que la proximité spatiale - c'est-à-dire le fait d'être situé à proximité d'autres agents - contribue positivement à l'innovation. Toutefois, le potentiel d'interaction des entreprises varie en fonction du degré d'agglomération (densité) de leur zone d'implantation. En effet, un degré élevé de densité est généralement associé à une plus grande diversité d'activités et est donc, en principe, plus propice aux externalités dites jacobiniennes.

Cependant, il semble important de distinguer, d'un point de vue conceptuel, les notions d'agglomération et d'externalités dans l'analyse des performances innovantes et éco-innovantes des entreprises. En effet, en mettant l'accent sur la notion d'agglomération, la littérature a implicitement considéré qu'une faible densité était synonyme d'une faible intensité d'innovation, alors qu'en réalité, les entreprises des zones rurales sont également innovantes (Shearmur, Doloreux, 2016) et ont la capacité d'accéder à une variété de ressources pour innover. Il s'agit notamment des ressources naturelles locales, qui jouent un rôle particulièrement important dans l'éco-innovation (Esparcia, 2014, Galliano et al., 2019) et les transitions durables (Hansen, Coenen, 2015), mais aussi de fortes capacités à collaborer et à mobiliser leurs réseaux (Esparcia, 2014, Grillitsch, Nilsson, 2015).

La littérature distingue généralement trois types de zone - urbaine, périurbaine et rurale - en fonction de leur degré de densité, qui détermine l'intensité des économies d'agglomération, et notamment de l'importance du réseau d'infrastructures et des équipements publics, du bassin de consommation et du marché du travail, ainsi que de la concentration des activités tertiaires. L'analyse que j'ai réalisée en collaboration avec Danielle Galliano et Pierre Triboulet par type de localisation permet de mettre en évidence différents profils d'éco-innovation et d'ancrage territorial.

En ce qui concerne les entreprises urbaines, leur comportement en matière d'éco-innovation ne semble globalement pas sensible aux externalités spatiales. Quelle que soit la nature de l'externalité, il semble que les externalités spatiales n'aient pas d'effet (outre un effet significativement faible de la variété reliée sur l'ampleur) sur l'engagement et l'ampleur des éco-innovations des entreprises. Ce résultat original tend à souligner le fait que le comportement éco-innovant des entreprises urbaines dépend davantage de leurs ressources internes et leur externalités relationnelles (§3.2.2) que des externalités spatiales qui existent dans leur région.

Dans le cas des entreprises rurales, les externalités spatiales ont une forte influence à la fois sur leur décision d'éco-innover et sur l'ampleur de leurs éco-innovations. En d'autres termes, elles présentent un profil opposé à celui des entreprises urbaines.

Si les externalités marshalliennes ont un effet très positif et significatif sur leur engagement dans un processus d'éco-innovation, nous constatons également que les externalités de variété non reliée jouent aussi un rôle positif dans l'engagement, ce qui n'est pas le cas pour les entreprises situées dans d'autres types de zones. En outre, nous constatons également un

effet négatif inattendu de la variété reliée sur l'engagement, de sorte que certaines entreprises rurales n'ont pas suffisamment de capacités internes pour saisir ces externalités.

Le processus d'engagement des entreprises situées dans des zones à faible densité semble dépendre davantage de la dynamique marshallienne ou, au contraire, des possibilités de tirer parti de connaissances et de technologies diversifiées qui existent déjà dans d'autres entreprises situées à proximité, mais qui appartiennent à des secteurs non reliés. Ce résultat est conforme aux études sur l'innovation dans les zones périphériques, qui montrent que la variété reliée tend à compenser la faible densité et la faible variété des compétences qui caractérisent les zones rurales (Esparcia, 2014, Naldi et al., 2015).

Quant aux entreprises situées dans les zones périurbaines, leur profil est original. Leur engagement dans l'éco-innovation et l'ampleur de celle-ci sont fortement corrélés aux externalités marshalliennes. Cet impact positif des effets marshalliens sur l'ampleur est d'autant plus important que les externalités de variétés reliée et non reliée ont un effet négatif.

L'un de mes principaux résultats est que les externalités spatiales ont des effets différenciés sur l'éco-innovation en fonction de la localisation des entreprises et qu'elles influencent différemment la décision des entreprises de s'engager dans l'éco-innovation et l'ampleur de leurs éco-innovations. Un autre résultat clé rend compte de ce que le processus d'éco-innovation des entreprises rurales dépend fortement des externalités spatiales, alors que ces dernières n'ont pratiquement aucune influence sur le processus d'éco-innovation des entreprises urbaines. De tels résultats contribuent au débat Marshall contre Jacobs discuté dans la littérature (Beaudry, Schiffauerova, 2009), en soulignant que chaque type d'externalité joue un rôle différent en fonction de l'engagement ou de l'ampleur du processus d'éco-innovation et de la localisation de l'entreprise.

Quant à la variété reliée et aux effets de la complémentarité et des synergies intersectorielles qu'elle implique, elle a des effets différents selon la localisation des entreprises. Elle a un effet positif sur l'ampleur de l'éco-innovation des entreprises urbaines et rurales et constitue un facteur déterminant pour les entreprises rurales. Dans l'ensemble, la spécialisation et la variété reliée tendent à avoir un effet positif sur l'ampleur des éco-innovations des entreprises. Ce qui contrebalance l'effet négatif d'une politique de diversification non reliée et confirme l'avantage, souligné dans la littérature, d'une spécialisation intelligente des territoires (Foray et al., 2009).

Nous proposons quelques pistes de recherche pour l'avenir. Le profil des entreprises périurbaines, qui a été peu étudié, mérite une enquête empirique plus approfondie, car les entreprises périurbaines bénéficient à la fois de leur proximité avec les zones urbaines et de leur capacité à accueillir des activités de production qui sont moins contraintes par la densité de population. Quant aux entreprises industrielles rurales, elles méritent d'être étudiées davantage pour mieux comprendre ce qui détermine la dynamique de l'éco-innovation dans les zones périphériques, afin d'identifier ce qui est lié à la dynamique interne et ce qui relève des relations des entreprises avec les acteurs extérieurs.

3.2 Coopération et géographie de l'innovation environnementale

L'innovation environnementale est considérée par la littérature comme nécessitant plus de coopération et de complémentarités avec les activités des partenaires externes (Andersen, 2002, De Marchi, 2012, Foxon, Andersen, 2009)⁹ que l'innovation standard. L'innovation environnementale, caractérisée par des degrés plus forts de nouveauté, d'incertitude, et de variété¹⁰ (Cainelli et al., 2012, De Marchi, Grandinetti, 2013, Porter, van der Linde, 1995), exige une plus forte mobilisation des ressources externes que l'innovation standard. Ainsi la connaissance nécessaire requise pour le succès d'une éco-innovation est à la fois plus incertaine et plus complexe que pour l'innovation standard (Ketata et al., 2015). L'éco-innovation est telle que *“the systemic nature of which requires firms to deal with different techno-economic problems that entails different kinds of knowledge and knowledge interactions”* (Ghisetti et al., 2015, Muscio et al., 2017). La coopération compenserait ainsi le manque de ressources et de savoir-faire disponible en interne face aux questions environnementales.

Cette partie présente mes travaux contribuant à la littérature sur les modes de coopération pour éco-innover selon la nature des partenaires (&3.2.1) et la localisation de ces partenaires (&3.2.2).

3.2.1 Sources d'information et coopération pour éco-innover

Le rôle de la coopération pour innover en matière environnementale dépend fortement du type de partenaire. Les travaux empiriques convergent pour souligner un lien fort entre

¹⁰ Porter et van der Linde (1995) : firms are « still inexperienced in dealing creatively with environmental issues » and « their knowledge about environmental impacts is still rudimentary ».

coopération avec les fournisseurs et innovation environnementale (De Marchi 2012, Kobarg et al., 2020, Sanchez-Sellero, Bateineh, 2021). Cette coopération avec les fournisseurs permet de garantir la fourniture d'intrants ou de composants présentant des caractéristiques écologiques et de s'assurer qu'ils répondent aux exigences environnementales (De Marchi, Grandinetti, 2013, Geffen, Rothenberg, 2000). La coopération avec l'aval renvoie à des approches axées sur le cycle de vie et la volonté d'améliorer la recyclabilité du produit (Darnall et al., 2010, De Marchi, Grandinetti, 2013). Une telle coopération avec les clients concerne principalement les éco-innovations de produit (Kobarg et al., 2020). Collaborer avec les clients permet à l'organisation de mieux identifier les besoins du marché et d'avoir des feedbacks de la part des premiers utilisateurs du produit (Melander, 2018). La coopération avec les acteurs scientifiques (universités et organismes de recherche), qui peut être nécessaire dans le cas d'introduction d'éco-innovations complexes (Cainelli et al., 2015) a une influence plus contrastée. Elle est positive chez De Marchi (2012), dans le cas des firmes manufacturières espagnoles, alors que pour Kobarg et al. (2020), coopérer avec les universités influence positivement les éco-innovations uniquement de procédés. De plus, pour Melander et Pazanradieh (2019), coopérer avec l'université a un effet positif si et seulement si l'entreprise coopère avec les acteurs de la filière, clients et fournisseurs. Les études s'accordent pour montrer que coopérer avec la concurrence n'a pas d'effet significatif sur l'éco-innovation (Galliano, Nadel 2015, Kobarg et al., 2020, Sanchez-Sellero, Bataineh, 2021).

J'ai étudié l'influence des modes de coopération et du type de partenaire pour innover dans les travaux portant sur les IAA avec Danielle Galliano, et sur les services avec Céline Merlin-Brogniart.

La recherche menée avec D. Galliano sur l'industrie agroalimentaire, publiée en 2016 dans *Économie Rurale*, montre bien l'influence différenciée des sources d'information (i.e. les flux d'information principalement involontaires et qui ne nécessitent pas d'interaction avec l'émetteur de l'information) et des sources de coopération (qui reposent sur une interaction volontaire entre la firme et le partenaire, et des flux d'informations volontairement échangés) dans le développement des innovations environnementales des firmes. Les sources de coopération pour innover en matière environnementale ne jouent que pour les IAA et la significativité de l'effet marginal des différents types de partenariat est souvent à l'opposé des effets observés pour les sources d'information, traduisant la forte complémentarité entre sources d'information et sources de coopération pour l'éco-innovation. La coopération avec

les universités est positive et constitue une des sources principales d'éco-innovation pour l'agroalimentaire. L'effet coopération client est négatif pour les entreprises de ce secteur qui puisent leurs sources d'information vers l'aval et l'effet fournisseurs devient positif. Les résultats montrent que les IAA restent un secteur très orienté vers l'aval en termes de flux d'informations involontaires pour éco-innover et plus orienté fournisseur en termes de coopération effective. L'intensité de l'éco-innovation dans l'agroalimentaire est donc fortement liée à l'intégration des firmes dans des logiques de filières (coévolution avec les changements dans les relations externes, influence du taux d'adoptants du secteur, de la réglementation, des informations clients et de l'innovation incrémentale, etc.).

Dans l'étude réalisée avec Céline Merlin-Brogniart en 2021 sur l'éco-innovation dans les services, on montre que dans les services, les sources d'information et de coopération ont un rôle beaucoup plus tenu que dans l'industrie quant à l'adoption d'innovations environnementales. Cela rejoint la littérature sur l'innovation standard dans les services, qui tend à montrer que la faible intensité technologique des activités de service entraîne un plus faible recours aux sources externes d'information et de coopération (Mongo, 2013). Le travail de Cainelli et Mazzanti (2013) conditionne le rôle des sources d'information à l'innovation environnementale aux liens croissants entre industrie et service. Dans mes résultats, les services les plus proches des firmes industrielles, tels que celles du secteur de la finance et les Tics, voient leur comportement éco-innovateur associé à la coopération et l'information provenant des clients et des fournisseurs. Les firmes de transports se distinguent des autres firmes de service par leur recours aux sources d'information et de coopération dans l'éco-innovation. Dans ce secteur, recourir à des sources d'information provenant des fournisseurs ou des concurrents défavoriserait l'adoption de pratiques environnementales ; à l'inverse les flux de connaissance provenant des clients ont un effet positif sur l'innovation environnementale des firmes de service françaises.

Au-delà de la mise en évidence des modes de ressources externes pour éco-innover mises en œuvre par les firmes de l'agroalimentaire et des services, un travail plus récent présenté dans la section suivante étudie le rôle de la localisation des partenaires pour éco-innover, en combinant ce rôle avec la localisation de la firme et la nature des externalités spatiales qui entourent la firme.

3.2.2 Localisation des partenaires et externalités pour l'innovation environnementale

Dans la littérature sur l'éco-innovation, il n'existe pas à notre connaissance de travaux articulant le type de localisation de la firme et la nature des externalités propre à cette localisation (*relatedness*) avec celle du partenaire (*connectedness*).

Dans une recherche en cours avec Danielle Galliano et Olivier Pauly, j'étudie le rôle des processus de coopération (local / hors local) de chaque firme avec ses différents types de partenaires (clients, fournisseurs, concurrent, université, etc.) en relation avec les types d'externalités spatiales et de localisation de l'entreprise, dans son comportement éco-innovateur. Il s'agit d'analyser la nature de l'externalité de connaissances échangées et « de la plus ou moins proche distance ou proximité cognitive des échanges de connaissance » parmi les acteurs au sein du territoire. Cela en regard des échanges de connaissances voulus, volontaires, et organisés à travers les coopérations avec les différents acteurs, au sein du territoire ou à l'extérieur dudit territoire. En effet, les trajectoires de l'innovation, et les sources de développement régional, varient selon que les connaissances et l'innovation sont développées à l'intérieur du territoire (en fonction des bases de connaissances traditionnelles et des spécificités productives locales) et/ou captées via les coopérations avec d'autres régions. Cela renvoie aux deux concepts d'encastrement (*embeddedness*) et de connectivité (*connectedness*), centraux dans l'analyse de la *smart specialisation* (Camagni, Capello, 2013, McCann et Ortega-Argiles, 2015) et notamment à l'analyse des liens inter-régionaux dans les processus de *smart specialisation* (Balland, Boschma, 2021, Miguelez, Moreno, 2018, Santoalha, 2019).

Dans ce travail, on prend en considération la localisation de la firme mais aussi celle des partenaires, en considérant que les besoins de coopération et leur localisation vont dépendre et varier selon le degré d'agglomération et le type d'externalités (*placed-based factors*) de la zone.

De Noni et al. (2017), dans le cas de l'innovation standard, distinguent les collaborations intra-régionales qui renvoient aux processus de recombinaison et de partage des connaissances entre acteurs appartenant au même système régional, des collaborations inter-régionales, qui ouvrent l'accès à des sources de connaissance complémentaires et diversifiées. Ces dernières permettant de surmonter les problèmes de *lock-in* (verrouillage) géographique, relatifs à la tendance à collaborer de manière excessive régionalement. Lorentzen et al. (2020) distinguent la *local connectedness* (*place-based*) de l'*international connectedness* (*person-based* ou

organisation-based). Ce type d'analyse mêlant coopération intra-régionale et extra-régionale demeure inexplorée à notre connaissance s'agissant des questions de développement d'innovations environnementales.

Les résultats de notre recherche mettent en exergue des comportements de coopération diversifiés qui dévoilent une mobilisation très différenciée des ressources et connaissances intra et extra-territoriales pour l'éco-innovation selon le type de localisation de la firme.

Le profil de coopération pour l'innovation des firmes montre, par type de partenaire, que la palette des modes de coopération qui jouent sur l'ampleur de l'innovation environnementale de la firme est assez large et diversifiée. La corrélation entre l'intensité de l'innovation environnementale et la coopération avec les réseaux organisationnels de la firme (intra groupes, réseaux d'enseignes, etc.), les clients, les concurrents et les consultants est positive et très significative. Elle est positive avec les organismes de recherche, rejoignant Horbach (2014) et non significative avec les universités et les fournisseurs.

La prise en compte de la localisation des partenaires permet une lecture plus fine des formes de coopérations favorables à l'éco-innovation.

La coopération avec les fournisseurs est, de manière surprenante par rapport à la littérature, une forme de coopération peu significative pour l'éco-innovation. Et qui peut même jouer négativement si elle est exclusivement locale, pour les firmes périurbaine et urbaine. Elle joue uniquement positivement sous une forme mixte (local et hors local) pour les firmes urbaines. La coopération avec les clients joue positivement pour éco-innover en ce qui concerne les firmes industrielles françaises mais elle est mobilisée différemment selon la localisation de la firme. Les firmes urbaines et rurales mobilisent la connaissance des clients pour avoir accès à des ressources surtout non locales, au contraire de la firme périurbaine pour laquelle l'éco-innovation est fortement corrélée uniquement avec des collaborations avec des clients issus de son environnement local. Les collaborations avec les concurrents ne jouent pas un rôle majeur notamment au niveau local pour lequel elles peuvent avoir un effet négatif, et ne différencient pas les firmes selon leur localisation. En revanche, les coopérations avec les consultants sont associées à l'innovation environnementale si ces consultants sont localisés en dehors du territoire pour les firmes urbaines et périurbaines, et à l'intérieur du territoire pour les firmes rurales.

Finalement, le comportement éco-innovateur en zone rurale est fortement soutenu par des *placed-based factors* de type variété reliée (avec un effet négatif de la variété non reliée) et un

besoin de coopération mixte (combinaison de forme de coopération) i.e. à la fois local et non local (effet négatif et non significatif du local exclusif et du hors local exclusif).

Voulant enrichir la géographie de l'innovation environnementale, nous avons étudié ici les coopérations en vue d'innover en matière environnementale. Si l'on considère toujours que la circulation et la création de connaissances entre acteurs est une source fondamentale pour le développement d'innovations environnementales et la transition écologique, ici on s'intéresse aux partages d'échanges volontairement choisis par les entreprises. On différencie ces derniers des externalités étudiées précédemment. Ces dernières relevant principalement de processus de circulation involontaire des connaissances. Les résultats ont montré la diversité et l'hétérogénéité du rôle non seulement des acteurs pour l'innovation environnementale, mais aussi du rôle de la localisation de ces partenaires pour innover en matière environnementale (à l'intérieur de la zone ou hors de la zone), selon la localisation de la firme. Approfondir cette question par des recherches futures pourrait passer par la prise en compte des liens interrégionaux d'une part, et par l'analyse de réseaux, d'autre part, qui permet d'identifier la nature des relations qui soutiennent ces coopérations.

3.3 Territoires et transition énergétique : le cas de la méthanisation

Le biogaz peut être obtenu par la fermentation de la biomasse, qui comprend les déchets agricoles, alimentaires, les eaux usées et d'autres formes de déchets organiques, produisant en outre du digestat, un composé résiduel qui peut être utilisé comme engrais. Le principal objectif du biogaz est de fournir de l'énergie, que ce soit sous forme de chaleur ou de production d'électricité. Le biogaz peut subir un processus de purification qui sépare le CO₂ et le CH₄ (méthane), également connu sous le nom de biométhane. Celui-ci peut se substituer au gaz naturel ou être vendu et injecté dans le réseau (Brémond et al., 2021).

Dans ma trajectoire de recherche, afin d'enrichir la mesure et l'étude des déterminants de la transition écologique, j'ai étudié le développement, spatial et historique, des unités de méthanisation. A la différence des travaux présentés jusqu'ici, il s'agit ici non plus de s'appuyer sur des données individuelles d'entreprise par l'exploitation d'enquêtes nationales, mais de considérer le territoire en tant qu'unité d'observation (et non plus l'entreprise), pour étudier le développement d'unités de méthanisation en son sein. Dans la seconde partie portant sur l'analyse de la trajectoire historique, on mobilise des mesures de brevet. Le fait

d'étudier la méthanisation permet aussi, dans une certaine mesure, d'intégrer les problématiques liées non plus à la seule transition écologique, mais aussi à celles de la transition énergétique.

En effet, le biogaz est une énergie non fossile souvent considérée comme « verte », principalement pour trois raisons : i) sa production peut être décentralisée, plus proche et adaptée à la consommation ; ii) il contribue à réduire les émissions de GES (Capodaglio et al., 2016, Nevzorova, Karakaya, 2020) car les émissions sont inférieures à celles des combustibles fossiles, puisqu'il capture l'ensemble des émissions potentielles des déchets, et iii) il contribue au développement d'une économie circulaire, car il peut satisfaire les besoins énergétiques des acteurs locaux, exploite les déchets comme intrants et génère un revenu supplémentaire (s'il est revendu). Les avantages environnementaux du biogaz font toutefois l'objet d'un débat (Mazzanti et al., 2021), car il risque de réorienter des ressources vitales (telles que les cultures, la terre et l'eau) de la production alimentaire vers la production d'énergie. En outre, une littérature croissante se concentre sur les conflits d'usage locaux et l'acceptabilité sociale des unités de biogaz (Bourdin et al., 2020, Bourdin, Nadou, 2020, Niang et al., 2022). En France, la législation limite à 15% de la surface totale d'une exploitation la surface dédiée à la production de biogaz. Enfin, si la production est adaptée à la consommation, et que les intrants proviennent des déchets locaux, le biogaz peut servir d'alternative à l'énergie fossile.

On présente ici la recherche menée depuis quelques années avec Eva Coll-Martínez, Geoffroy Labrousse et Luis Orozco, dans le cadre du projet « TRAjectoires technologiques de la méthanisation et du BioGaz » (Trabiog). La première section portant sur les déterminants régionaux au développement des unités de méthanisation a fait l'objet d'une publication en 2024 dans *Papers in Regional Science* (&3.3.1). La seconde section, qui présente une analyse technico-historique de la trajectoire technologique du biogaz, est un travail en cours avec Geoffroy Labrousse et Luis Orozco (&3.3.2).

3.3.1 Les facteurs territoriaux à la mise en place d'unités de méthanisation

L'analyse du développement du biogaz au sein des régions doit intégrer les connaissances des territoires et leurs spécialisations industrielles ainsi que le rôle de la gouvernance territoriale et de l'acceptabilité sociale, c'est à cela que nous nous sommes intéressés. Peu d'études ont été réalisées sur les déterminants régionaux de la production de biogaz (Jolly,

Hansen, 2022), sur l'émergence de projets de biogaz au niveau local (Bourdin et al., 2020, Gonçalves et al., 2022) et sur les conflits locaux liés à ces projets (Bourdin et al., 2021, Bourdin, Nadou, 2020, Niang et al., 2022).

Tableau 1 : Nombre de nouvelles unités de biométhanisation en France

Période	Total	Moyenne par département et par an	Min par département et par an	Max par département et par an	Ecart- type par département et par an
1960-1999	52	0.022	0	2	0.157
2000-2011	107	0.093	0	3	0.340
2012-2020	857	0.992	0	19	1.831

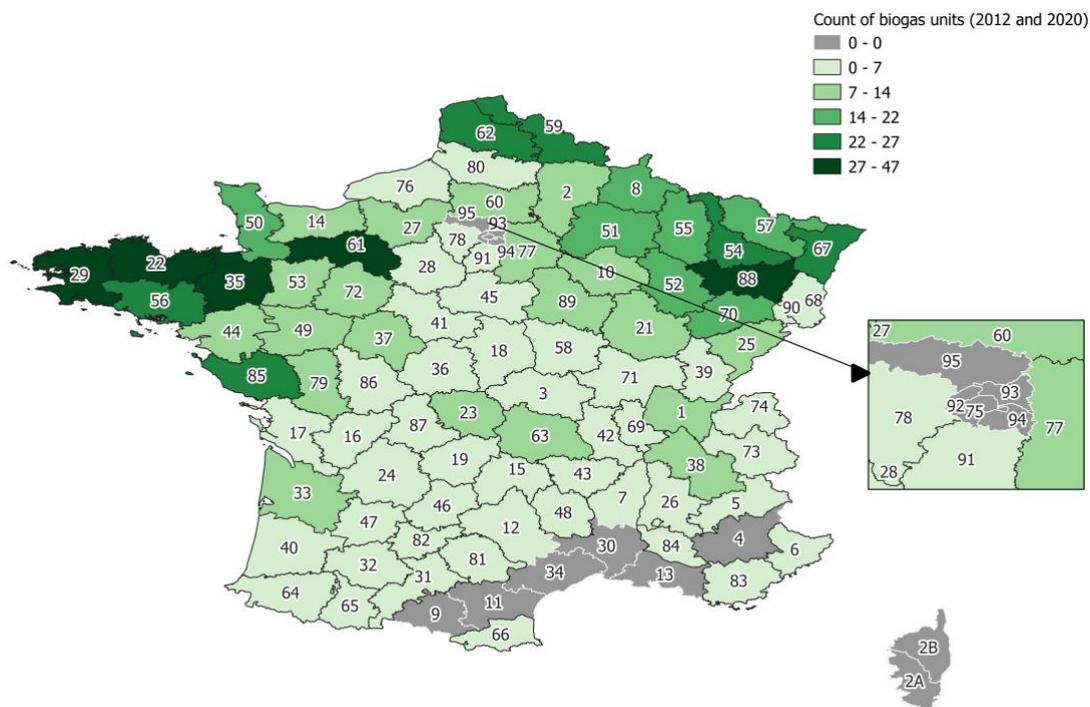
Source : auteurs, avec ADEME-SINOE

Tableau 2 : Nombre de nouvelles unités de biométhanisation en France selon la localisation en département rural et urbain

	2012-2014	2015-2020	2012-2020
Urbain	69	281	350
<i>% des départements</i>	<i>42.33%</i>	<i>40.49%</i>	<i>40.84%</i>
Rural	94	413	507
<i>% des départements</i>	<i>57.67%</i>	<i>59.51%</i>	<i>59.16%</i>
Tous départements	163	694	857
<i>% des départements</i>	<i>100.00%</i>	<i>100.00%</i>	<i>100.00%</i>

Source : auteurs, avec ADEME-SINOE

Figure 1. Nombre de nouvelles unités de biométhanisation en France, 2012-2020



Source : auteurs, avec ADEME-SINOE

Ce qui ressort de ces figures, c'est la non-homogénéité de la distribution spatiale des unités de biogaz. L'adoption des technologies de biogaz, c'est-à-dire la création d'unités de production de biogaz, est également concentrée dans certaines régions rurales, moins industrialisées et moins peuplées, comme les Côtes d'Armor, l'Ille-et-Vilaine ou les Vosges.

Le travail réalisé, avec Eva Coll-Martinez, Geoffroy Labrousse et Luis Orozco, vise à répondre à trois interrogations : (i) Quel type de base de connaissances régionales favorise l'implantation d'unités de production de biogaz ? (ii) Quel type d'avantage technologique favorise l'implantation de ces unités au niveau régional ? (iii) Le soutien politique environnemental influence-t-il la création d'unités de production de biogaz ?

Notre analyse empirique porte sur les 96 régions métropolitaines françaises au niveau NUTS-3 (départements) pour la période 2012-2020. Elle est construite sur une base de données combinant des données sur les unités de production de biogaz, les brevets et les caractéristiques socio-économiques régionales provenant de différentes sources telles que l'Agence française de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), les données

de brevets issues de REGPAT de l'OCDE, l'Institut national français de la statistique (INSEE) et Eurostat. Notre variable dépendante se réfère à la capacité de la région i à mettre en place des unités de production de biogaz. Pour construire notre variable dépendante, nous nous sommes appuyés sur un ensemble d'informations sur les unités de production de biogaz fournies par Observ'ER et SINOE¹¹. Pour identifier les moteurs régionaux de l'installation d'unités de production de biogaz, nous avons donc estimé le nombre de nouvelles unités de production en fonction d'un ensemble de facteurs qui peuvent être regroupés sous quatre dimensions : les capacités régionales de connaissance, la spécialisation industrielle régionale, le soutien local à la protection de l'environnement, et les variables tenant compte des facteurs géographiques et socio-économiques.

Les résultats de notre analyse montrent que le coefficient négatif de la variété reliée suggère que plus les domaines technologiques composant la base de connaissances locale sont complémentaires, moins il y a de chances de mettre en place des unités de production de biogaz dans la région. Cependant, les résultats indiquent que l'avantage technologique révélé d'une région dans la gestion des déchets et le traitement des eaux usées, ainsi que dans la biotechnologie, jouent un rôle positif et significatif dans la création d'unités de biogaz. L'avantage comparatif régional dans les énergies renouvelables n'est en revanche pas significatif, ce qui pourrait suggérer qu'il existe une plus grande distance cognitive entre le biogaz et les autres technologies de production d'énergie renouvelable (telles que le solaire, l'éolien, etc.) que prévu. De fait, si on considère que la combinaison de domaines technologiques reliés améliore l'exploitation des opportunités technologiques vertes (Colombelli, Quatraro, 2019), ici les technologies du biogaz sont principalement liées à la gestion « verte » des déchets et aux bases de connaissances sur le traitement des déchets. Ce qui semble avoir un effet significatif et robuste sur la mise en place d'unités de production de biogaz est l'ensemble des facteurs socio-économiques et les investissements pour limiter la production de déchets. La création d'unités de biogaz semble alors être poussée par la « conscience » environnementale de la région. Le stock de connaissances vertes et non vertes dans la région (mesuré par le stock de brevets verts / non verts) ne montre pas d'influence

¹¹ Fondé en 1979, Observ'ER est un acteur majeur dans le domaine des énergies renouvelables et de la transition énergétique en France et en Europe. Il suit depuis plusieurs années la filière biogaz/biométhane en collaboration avec l'ADEME. La base de données fournit des informations détaillées sur la date de création, la localisation géographique et la capacité de production, entre autres, de chaque unité de production de biogaz de 1960 à 2022.

significative sur la création d'unités de biogaz. Le fait qu'il n'y ait pas de base de connaissances prédominante suggère qu'il est nécessaire de tenir compte de la nature de la base de connaissances locale. Bien que le biogaz puisse être considéré comme une énergie « verte », on montre donc qu'il s'agit d'une technologie qui n'est pas nécessairement liée aux technologies vertes en général.

Lorsque l'on distingue les déterminants de la création d'unités de biogaz selon la nature du département (rural / urbain), les résultats montrent que l'accès à des bases de connaissances spécifiques (mesurées via l'avantage technologique révélé) favorise l'installation d'unités de production de biogaz. Plus précisément, l'avantage technologique révélé en biotechnologie a un impact positif et significatif dans les régions urbaines. En revanche, dans les zones rurales, la création d'unités de production de biogaz est plutôt influencée par l'avantage technologique révélé en matière de gestion des déchets et de traitement des eaux usées. Ce résultat suggère que les régions qui fournissent plus d'efforts pour développer ces deux technologies par rapport aux autres régions favorisent le développement d'unités de production de biogaz.

Le rôle de la variété reliée varie également entre les zones rurales et urbaines. Alors que dans les zones rurales, la variété reliée a un impact négatif et significatif sur la mise en place d'unités de production de biogaz (contrairement à l'innovation environnementale, cf. &3.1), la variété reliée a un rôle positif mais non significatif au niveau urbain. Ce résultat suggère que dans les zones rurales, la diversification dans le développement de technologies similaires et complémentaires ne favorise pas la mise en œuvre du biogaz, qui serait plutôt favorisé par une spécialisation dans des technologies et des activités spécifiques telles que la gestion des déchets et le traitement des eaux usées.

En ce qui concerne la spécialisation régionale de l'emploi, nous constatons que les régions rurales dont l'emploi est spécialisé dans l'industrie agroalimentaire sont plus susceptibles d'installer des unités de biogaz. La spécialisation dans l'agro-industrie a un impact différent selon le type de territoire (urbain/rural), n'étant positive et significative que pour les zones rurales. Ce résultat est dans une certaine mesure lié à la part de la surface agricole (part de la superficie agricole utile (SAU) dans la superficie totale du département) qui est un facteur clé du développement d'unités de biogaz révélés dans mes résultats. Ce qui illustre la volonté du secteur agricole de trouver de nouvelles sources de revenus et de créer de la valeur à partir des déchets agricoles.

Mes résultats montrent que la mise en place d'unités de production de biogaz est positivement influencée par l'existence de capacités de connaissances régionales spécifiques dans les technologies liées à la gestion des déchets et au traitement des eaux usées, mais pas avec d'autres technologies d'énergie renouvelable. L'analyse met en évidence les implications de la distinction entre les zones rurales et urbaines. En examinant l'impact des capacités de connaissance régionales, nous pouvons considérer que dans les zones urbaines, l'installation d'unités de production de biogaz peut se heurter à des conflits avec d'autres utilisations des terres, alors que dans les régions rurales, cela peut servir de moyen de diversifier l'économie et de générer une nouvelle valeur à partir des ressources disponibles. Dans ces régions, la spécialisation dans les technologies de gestion des déchets et de traitement des eaux usées, ainsi que le secteur agroalimentaire, créent des incitations à leur développement. Cependant, ce n'est pas le cas dans les régions urbaines, où les effets d'agglomération sont plus forts, où l'installation d'unités de production de biogaz dépend davantage de la spécialisation technologique dans les biotechnologies et des facteurs géographiques. Inversement, dans les zones rurales, où l'influence des effets d'agglomération est supposée être moins importante, l'accès à la connaissance joue un rôle critique. En termes de politique publique, cela suggère la nécessité de différencier les politiques de promotion de la production de biogaz en fonction du degré d'urbanisation de la région.

Sur la base de ces résultats, plusieurs directions pour la recherche future sont envisageables. Tout d'abord, l'utilisation de données sur les projets de biogaz fournirait des preuves supplémentaires concernant la production et l'adoption des technologies du biogaz. En effet, malgré l'utilisation de variables explicatives décalées pour réduire toute endogénéité potentielle dans mes estimations, d'autres recherches peuvent être nécessaires pour éclairer plus précisément les relations de cause à effet dans mes résultats. Deuxièmement, des connaissances supplémentaires sont nécessaires sur la manière dont les liens interrégionaux peuvent affecter le développement de nouvelles unités de biogaz, car ils peuvent compenser les capacités manquantes dans une région (Balland, Boschma, 2021). Troisièmement, même si l'analyse au niveau NUTS-3 fournit des résultats notables en termes d'implications politiques, il serait intéressant de se concentrer sur le niveau micro (c'est-à-dire les communes, les clusters, etc.) pour examiner l'impact des écosystèmes d'innovation sur le développement et l'adoption des technologies du biogaz.

3.3.2 Une analyse des trajectoires technologiques du biogaz

L'objectif de cette analyse est d'étudier les trajectoires technologiques du biogaz en utilisant une analyse du chemin principal (*Main Path Analysis*, MPA) des réseaux de citations de brevets. Notre travail rejoint les analyses portant sur l'évolution des technologies de méthanisation, qui tendent à utiliser le point de vue de l'histoire des techniques. Cette approche est dite « quasi-évolutionniste » (Kirkels, 2014), utilisant les concepts de trajectoires technologiques et de paradigmes technologiques. Les trajectoires technologiques sont le « raffinement et l'amélioration progressifs des réponses de l'offre à ces exigences potentielles de la demande » (Dosi, Nelson, 2010, p. 67). Toutefois, il y a verrouillage lorsqu'une technologie (bénéficiant de rendements croissants des mécanismes d'adoption) domine une technologie concurrente à partir d'un événement initial, ce qui explique alors les dépendances de sentier (David 1985, Arthur 1989). La dépendance de sentier se produit par le biais du capital et des investissements irrécupérables, des économies d'échelle, de l'acquisition d'une position dominante sur le marché, d'une plus grande familiarité et de l'acquisition de connaissances.

Kirkels (2014, 2016) a montré dans cette approche que l'évolution de la biométhanisation peut être divisée en 3 périodes. La trajectoire technologique du méthane a commencé dans les années 1970 avec la crise du pétrole, avec la technologie du biométhane en tant que transport basé sur le méthanol jusqu'aux années 1990. Des années 1990 à 2004, la trajectoire technologique est passée du méthane comme moyen de transport au méthane comme source d'énergie avec la biomasse IGCC (*Integrated-Gasification Combined Cycle*). Puis, depuis le milieu des années 2000, vers les biocarburants. Cette tendance technologique vers la gazéification est confirmée par Kirkels et Verbong (2011).

Kriechbaum et al. (2023), dans le cas de l'Autriche, considère 4 périodes. Un « engouement et une consolidation du récit de l'agriculteur énergétique » de 2002 à 2004, qui se traduit par une augmentation du nombre de brevets par an, puis de 2005 à 2007, une « augmentation des technologies de purification du biogaz » et l'attente du biogaz en tant que carburant pour les transports. La période de 2008 à 2017 est la phase dite de « désillusion », marquée par une hausse des prix des cultures et la fin du récit de l'agriculteur énergétique. Ce qui a entraîné une diminution significative du nombre de brevets annuel, mais qui pourrait également signifier une maturation de la technologie. Dans une phase ultérieure (2018-2021), Kriechbaum et al. (2023) observent un « renouveau des attentes à l'égard du biométhane »,

ce qui ouvre la voie à de nouveaux développements technologiques dans les technologies d'épuration des gaz pour son utilisation.

Mon objectif est de reconstruire la trajectoire technologique du biogaz, en identifiant les principales variations de conceptions et d'acteurs, ainsi que les principaux moteurs et obstacles, qui ont orienté le développement de la technologie.

Il s'agit alors d'une part de mettre en place une analyse de cheminement principal basée sur les citations de brevets et, d'autre part, d'établir l'existence de dépendances de sentier et de l'émergence d'une technologie alternative visant à stimuler une profonde transition énergétique.

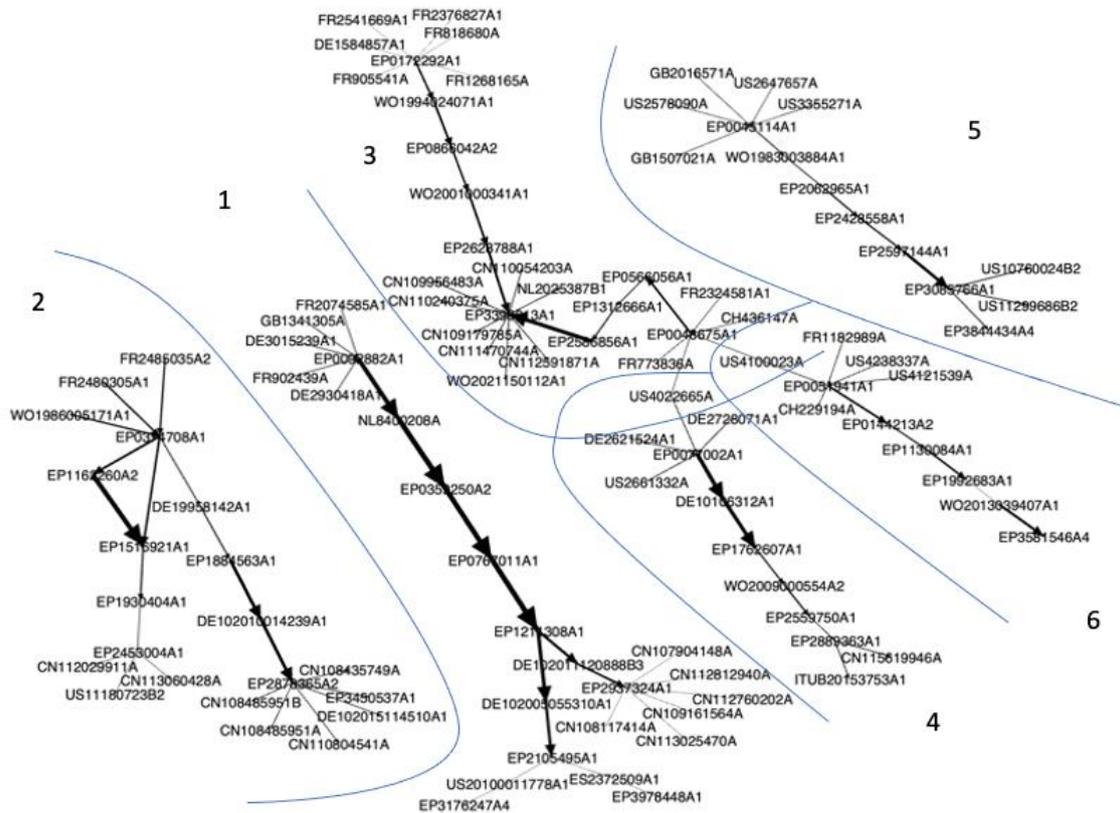
L'analyse des citations de brevets est utilisée depuis longtemps pour comprendre les liens et les flux de connaissances entre les industries ou les technologies (Cho, Shih, 2011, Fontana et al., 2009, Kim, Kim, 2012, Stolpe, 2002). Des preuves de liens de connaissances (ascendants et descendants) peuvent être fournies avec les réseaux de connaissances au sein des industries, même si les inventeurs n'en sont pas conscients (Malerba, 2006, No, Park, 2010).

Les statistiques descriptives sur le nombre cumulé de brevets déposés chaque année en Europe montrent une correspondance avec les différentes étapes du développement du biogaz identifiées par Kriechbaum et al. (2023) pour l'Autriche.

Notre analyse empirique est basée sur un échantillon de 4428 brevets sur le biogaz (identifiés par leur code CPC), déposés à l'Office européen des brevets (OEB) depuis 1980. Nous construisons le réseau de citations que nous analysons à l'aide de la méthode *Main Path Analysis* (MPA). Cette méthode nous permet d'identifier le chemin d'évolution du biogaz. Hummon et Doreian (1989) ont introduit cette méthode pour explorer la trajectoire de développement d'un domaine de connaissance spécifique. Elle a été appliquée pour analyser les trajectoires technologiques en utilisant les citations de brevets, d'abord par Verspagen (2007) puis par Linares et al. (2019), Wang et al. (2020) et Filippin (2021). Le chemin principal est tracé en identifiant l'importance de chaque lien, qui est déterminé par le poids de traversée du lien, que nous calculons en utilisant la méthode *Search Path Link Count* (SPLC).

Cette méthode nous a permis d'identifier 6 chemins principaux (« *main path* »), ou 6 trajectoires technologiques, plus ou moins porteuses de valeur environnementale :

Figure 3. Les six grandes trajectoires technologiques du biogaz en Europe



Source : calcul des auteurs

Tout d'abord, le chemin 1 est considéré comme le chemin principal en raison de son nombre élevé de traversées. Il concerne les technologies qui utilisent les déchets municipaux solides comme matière première par le biais de processus de fermentation sèche. Le brevet EP0092882A1, déposé en 1986 par la société néerlandaise Rutte Recycling B.V., décrit un processus de fermentation en une étape dans des conditions anaérobies pour obtenir du méthane et du CO₂. Cette méthode est toutefois moins efficace en termes de récupération d'énergie que le procédé en deux étapes. Les brevets NL8400208A et EP0359250A2 sont également des procédés de traitement des déchets urbains. Toutefois, le brevet EP0767011A1 (datant de 1995) constitue une évolution importante de la technologie, car il fait référence à une installation évolutive qui recycle les déchets et produit du biogaz. La trajectoire se ramifie à partir de là, puisque le brevet DE102011120888B, dans la partie supérieure droite de l'image, poursuit la tendance de la production de biogaz. Cependant, la branche inférieure gauche comprend de nouvelles inventions qui se concentrent sur la séparation et la purification du gaz (DE102005055310A1) et sur la conception d'une usine

intégrée d'utilisation des déchets et d'énergie (EP2105495A1). Cette usine produit à la fois de l'énergie électrique et du biocarburant liquide.

Le chemin 2 comporte deux sous-chemins qui découlent du brevet EP0374708A1 de Josef Probst, de Deggendorf, en Allemagne. Ce brevet décrit un réacteur à biogaz qui produit du biogaz à partir de matières premières organiques à l'aide d'un tambour cylindrique horizontal. La trajectoire de gauche présente diverses méthodes de fermentation sèche, également connues sous le nom de digestion anaérobie à l'état solide, décrites dans les brevets EP1162260A2, EP1516921A1, EP1930404A1 et EP2453004A1. La sous-branche droite se concentre sur les dispositifs mécaniques pour la fermentation (EP1884563A1) et les agitateurs (EP2878365A2) pour la production de biogaz, principalement à partir de matières premières agricoles et de premiers produits. L'une des caractéristiques de ces voies, y compris les deux sous-trajectoires, est qu'elles sont principalement dominées par des demandeurs allemands.

La troisième trajectoire correspond aux technologies de traitement des biodéchets et à la digestion anaérobie en deux étapes. C'est la combinaison de deux trajectoires distinctes qui convergent dans le brevet EP3398913A1, déposé par la Hof University of Applied Sciences en 2017. La méthode vise à améliorer la décomposition anaérobie des substrats organiques, ainsi que le traitement des eaux usées et des boues. Ce brevet combine un sous-chemin avec divers brevets liés au traitement des biodéchets, en mettant l'accent sur le processus de production d'engrais (EP0172292A1 et WO1994024071A1), ainsi que sur le processus et le traitement des biodéchets provenant des ménages (EP0866042A2) et de l'industrie alimentaire (WO2001000341A1). La partie inférieure du troisième chemin correspond à la trajectoire d'une digestion anaérobie en deux étapes. Le brevet EP0048675A1 cite, entre autres, les deux premiers brevets de l'échantillon : US4022665A et US4100023A. Les brevets EP0566056A1, EP1312666A1 et EP2586856A1 améliorent le processus en deux étapes, qui consiste en une première étape générant une hydrolyse.

La voie 4 est le résultat de la méthode de digestion anaérobie en deux phases décrite dans le document US4022665A et d'un procédé industrialisé de traitement des eaux usées par digestion anaérobie (brevet EP0077002A1). Cette voie a conduit au développement de contrôles automatiques et informatisés, de surveillance, de mesures et de capteurs après l'an 2000, comme décrit dans DE10106312A1, EP1762607A1, WO2009000554A2, EP2559750A1, et EP2889363A1. Ces méthodes et dispositifs permettent de contrôler les doses de substrats, les températures, les pressions et d'autres paramètres.

La voie 5 comprend des technologies qui utilisent les déchets agricoles et les transforment en biodigesteurs à petite échelle. Elle commence avec le brevet EP0051941A, un digesteur anaérobie qui convertit les déchets de la ferme, y compris les lisiers d'animaux, en biogaz et en engrais. Le brevet a été déposé par David Evans de Dyfed Wales, en Grande-Bretagne, et est basé sur le digesteur du brevet US4100023A. La trajectoire est caractérisée par des développements qui sont apparus après l'année 2000. Notamment, le brevet EP113084A1 simplifie le processus et produit un « biogaz générique plus facile à utiliser ». Les brevets WO2013039407 et EP3581546 développent respectivement un système de digestion anaérobie mobile et modulaire et un biodigesteur évolutif.

La voie 6 concerne un conteneur de stockage de gaz et des conteneurs couverts pour la digestion anaérobie d'une fosse à lisier. Le brevet EP0045114A1 a été déposé par Oostwouder BV, une entreprise néerlandaise de construction métallique, en 1980. Cette trajectoire est suivie par un couvercle flexible scellé (WO1983003884A1), tandis qu'en 2007, l'entreprise allemande AGROTEL GmbH a amélioré ce dispositif avec un couvercle comprenant une feuille de protection et des membranes internes (EP2062965A1). Les brevets liés à cette trajectoire concernent des fosses de fermentation, comme EP2428558A1 et EP2597144A1. Ces dernières inventions sont des systèmes plus avancés qui combinent la production de biogaz, des systèmes de déchargement du digestat (engrais) et des équipements de récupération du biogaz pour l'amélioration et la séparation des gaz.

Ces résultats montrent qu'une variété d'applications et d'utilisations peut émerger d'une seule technologie de digestion anaérobie, créant ainsi des trajectoires secondaires qui coévoluent. L'idée est d'améliorer le processus pour mieux utiliser les intrants, augmenter la productivité et améliorer la qualité des résultats, comme le suggèrent Capodaglio et al. (2016). Cela indique que la technologie est mature, mais son développement doit être envisagé dans le contexte d'une dépendance au sentier, où des sites de production existent déjà. Les développements technologiques futurs impliqueront probablement la modernisation des unités de production pour la séparation des gaz et la mise en place de capteurs. En outre, elle devrait être développée en mettant l'accent sur la réduction des déchets et la valorisation de la biomasse, le piégeage du CO₂ et la réutilisation, dans l'optique d'une économie circulaire.

Malgré les difficultés, les technologies du biogaz progressent. La nécessité de trouver des alternatives aux combustibles fossiles et les investissements réalisés ont créé une dépendance qui pousse les acteurs à améliorer cette technologie. Malgré les débats sur son caractère écologique, le développement technologique se poursuit avec des capteurs, des biodigesteurs

modulables et à petite échelle, et des technologies d'amélioration pour produire et exploiter le biométhane.

En conclusion, cette recherche souligne l'importance d'explorer les différentes bases de connaissances qui influencent le développement des technologies du biogaz. Plus précisément, la dynamique technologique entourant la digestion anaérobie du biogaz en tant que principal processus de production d'énergie à partir de déchets a suivi une trajectoire dépendante au chemin au cours des 30 dernières années. Il est important de reconnaître qu'il n'existe pas de processus ou de technique unique, car les variations dépendent des types d'intrants. Néanmoins, les résultats suggèrent un regain d'intérêt pour le biométhane, indiquant des tendances évolutives dans l'industrie du biogaz. Les trajectoires identifiées pour l'utilisation du biogaz, telles que la production de biométhane, la gestion du CO₂ et les avancées dans les dispositifs de contrôle et les systèmes à petite échelle, offrent des voies de développement prometteuses. Les recherches futures devraient accorder la priorité à l'ancrage géographique de ces divers systèmes de production de biogaz. En outre, elles devraient explorer l'impact environnemental associé à chaque trajectoire technologique.

Conclusion du chapitre

Ce chapitre a présenté mes travaux portant sur l'encastrement géographique des dynamiques environnementales. On a dans un premier temps mis l'accent sur les logiques liées à la localisation de la firme et à la nature des externalités à laquelle ces firmes sont soumises. On a montré notamment la forte hétérogénéité des comportements d'innovation environnementale selon la localisation en zone urbaine et rurale. Le rôle de la circulation de connaissances à la source du développement d'innovations environnementales a été souligné. Si celles-ci, captées à travers la notion d'externalités, sont de natures essentiellement involontaires, ce n'est pas le cas des coopérations pour innover en matière environnementale. C'était l'objet de la deuxième partie de ce chapitre centrée sur l'échange volontaire de connaissances de la part des entreprises en vue d'innover en matière environnementale. On a montré la différenciation selon le type de partenaire mais aussi selon la localisation de celui-ci. Enfin la dernière partie du chapitre présentait mes travaux portant sur la méthanisation. Sont mis en évidence les déterminants régionaux du développement d'unités de méthanisation, et l'existence de 6 trajectoires technologiques de la technologie liée au biogaz. Au-delà de la prise en compte de la géographie dans l'étude des transitions écologiques via

le prisme du développement des innovations environnementales des entreprises, cette dernière partie portant sur le biogaz permet d'explorer des enjeux liés à la transition énergétique. Les recherches engagées sur le développement du biogaz en lien avec la transition énergétique m'amènent logiquement à m'interroger sur les déterminants des autres énergies renouvelables (éolien, solaire) et leurs effets sur les régions dans lesquelles elles s'implantent.

Conclusion et perspectives de recherche

Cette synthèse présente les recherches menées depuis la fin de mon doctorat. Fondamentalement, mes travaux visent à enrichir l'étude de la transition écologique. Mon approche a pris principalement comme point de départ de l'analyse l'entreprise, en plaçant celle-ci dans son environnement, qu'il soit spatial, institutionnel, productif ou sectoriel, en considérant cette entreprise en tant que cœur du processus productif. Une telle entrée me permet d'étudier la transition écologique via l'analyse du verdissement des processus de production. Empiriquement, j'ai approché ce phénomène de verdissement des entreprises en employant des indicateurs relatifs à l'innovation environnementale ainsi qu'à l'investissement écologique. Je me suis aussi intéressé au développement de nouvelles activités liées à la transition énergétique, avec l'étude de la méthanisation. Ma trajectoire de recherche présentée dans ce mémoire s'est engagée initialement dans une analyse économique de l'innovation environnementale, pour se diriger de plus en plus vers une géographie économique des transitions écologiques.

Cette trajectoire de recherche de la transition écologique par l'entrée entreprise et son interaction avec le territoire dans lequel elle se situe ouvre sur de nouvelles perspectives de recherche.

Une première piste de travail, dans la continuité de mes recherches, est celle d'une analyse plus approfondie des dynamiques territoriales de la transition écologique. Cela nécessiterait d'avoir accès à des informations plus qualitatives et portant sur une plus longue période, portant sur les dynamiques de verdissement des territoires. En collectant et en exploitant des données localisées impliquant les différents acteurs au sein des territoires, ainsi que sur les caractéristiques de ces territoires, on pourrait par exemple mener des analyses de réseaux. Il s'agirait alors d'identifier la nature des acteurs qui pourraient impulser (ou freiner) des dynamiques d'innovation radicalement vertes au sein de la région étudiée. Les données collectées porteraient sur les politiques publiques locales, les projets de site d'énergie renouvelable, les porteurs de tels projets et leurs opposants, les types de site, leurs capacités potentielles, leur insertion dans les réseaux énergétiques, etc. Cette analyse de réseaux devrait aussi mettre en évidence les structures de réseaux favorables à la transition écologique. Ces informations donneraient un éclairage nouveau sur les liens entre entreprise, environnement et territoire. On pourrait identifier, par exemple, les trajectoires environnementales des

firmes et des territoires, les phénomènes de verrouillage et de dépendance au sentier qui conditionnent la transition écologique des firmes et des régions.

Deuxièmement, dans la lignée de mes recherches autour du biogaz (&3.3), des analyses futures pourraient explorer les capacités régionales en matière de connaissances, de technologies et de matières premières disponibles pour développer des technologies pouvant appuyer des dynamiques d'économie circulaire. De telles technologies peuvent améliorer la gestion des déchets afin de les valoriser en créant de nouveaux types de produits, de l'énergie et des matières premières, afin de produire des alternatives aux produits d'origine fossile et pétrochimique au sein d'une logique de bioéconomie. Les informations localisées sur les brevets, dont nous disposons grâce aux travaux engagés dans le cadre du projet TRABIOG - TRAjectoires technologiques de la méthanisation et du BioGaz - (et des données de PATSTAT), peuvent être utilisées pour construire des indicateurs de capacités de connaissances régionales et d'Avantage Technologique Révélé (RTA), selon la méthodologie de Balland et Rigby (2017), au niveau européen.

Une troisième perspective de recherche portera sur la complémentarité entre la transition écologique et la transition numérique des entreprises, des territoires et des nations.

Dans un contexte porté par l'objectif de l'Union Européenne d'atteindre la neutralité carbone en 2050, la transition écologique des régions et des industries est avancée comme devant être une *twin transition* (transition jumelle, verte et numérique). Une perspective de recherche sur les effets joints du verdissement et de la numérisation du système productif y serait adéquate. Le rôle que la numérisation du tissu productif pourrait avoir sur la transition écologique reste incertain. D'un côté, la diffusion des nouvelles technologies numériques a des conséquences néfastes sur l'environnement, notamment car elle nécessite une extraction massive de matières premières rares et qu'elle implique une hausse de la demande d'énergie et de la consommation des matériaux. D'un autre côté, les technologies numériques peuvent offrir d'importantes opportunités d'améliorer l'efficacité énergétique des organisations et de faciliter l'innovation environnementale. La recherche porterait sur les facteurs d'une telle *twin transition*, et devrait s'interroger sur la forme que pourrait prendre la gouvernance et l'action publique pour la double transition écologique et numérique.

J'étudierai certaines dimensions de cette *twin transition* grâce à ma participation au projet de recherche IMITECH (pour Innovative and MIniaturized TECHnologies for a Sustainable and Connected Society in Hauts de France) porté par le laboratoire de microélectronique de Lille. Le projet, qui débutera fin 2024, consiste à expertiser les enjeux économiques et

environnementaux entourant les trajectoires technologiques des nouvelles technologies miniaturisées dans les Hauts de France. Il s'agit de comprendre comment les technologies évoluent à partir des bases de connaissances différentes et de mettre en évidence les acteurs clés dans l'évolution et la mise au point de ces technologies. L'analyse des facteurs régionaux favorisant le développement des technologies miniaturisées (micro-dispositifs) embarqués et autonomes en énergie est ici en jeu. Ces micro-dispositifs permettent d'assurer diverses fonctions électroniques (détection et analyse de signaux, communications, etc.). L'enjeu est d'étudier le rôle de ces innovations sur l'impact environnemental des secteurs d'activité concernés et plus largement dans la transition régionale vers une économie circulaire, à travers notamment la question de l'intégration et l'interopérabilité entre des énergies vertes (par exemple le biogaz) et d'autres technologies (telles que le stockage et la technologie de transmission à longue distance).

La recherche, qui s'engage fin 2024, visera à analyser la manière dont pourrait se structurer le réseau d'innovation à l'échelle régionale (Hauts de France), c'est-à-dire d'une part, comprendre comment la production de connaissances, compétences et autres ressources autour des technologies miniaturisées se développe, et d'autre part, éclairer la diversité des trajectoires d'adoption de ces technologies et les raisons expliquant leur non-adoption par certains acteurs, en particulier les exploitants agricoles. Il s'agira d'identifier le bénéfice environnemental qui pourrait être associé à l'innovation autour des technologies miniaturisées à l'échelle régionale, en repérant les acteurs qui encouragent l'adoption de ces technologies, ceux qui produisent les connaissances, détiennent et diffusent les compétences autour de ces technologies miniaturisées.

Ces différents projets et pistes de recherche permettront d'approfondir l'étude des leviers et des freins à la transition écologique des entreprises et des territoires et la mise en évidence des stratégies pratiques susceptibles de contrecarrer la crise écologique.

Références bibliographiques

- Aguilera, R, Aragón-Correa J, Marano V, et P. Tashman, (2021), The Corporate Governance of Environmental Sustainability: A Review and Proposal for More Integrated Research, *Journal of Management* 47(6): 30.
- Alcántara V, Padilla E, (2009), Input–output subsystems and pollution: an application to the service sector and CO2 emissions in Spain. *Ecological Economics*, 68:905–914.
- Almaqtari, F, Elsheikh T, Al-Hattami H, et N. Mishra, (2023), The impact of board characteristics on environmentally friendly production: A cross country study in Asia and Europe. *Journal of Cleaner Production* 392:136257. doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136257.
- Andersen, M., (1999), « Trajectory change through interorganisational learning. on the economic organisation of the greening of industry ». Ph.D. Thesis. Copenhagen Business School, Ph.D. Series, Copenhagen.
- Andersen, M., (2002), « Organizing interfirm learning as the Market Begins to Turn Green ». In: de Bruijn, T., Tukker, A. (Eds.), *Partnership and Leadership: Building Alliances for a Sustainable Future*. Kluwer Academic Publishers, pp. 103–119.
- Antonioli, D, Borghesi S, et M. Mazzanti, (2016), Are Regional Systems Greening the Economy? Local Spillovers, Green Innovations and Firms' Economic Performances ». *Economics of Innovation and New Technology* 25 (7): 692-713. doi.org/10.1080/10438599.2015.1127557.
- Arcuri, G., Brunetto, M. et Levratto, N., (2019), Spatial patterns and determinants of firm exit: an empirical analysis on France. *Annals of Regional Science* 62, 99–118. doi.org/10.1007/s00168-018-0887-0
- Arrow, K., (1962), The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies* 29 (3): 155-73. doi.org/10.2307/2295952.
- Arthur, W. B., (1989), Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. *Economic Journal*, 99(394), 116–131. doi.org/10.2307/2234208
- Asheim B, Coenen L, Moodysson J, et Vang J, (2007), Constructing knowledge-based regional advantage: implications for regional innovation policy. *Int J Entrep Innov Manag* 7:140–155. doi.org/10.1504/IJEIM.2007.012879
- Audretsch DB, Feldman MP, (2004), “Knowledge spillovers and the geography of innovation”. In: *Handbook of Regional and Urban Economics*. Elsevier, pp 2713–2739
- Balland, P-A., Rigby, D, (2017), The Geography of Complex Knowledge. *Economic Geography*, 93(1), 1–23. doi.org/10.1080/00130095.2016.1205947
- Balland P-A, Boschma R, Crespo J, Rigby DL, (2019), Smart specialization policy in the European Union: relatedness, knowledge complexity and regional diversification. *Regional Studies*, 53:1252–1268
- Balland, P-A, Boschma R., (2021), Complementary Interregional Linkages and Smart Specialisation: An Empirical Study on European Regions. *Regional Studies* 55 (6): 1059-70. doi.org/10.1080/00343404.2020.1861240.

- Bansal, P., Clelland, I., (2004), Talking Trash: Legitimacy, Impression Management, and Unsystematic Risk in the Context of the Natural Environment, *Academy of Management Journal*, 47(1), 93–103. doi.org/10.2307/20159562.
- Barbieri, N., Ghisetti C., Gilli M., Marin G., et F. Nicolli, (2016), A survey of the literature on environmental innovation based on main path analysis ». *Journal of Economic Surveys* 30 (3): 596-623. doi.org/10.1111/joes.12149.
- Bazzoli, L., Dutraive V, (2014), « D'une « démocratie créatrice » à un « capitalisme raisonnable » : Lecture croisée de la philosophie de J. Dewey et de l'économie de J.R. Commons. *Revue économique* (2): 357-72. doi.org/10.3917/reco.652.0357.
- Beaudry, C., Schiffauerova A, (2009), Who's right, Marshall or Jacobs? The localization versus urbanization debate. *Research Policy* 38 (2): 318-37.
- Berkhout F, Hertin J, (2001), "Impacts of information and communication technologies on environmental sustainability: Speculations and evidence". Report to OECD, SPRU-Science and Technology Policy Research, University of Sussex.
- Berrone, P., Gomez-Mejia, L. R., (2009). Environmental Performance and Executive Compensation: An Integrated Agency-Institutional Perspective. *The Academy of Management Journal*, 52(1), 103-126.
- Berrone, P., Fosfuri A, Gelabert L, et L. Gomez-Mejia, (2013), Necessity as the Mother of 'Green' Inventions: Institutional Pressures and Environmental Innovations. *Strategic Management Journal* 34 (8): 891-909. doi.org/10.1002/smj.2041.
- Berrone, P., Fosfuri A, et L. Gelabert, (2017), Does Greenwashing Pay Off? Understanding the Relationship Between Environmental Actions and Environmental Legitimacy. *Journal of Business Ethics* 144 (2): 363-79. doi.org/10.1007/s10551-015-2816-9.
- Bessant J, Tidd J, (2007), "Innovation and entrepreneurship". John Wiley, West Sussex, England.
- Bhuiyan, B, Huang H, et C. de Villiers, (2021), Determinants of Environmental Investment: Evidence from Europe. *Journal of Cleaner Production* 292:125990. doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125990.
- Boiral, O., (2007), Corporate Greening Through ISO 14001: A Rational Myth?, *Organization Science*, 18(1), 127–146.
- Boschma, R., (2005), Proximity and Innovation: A Critical Assessment, *Regional Studies*, 39 (1): 61-74. doi.org/10.1080/0034340052000320887.
- Boschma R., (2015), Towards an Evolutionary Perspective on Regional Resilience. *Regional Studies*, 49:733–751.
- Boschma, R, K. Frenken, (2006), Why is economic geography not an evolutionary science? Towards an evolutionary economic geography, *Journal of Economic Geography*, 6(3): 273–302, doi.org/10.1093/jeg/lbi022
- Boschma, R, K. Frenken, (2009), Some Notes on Institutions in Evolutionary Economic Geography, *Economic Geography* 85 (2): 151-58. doi.org/10.1111/j.1944-8287.2009.01018
- Boschma, R., K. Frenken, (2011), The Emerging Empirics of Evolutionary Economic Geography, *Journal of Economic Geography* 11(2):295-307. doi.org/10.1093/jeg/lbq053.
- Bourdin, S, F. Nadou, (2020), The Role of a Local Authority as a Stakeholder Encouraging the Development of Biogas: A Study on Territorial Intermediation, *Journal of Environmental Management* 258:110009. doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.110009.

- Bourdin, S, Colas M, et F. Raulin, (2020), Understanding the problems of biogas production deployment in different regions: territorial governance matters too. *Journal of Environmental Planning and Management* 63 (9): 1655-73. doi.org/10.1080/09640568.2019.1680158.
- Boutry O., Nadel. S., (2021), Institutional drivers of environmental innovation: the case of French Industry, *Journal of Innovation Economics & Management*, 41(1), p. 135-167. doi.org/10.3917/jie.034.0135.
- Brémond, U., Bertrandias, A., Steyer, J. P., Bernet, N., et Carrere, H., (2021), A vision of European biogas sector development towards 2030: Trends and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 287, 125065. doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.125065
- Breschi, S, F. Lissoni, (2001), Localised Knowledge Spillovers vs. Innovative Milieux: Knowledge “Tacitness” Reconsidered, *Papers in Regional Science* 80 (3): 255-73. doi.org/10.1007/PL00013627.
- Butnar I, Llop M, (2011), Structural decomposition analysis and input-output subsystems: changes in CO2 emissions of Spanish service sectors (2000-2005). *Ecological Economics*, 70:2012–2019.
- Cainelli G, Mazzanti M, (2013), Environmental innovations in services: Manufacturing-services integration and policy transmissions. *Research Policy*, 42(9):1595-1604.
- Cainelli, G, Mazzanti M, et R. Zoboli, (2011), Environmental Innovations, Complementarity and Local/Global Cooperation: Evidence from North-East Italian Industry. *International Journal of Technology, Policy and Management* 11 (3/4): 328. doi.org/10.1504/IJTPM.2011.042090.
- Cainelli, G, Mazzanti M, et S. Montresor, (2012), Environmental Innovations, Local Networks and Internationalization, *Industry & Innovation* 19 (8): 697-734. doi.org/10.1080/13662716.2012.739782.
- Camagni, R, R Capello, (2013), Regional Innovation Patterns and the EU Regional Policy Reform: Toward Smart Innovation Policies, *Growth and Change* 44 (2): 355-89. doi.org/10.1111/grow.12012
- Capodaglio, A, Callegari, et M. Lopez, (2016), European Framework for the Diffusion of Biogas Uses: Emerging Technologies, Acceptance, Incentive Strategies, and Institutional-Regulatory Support, *Sustainability* 8 (4): 298. doi.org/10.3390/su8040298.
- Cappelli, R, Czarnitzki D, et K. Kraft, (2014), Sources of Spillovers for Imitation and Innovation, *Research Policy* 43 (1): 115-20. doi.org/10.1016/j.respol.2013.07.016.
- Carré D, Levratto N, (2011), Dynamique des territoires, agglomération et localisation des firmes. *Innovations* 35: 183-206.
- Carré, D, Levratto N, (2013), La croissance des établissements industriels : une question de localisation. *Région et Développement*, 38, 93-120.
- Carrillo-Hermosilla, J, González, P. Del Río, et T. Könnölä, (2009), “Eco-innovation: When Sustainability and Competitiveness Shake Hands ». Palgrave Macmillan, UK.
- Castellacci, F, (2008), Technological paradigms, regimes and trajectories : manufacturing and service industries in a new taxonomy of sectoral patterns of innovation. *Research Policy*, 37(6-7), 978–994.
- Cavaco, S., Crifo, P., et Guidoux, A, (2020), Corporate Social Responsibility and Governance: The Role of Executive Compensation. *Industrial Relations: A Journal of Economy and Society*, 59(2), 240 274. doi.org/10.1111/irel.12254

- Chase R, (1978): “Where does the Customer Fit in a Service Operation?” Harvard.
- Chevandier C, (2005), Les services : définir autrement que par défaut, *Le mouvement social*, 2005/2 (211):3-19.
- Cho, T., Shih, H., (2011), Patent citation network analysis of core and emerging technologies in Taiwan: 1997-2008. *Scientometrics*, 89(3), 795–811. doi.org/10.1007/s11192-011-0457-z
- Coenen L, Benneworth P, Truffer B., (2012), Toward a spatial perspective on sustainability transitions, *Research Policy*, 41:968–979. doi.org/10.1016/j.respol.2012.02.014
- Cohendet, P., P. Llerena, (1999), La conception de la firme comme processeur de connaissances, *Revue d'économie industrielle* 88 (1): 211-35. doi.org/10.3406/rei.1999.1751.
- Coll-Martínez, E, Kedjar M, et P. Renou-Maissant, (2022), (Green) Knowledge Spillovers and Regional Environmental Support: Do They Matter for the Entry of New Green Tech-Based Firms?, *The Annals of Regional Science* 69 (1): 119-61. doi.org/10.1007/s00168-022-01111-3.
- Coll-Martínez E., Orozco L., Labrousche G., et Nadel S., (2024), « Regional Determinants of Biogas Technologies Adoption: Evidence from France », *Papers in Regional Science*, doi.org/10.1016/j.pirs.2024.100007.
- Colombelli, A., F. Quatraro, (2019), Green Start-Ups and Local Knowledge Spillovers from Clean and Dirty Technologies, *Small Business Economics* 52:773-92. doi.org/10/ggffwp
- Colonna P., Fournier S, Touzard J.M., (2013), Food systems. In C. Esnouf, M. Russel, N. Bricas (Eds.), *Food System Sustainability*, Cambridge University Press, pp. 69-100.
- Commons, J. (1934), « Institutional economics: Its place in political economy ». New Brunswick, Transactions Publishers.
- Cooke, P, Asheim B, Boschma R, Martin R, Schwartz D, et F. Todtling, (2011), “Handbook of Regional Innovation and Growth”, Edward Elgar Publishing.
- Coombs, J. E., Gilley, K. M., (2005), Stakeholder management as a predictor of CEO compensation: Main effects and interactions with financial performance, *Strategic Management Journal*, 26(9), 827-840.
- Coombs, R, I. Miles, (2000), « Innovation, Measurement and Services: The New Problematique ». In *Innovation Systems in the Service Economy*, eds par J.Metcalf et I Miles, 18:85-103, Boston, Springer. doi.org/10.1007/978-1-4615-4425-8_5.
- Crifo, P., A. Rebérioux, (2016), Corporate governance and corporate social responsibility : A typology of OECD countries. *Journal of Governance and Regulation*, 5(2), 14-27. doi.org/10.22495/jgr_v5_i2_p2
- Crifo, P., Rebérioux, A, (2019), La participation des salariés. Du partage d'information à la codétermination, Les Presses de Sciences Po.
- Dalla Pria, Y. Vicente, J., (2006), Processus mimétiques et identité collective : gloire et déclin du “Silicon Sentier.” *Revue Française de Sociologie*, 47(2), 293–317.
- Darnall, N., Henriques, I. et P. Sadorsky, (2010), Adopting proactive environmental strategy: the influence of stakeholders and firm size, *Journal of Management Studies*, 47: 6, pp. 1072-1094.

- David, M, (2017), Moving beyond the heuristic of creative destruction: Targeting exnovation with policy mixes for energy transitions. *Energy Research & Social Science*, 33, 138-146. doi.org/10.1016/j.erss.2017.09.023
- De Marchi, V, R. Grandinetti, (2013), Knowledge Strategies for Environmental Innovations: The Case of Italian Manufacturing Firms, *Journal of Knowledge Management*,17(4): 569-82. doi.org/10.1108/JKM-03-2013-0121.
- De Marchi, V, (2012), Environmental Innovation and R&D Cooperation: Empirical Evidence from Spanish Manufacturing Firms, *Research Policy* 41(3): 614-23. doi.org/10.1016/j.respol.2011.10.002.
- De Noni, I, Ganzaroli A, et L. Orsi, (2017), The Impact of Intra- and Inter-Regional Knowledge Collaboration and Technological Variety on the Knowledge Productivity of European Regions, *Technological Forecasting and Social Change* 117:108-18. doi.org/10.1016/j.techfore.2017.01.003.
- Delmas, M, M. Toffel, (2008), Organizational Responses to Environmental Demands: Opening the Black Box, *Strategic Management Journal*, 29 (10): 1027-55. doi.org/10.1002/smj.701.
- Demirel P, Kesidou E, (2011), Stimulating different types of eco-innovation in the UK: government policies and firm motivations, *Ecological Economics*,70(8):1546-1557.
- Depret M. H., Hamdouch A, (2009), Quelles politiques de l'innovation et de l'environnement pour quelle dynamique d'innovation environnementale ? *Innovations*, 29, pp. 127-147.
- Dewey, J, (1995), La démocratie créatrice: la tâche qui nous attend, *Horizons philosophiques*, 5 (2): 41-48.
- DiMaggio, P., et Powell, W, (1983), The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields, *American Sociological Review*, 48(2), 147–160. doi.org/10.2307/2095101.
- Dixon-Fowler, H. R., Ellstrand A., et J. Johnson, (2017), The Role of Board Environmental Committees in Corporate Environmental Performance », *Journal of Business Ethics*, 140 (3): 423-38. doi.org/10.1007/s10551-015-2664-7.
- Dosi, G., Marengo, L., (1994), Some elements of an evolutionary theory of organizational competences. In *Evolutionary concepts in contemporary economics*. University Of Michigan Press, 157-178.
- Dosi, G., Nelson, R., (2010), "Technical change and industrial dynamics as evolutionary processes". In B. H. Hall & N. Rosenberg (Eds.), *Handbook of the Economics of Innovation*. 51–127. Elsevier B.V. doi.org/10.1016/S0169-7218(10)01003-8
- Endo, K, (2020), Corporate Governance beyond the Shareholder–Stakeholder Dichotomy: Lessons from Japanese Corporations' Environmental Performance. *Business Strategy and the Environment* 29 (4): 1625-33. doi.org/10.1002/bse.2457.
- Esparcia J, (2014), Innovation and networks in rural areas. An analysis from European innovative projects, *Journal of Rural Studies*, 34:1–14. doi.org/10/c6xm
- Faucheux S., Froger G, (1995), Decision-making under environmental uncertainty, *Ecological Economics*, 15:1, pp. 29-42.
- Favereau, O, (2019), « Rapport sur les modèles de gouvernance de l'entreprise : Évaluation et prospective des modèles actuels ». Rapport pour l'OIT (Organisation Internationale du Travail). Paris: OIT France.

- Feldman, M, et D. Kogler, (2010), « Stylized Facts in the Geography of Innovation ». In Handbook of the Economics of Innovation, 1:381-410. Elsevier.
- Fernández, E, Junquera, B, et M. Ordiz, (2003), Organizational Culture and Human Resources in the Environmental Issue: A Review of the Literature, *The International Journal of Human Resource Management* 14 (4): 634-56. doi.org/10.1080/0958519032000057628.
- Ferreras, I, Battilana J, et D. Méda, (2020), « Le manifeste travail: démocratiser, démarchandiser, dépolluer », Paris: Editions du Seuil.
- Ferreras, I., (2012), « Gouverner le capitalisme ? pour le bicamérisme économique », 1re édition. Paris: PUF.
- Ferru M., Levy R., (2016), « Ron Boschma : l'apport de la géographie à la compréhension des mécanismes d'innovation collective », eds Hussler C., Burger-Helmchen T., Cohendet P., *Les grands auteurs en management de l'innovation et de la créativité*, ed. EMS.
- Figge, F, Hahn T, Schaltegger S, et M. Wagner, (2002), The Sustainability Balanced Scorecard – Linking Sustainability Management to Business Strategy, *Business Strategy and the Environment* 11(5): 269-84. doi.org/10.1002/bse.339.
- Filippin, F., (2021), Do main paths reflect technological trajectories? Applying main path analysis to the semiconductor manufacturing industry. *Scientometrics*, 126(8), 6443–6477. doi.org/10.1007/s11192-021-04023-9
- Flammer, C, Hong B, et D. Minor, (2019), Corporate Governance and the Rise of Integrating Corporate Social Responsibility Criteria in Executive Compensation: Effectiveness and Implications for Firm Outcomes, *Strategic Management Journal*, 40 (7): 1097-1122. doi.org/10.1002/smj.3018.
- Fontana, R., Nuvolari, A., et B. Verspagen, (2009), Mapping technological trajectories as patent citation networks. An application to data communication standards, *Economics of Innovation and New Technology*, 18(4), 311–336. doi.org/10.1080/10438590801969073
- Foray D, David P, et B. Hall, (2009), “Smart specialisation: the concept”. In: Knowledge for Growth: Prospects for science, technology and innovation, Selected Papers from Research Commissioner Janez Potočnik's Expert Group, 19-24.
- Foster ST Jr, Sampson SE et S. Dunn, (2000), The impact of customer contact on environmental initiatives for service firms. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(2):187-203(17)
- Foxon, T., Andersen, M., (2009), “The greening of innovation systems for eco-innovation – towards an evolutionary climate mitigation policy” Paper presented at 2009 DRUID Conference, Copenhagen Business School, 17–19 June 2009
- Frenken, F, Van Oort F, et T. Verburg, (2007), Related Variety, Unrelated Variety and Regional Economic Growth, *Regional Studies*, 41(5): 685-97. doi.org/10.1080/00343400601120296.
- Gadrey J, (1996), « Services: la productivité en question », Desclée de Brouwer, Paris.
- Gadrey, J, (2020), « La crise écologique exige une révolution de l'économie des services », *Développement durable et territoires*, 112, doi.org/10.4000/developpementdurable.17472
- Galbreath, J, (2010), Corporate Governance Practices That Address Climate Change: An Exploratory Study, *Business Strategy and the Environment* 19 (5): 335-50. doi.org/10.1002/bse.648

- Galizzi G., Venturini L, (2008), “Nature and Determinants of Product Innovation in a Competitive Environment of Changing Vertical Relationships”. Handbook of Innovation of the Food and Drink Industry, pp. 51-79.
- Gallaud, D., Martin, M., Reboud, S., et C. Tanguy, (2012), La relation entre innovation environnementale et réglementation : une application au secteur agroalimentaire français. *Journal of Innovation Economics*, 37(1), 155–175.
- Galliano, D., Nadel, S, (2013), Les déterminants de l’adoption de l’éco-innovation selon le profil stratégique de la firme : le cas des firmes industrielles françaises. *Revue d’économie industrielle*, 142, 77–110.
- Galliano D., Nadel S, (2015), Firms’ Eco-Innovation Intensity and Sectoral System of Innovation: The Case of French Industry, *Industry and Innovation*, 22 (6): 467-95, doi.org/10.1080/13662716.2015.1066596.
- Galliano D., Nadel, S., (2016), « Les processus sectoriels de l’innovation environnementale : les cas des firmes agro-alimentaires françaises », *Economie rurale*, 356(6), p. 47- 67.
- Galliano D., Nadel S, (2018), Environmental Innovations and Firms’ Organizational Changes: What Kind of Complementarity? Evidence from French Industrial Firms, *Revue d’économie Industrielle*, 164, 37-71.//doi.org/10.4000/rei.7600.
- Galliano D., Nadel S., et Triboulet P., (2023), « The geography of environmental innovation : a rural/urban comparison, *Annals of Regional Science*, 71, p. 27–59. doi.org/10.1007/s00168-022-01149-3
- Galliano, D, Magrini M-B, et P. Triboulet, (2015), Marshall’s versus Jacobs’ Externalities in Firm Innovation Performance: The Case of French Industry, *Regional Studies*,49 (11): 1840-58. doi.org/10.1080/00343404.2014.950561.
- Garrone, P, Grilli L, et B. Mrkajic, (2018), The Role of Institutional Pressures in the Introduction of Energy-efficiency Innovations, *Business Strategy and the Environment* 27 (8): 1245-57. doi.org/10.1002/bse.2072.
- Geffen, C., Rothenberg, S., (2000), Suppliers and environmental innovation – the automotive paint process, *International Journal of Operations & Production Management* 20, 166–186.
- Geroski, P. A, (1991), Innovation and the Sectoral Sources of UK Productivity Growth, *The Economic Journal*, 101 (409): 1438. doi.org/10.2307/2234894.
- Ghisetti, C, Marzucchi A, et S. Montresor, (2015), The Open Eco-Innovation Mode. An Empirical Investigation of Eleven European Countries, *Research Policy* 44 (5): 1080-93. doi.org/10.1016/j.respol.2014.12.001.
- Ghisetti, C., F. Pontoni, (2015), Investigating Policy and R&D Effects on Environmental Innovation: A Meta-Analysis. *Ecological Economics* 118:57-66. doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.07.009.
- Glaeser E, Rosenthal S, W.Strang, (2010), Urban economics and entrepreneurship. *Journal of Urban Economics* 67:1–14.
- Godard, Olivier, (1990), Environnement, modes de coordination et systèmes de légitimité : analyse de la catégorie de patrimoine naturel, *Revue économique*, 41(2): 215-42, doi.org/10.3406/reco.1990.409208
- Golembiewski, B., Sick, N., et S. Bröring, (2015). Patterns of convergence within the emerging bioeconomy - The case of the agricultural and energy sector. *International*

- Journal of Innovation and Technology Management*,12(3).
doi.org/10.1142/S0219877015500121
- Gonçalves, A., Galliano, D., et P. Triboulet, (2022), Eco-innovations towards circular economy: evidence from cases studies of collective methanization in France. *European Planning Studies*, 30(7), 1230–1250.
doi.org/10.1080/09654313.2021.1902947
- Grillitsch, Markus, M. Nilsson, (2015), Innovation in Peripheral Regions: Do Collaborations Compensate for a Lack of Local Knowledge Spillovers?, *Annals of Regional Science*; 54 (1): 299-321. doi.org/10.1007/s00168-014-0655-8.
- Grolleau, G., Mzoughi, N., et, A. Thomas, (2007), What drives agrifood firms to register for an Environmental Management System? *European Review of Agricultural Economics*, 34(2), 233–255.
- Hahn, T., M. Scheermesser, (2006), Approaches to corporate sustainability among German companies. *Corporate social responsibility and environmental management* 13 (3): 150-65.
- Hansen, T., L. Coenen, (2015), The Geography of Sustainability Transitions: Review, Synthesis and Reflections on an Emergent Research Field. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 17:92-109.doi.org/10.1016/j.eist.2014.11.001.
- Hart, S., (1995), A Natural-Resource-Based View of the Firm, *The Academy of Management Review*, 20 (4): 986. doi.org/10.2307/258963
- Heckman, J. J., (1979), Sample selection bias as a specification error. *Econometrica: Journal of the econometric society*, 153-161. 47:1. https://doi.org/10.2307/1912352
- Hill P, (1977), On goods and services. *The Review of Income and Wealth*, 4, December, pp. 315-338.
- Horbach, J., (2008), Determinants of Environmental Innovation—New Evidence from German Panel Data Sources ». *Research Policy* 37 (1): 163-73.
doi.org/10.1016/j.respol.2007.08.006.
- Horbach, J., (2014), Do eco-innovations need specific regional characteristics? An econometric analysis for Germany. *Review of Regional Research* 34:1 (2014): 23–38.
- Horbach, J., (2016), Empirical determinants of eco-innovation in european countries using the community innovation survey. *Environ. Innov. Soc. Transit.* 19, 1–14.
doi.org/10.1016/j.eist.2015.09.005
- Horbach J., (2019), Determinants of eco-innovation at the firm level. In: Boons F, McMeekin A (eds) *Handbook of sustainable innovation*. Edward Elgar Publishing, pp. 60–77.
- Horbach, J., Rammer, C., et K. Rennings, (2012), Determinants of eco-innovations by type of environmental impact_The role of regulatory push-pull, technology push and market pull. *Ecological Economics*, 78, 112–122.
doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.04.005.
- Horbach, J, Oltra V, et J. Belin, (2013), Determinants and Specificities of Eco-Innovations Compared to Other Innovations—An Econometric Analysis for the French and German Industry Based on the Community Innovation Survey. *Industry & Innovation* 20 (6): 523-43. doi.org/10.1080/13662716.2013.833375.
- Horlings, L. G., et Marsden, T. K, (2011), Towards the real green revolution? Exploring the conceptual dimensions of a new ecological modernisation of agriculture that could “feed the world.” *Global Environmental Change*, 21(2), 441–452.

- Hummon, N. P., Dereian, P, (1989), Connectivity in a citation network: The development of DNA theory. *Social Networks*, 11(1), 39–63. doi.org/10.1016/0378-8733(89)90017-8
- Jacobs J, (1969), “The economy of cities”. Random House, New York.
- Jaffe, A., Newell, E., R. Stavins., (2002), Environmental Policy and Technological Change, *Environmental and Resource Economics*, 22, 41–69.
- Jaffe, A., Newell, E, et R. Stavins, (2005), A Tale of Two Market Failures: Technology and Environmental Policy, *Ecological Economics* 54 (2-3): 164-74. doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.12.027.
- Jolly, S., Hansen, T, (2022), Industry legitimacy: bright and dark phases in regional industry path development. *Regional Studies*, 56(4), 630–643. doi.org/10.1080/00343404.2020.1861236
- Karn, I, Mendiratta E, Fehre K, et J. Oehmichen, (2022), The Effect of Corporate Governance on Corporate Environmental Sustainability: A Multilevel Review and Research Agenda, *Business Strategy and the Environment* 32 (6): 2926-61. doi.org/10.1002/bse.3279.
- Kebir L, Crevoisier O, Pedro C, et V. Peyrache-Gadeau, (2017), “Sustainable Innovation and Regional Development : Rethinking Innovative Milieus”, Edward Elgar Publishing
- Ketata, I, Sofka W, et C. Grimpe, (2015), The Role of Internal Capabilities and Firms’ Environment for Sustainable Innovation: Evidence for Germany, *R&D Management* 45 (1): 60-75. doi.org/10.1111/radm.12052.
- Kim, M.-S., Kim, C, (2012), On A Patent Analysis Method for Technological Convergence. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 40, 657–663. doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.245
- Kirkels, A, (2014), Punctuated Continuity: The Technological Trajectory of Advanced Biomass Gasifiers, *Energy Policy*, 68:170-82. doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.036.
- Kirkels, A., Geert, et P. Verbong, (2011), Biomass Gasification: Still Promising? A 30-Year Global Overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 (1): 471-8, doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.046.
- Kirkels, A, (2016), Biomass Boom or Bubble? A Longitudinal Study on Expectation Dynamics, *Technological Forecasting and Social Change* 103 :83-96. doi.org/10.1016/j.techfore.2015.11.013.
- Kobarg, S, Stumpf-Wollersheim J, Schlägel C, et I. Welp, (2020), Green Together? The Effects of Companies’ Innovation Collaboration with Different Partner Types on Ecological Process and Product Innovation. *Industry and Innovation* 27 (9): 953-90. doi.org/10.1080/13662716.2020.1713733.
- Kriechbaum, M., Terler, N., Stürmer, B., et T. Stern, (2023), (Re)framing technology: The evolution from biogas to biomethane in Austria. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 47, 100724. doi.org/10.1016/j.eist.2023.100724
- Kriechbaum, M., Posch A., et A Hauswiesner, (2021), Hype Cycles during Socio-Technical Transitions: The Dynamics of Collective Expectations about Renewable Energy in Germany. *Research Policy* 50 (9): 104262. doi.org/10.1016/j.respol.2021.104262.

- Labarthe, P, (2005), Trajectoires d'innovation des services et inertie institutionnelle : dynamique du conseil dans trois agricultures européennes. *Géographie, économie, société*, 7(3), 289–311.
- Lafaye, C, L. Thevenot, (1993), Une justification écologique ? : Conflits dans l'aménagement de la nature. *Revue Française de Sociologie* 34 (4): 495. doi.org/10.2307/3321928.
- Lin B, Zhang G, (2017), Energy efficiency of Chinese service sector and its regional differences, *Journal of Cleaner Production*. 168 (2017): 614-625.
- Linares, I. P., De Paulo, A. et G. Porto, (2019), Patent-based network analysis to understand technological innovation pathways and trends, *Technology in Society*, 59, 101134. doi.org/10.1016/j.techsoc.2019.04.010
- Lorentzen, A, (2007), The Geography of Knowledge Sourcing—A Case Study of Polish Manufacturing Enterprises. *European Planning Studies* 15 (4): 467-86. doi.org/10.1080/09654310601133252.
- Losacker, S., Hansmeier H, Horbach J, et I. Liefner (2023), 'The geography of environmental innovation: a critical review and agenda for future research,' *Review of Regional Research*, 43(2), 291–316.
- Magrini, M-B, D. Galliano, (2012), Agglomeration Economies, Firms' Spatial Organization and Innovation Performance: Some Evidence from the French Industry. *Industry & Innovation* 19 (7): 607-30. doi.org/10.1080/13662716.2012.726809.
- Malerba, F, (2005), Sectoral Systems of Innovation: A Framework for Linking Innovation to the Knowledge Base, Structure and Dynamics of Sectors », *Economics of Innovation and New Technology* 14 (1-2): 63-82. doi.org/10.1080/1043859042000228688.
- Malerba, F, (2006). Innovation and the evolution of industries. *Journal of Evolutionary Economics*, 16(1–2), 3–23. doi.org/10.1007/s00191-005-0005-1
- Manseri, R. (2023). *Les représentants des salariés au conseil d'administration en France. Des administrateurs comme les autres ?* [Thèse de doctorat, Université Paris Cité].
- Marcus, A., Anderson, M, (2006), A general dynamic capability: Does it propagate business and social competencies in the retail food industry? *Journal of Management Studies*, 43(1), 19-46.
- Marshall A, (1890), "Principles of economics". Macmillan and Company, London.
- Mazzanti, M., Modica, M., et A.Rampa, (2021), The biogas dilemma: An analysis on the social approval of large new plants. *Waste Management*, 133, 10–18. doi.org/10.1016/J.WASMAN.2021.07.026
- Mazzanti, M, R. Zoboli, (2008), Complementarities, firm strategies and environmental innovations: empirical evidence for a district based manufacturing system, *Environmental Sciences* 5 (1): 17-40. doi.org/10.1080/15693430701859638.
- McCann, P, R. Ortega-Argilés, (2015), Smart Specialization, Regional Growth and Applications to European Union Cohesion Policy, *Regional Studies* 49 (8): 1291-1302. doi.org/10.1080/00343404.2013.799769.
- Melander, L, A. Pazirandeh, (2019), Collaboration beyond the Supply Network for Green Innovation: Insight from 11 Cases, *Supply Chain Management: An International Journal* 24 (4): 509-23. doi.org/10.1108/SCM-08-2018-0285.

- Melander, L, (2018), Customer and Supplier Collaboration in Green Product Innovation: External and Internal Capabilities. *Business Strategy and the Environment* 27 (6): 677-93. doi.org/10.1002/bse.2024.
- Merlin-Brogniart, C., Nadel. S., (2021), « Specificities of environmental innovation dynamics in service firms: The French case », *Journal of Evolutionary Economics*, 31(2), p. 451-473 31 (2), doi.org/10.1007/s00191-020-00707-2.
- Michelon, G, A. Parbonetti, (2012), The effect of corporate governance on sustainability disclosure, *Journal of management & governance* 16:477-509.
- Migueluez, E, R. Moreno, (2018), Relatedness, External Linkages and Regional Innovation in Europe, *Regional Studies* 52 (5): 688-701. doi.org/10.1080/00343404.2017.1360478.
- Mongo M, (2013), Les déterminants de l'innovation : une analyse comparative service / industrie à partir des formes d'innovation développées. *Revue d'économie industrielle*, 143: 71-108.
- Montresor, S, F. Quatraro, (2017), Regional Branching and Key Enabling Technologies: Evidence from European Patent Data, *Economic Geography* 93 (4): 367-96. doi.org/10.1080/00130095.2017.1326810.
- Montresor, S, F. Quatraro, (2020), Green Technologies and Smart Specialisation Strategies: A European Patent-Based Analysis of the Intertwining of Technological Relatedness and Key Enabling Technologies, *Regional Studies* 54 (10): 1354-65. doi.org/10.1080/00343404.2019.1648784.
- Muscio, A, Nardone G, et A. Stasi, (2017), How Does the Search for Knowledge Drive Firms' Eco-Innovation? Evidence from the Wine Industry, *Industry and Innovation* 24 (3): 298-320. doi.org/10.1080/13662716.2016.1224707.
- Nadel S, (2014), « Changements organisationnels, structures industrielles et innovations environnementales : le cas des firmes industrielles françaises », Thèse de doctorat.
- Nadel, S., Galliano D., et L. Orozco, (2016), Adoption of Environmental Management Systems and Organizational Change: The case of the French industrial firms, *Journal of Innovation Economics & Management*, 21(3) :109-132 doi.org/10.3917/jie.021.0109
- Naldi L, Nilsson P, Westlund H, et S. Wixe, (2015), What is smart rural development? *Journal of Rural Studies* 40:90–101. doi.org/10/f3nb4z
- Neffke F, Henning M, et R. Boschma, (2011), How Do Regions Diversify over Time? Industry Relatedness and the Development of New Growth Paths in Regions, *Economic Geography* 87:237–265.
- Nelson, R., Winter, S., (1982), An Evolutionary Theory of Economic Change. *Belknap Press/Harvard University Press*.
- Nessi H, Le Néchet F, et L. Terral, (2016), Changement de regard sur le périurbain, quelles marges de manœuvre en matière de durabilité ? *Géographie Économie Société* 18:15–33. doi.org/10.3166/ges.18.15-33
- Nesta, L, (2008), Knowledge and productivity in the world's largest manufacturing corporations. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 67(3–4), 886–902. doi.org/10.1016/j.jebo.2007.08.006
- Nesta, L., Saviotti, P, (2006), Firm knowledge and market value in biotechnology. *Industrial and Corporate Change*, 15(4), 625–652. doi.org/10.1093/ICC/DTL007

- Nevezorova, T., Karakaya, E, (2020), Explaining the drivers of technological innovation systems: The case of biogas technologies in mature markets, *Journal of Cleaner Production*, 259(20), 120819. doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120819
- Niang, A., Torre, A., et S. Bourdin, (2022), Territorial governance and actors' coordination in a local project of anaerobic digestion. A social network analysis. *European Planning Studies*, 30(7), 1251–1270. doi.org/10.1080/09654313.2021.1891208
- No, H. J., Park, Y, (2010), Trajectory patterns of technology fusion: Trend analysis and taxonomical grouping in nanobiotechnology. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(1), 63–75. doi.org/10.1016/j.techfore.2009.06.006
- Normann, H, Tellmann S, (2021), Trade Unions' Interpretation of a Just Transition in a Fossil Fuel Economy, *Environmental Innovation and Societal Transitions* 40 :421-34. doi.org/10.1016/j.eist.2021.09.007.
- Oliver, C, (1991), Strategic Responses to Institutional Processes », *The Academy of Management Review* 16(1): 145. doi.org/10.2307/258610.
- Orsatti, G, Quatraro F, et M. Pezzoni, (2020), The Antecedents of Green Technologies: The Role of Team-Level Recombinant Capabilities, *Research Policy* 49 (3): 103919. doi.org/10.1016/j.respol.2019.103919.
- Pavitt, K, (1984), Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory, *Research Policy*, 13, 343–373.
- Pei, Yu, Zhu Y, Liu S., et M. Xie, (2021), Industrial Agglomeration and Environmental Pollution: Based on the Specialized and Diversified Agglomeration in the Yangtze River Delta, *Environment, Development and Sustainability* 23 (3): 4061-85. doi.org/10/gjsxj4.
- Pekovic, S, Grolleau G, et N. Mzoughi, (2018), Environmental investments: Too much of a good thing?, *International Journal of Production Economics* 197:297-302. doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.01.012.
- Peters, G, A. Romi, (2014), Does the Voluntary Adoption of Corporate Governance Mechanisms Improve Environmental Risk Disclosures? Evidence from Greenhouse Gas Emission Accounting, *Journal of Business Ethics* 125 (4): 637-66. doi.org/10.1007/s10551-013-1886-9.
- Phung, G, Hai Hong T, Nguyen T, et V Trinh, (2023), Top-management Compensation and Environmental Innovation Strategy, *Business Strategy and the Environment* 32 (4): 1634-49. doi.org/10.1002/bse.3209.
- Piaggio M, Alcantara V, Padilla E, (2014), The materiality of the immaterial Service sectors and CO2 emissions in Uruguay, *Ecological Economics*, 110:1–10.
- Porter M, Van Der Linde C, (1995), Towards a new conception of environment-competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives*. 9:97-118.
- Preuss, L, (2008), A reluctant stakeholder? On the perception of corporate social responsibility among European trade unions, *Business Ethics: A European Review* 17 (2): 149-60.
- Quatraro, F, (2010), Knowledge coherence, variety and economic growth: Manufacturing evidence from Italian regions, *Research Policy*, 39(10), 1289–1302. doi.org/10.1016/j.respol.2010.09.005
- Radu, C, N. Smaili, (2022), Alignment Versus Monitoring: An Examination of the Effect of the CSR Committee and CSR-Linked Executive Compensation on CSR

- Performance, *Journal of Business Ethics* 180 (1): 145-63. doi.org/10.1007/s10551-021-04904-2.
- Rama R., Von Tunzelmann N., (2008), “Empirical Studies of Innovation in the Food and Drink Industry”. Handbook of Innovation of the Food and Drink Industry, pp. 13-49.
- Rennings, K, (2000), Redefining Innovation — Eco-Innovation Research and the Contribution from Ecological Economics, *Ecological Economics* 32 (2): 319-32. doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00112-3.
- Rupley, K. H., Brown, D., et R. Marshall, (2012), Governance, media and the quality of environmental disclosure, *Journal of Accounting and Public Policy*, 31(6), 610-640.
- Salem, A, Shawtari F, Mohd F, et H. Hussain, (2018), The Consequences of Integrating Stakeholder Engagement in Sustainable Development (Environmental Perspectives), *Sustainable Development* 26 (3): 255-68. doi.org/10.1002/sd.1699.
- Sanchez-Sellero, P., Bataineh, M. J., (2021), How R&D cooperation, R&D expenditures, public funds and R&D intensity affect green innovation? *Technology Analysis & Strategic Management*, 34(9), 1095–1108. doi.org/10.1080/09537325.2021.1947490
- Santoalha, A, (2019), Technological Diversification and Smart Specialisation: The Role of Cooperation, *Regional Studies* 53 (9): 1269-83. doi.org/10.1080/00343404.2018.1530753.
- Sarkar, J., (1998), Technological Diffusion: Alternative Theories and Historical Evidence, *Journal of Economic Surveys*, 12(2), 131–176.
- Shao S, Zhang K et J. Dou, (2019), Effects of economic agglomeration on energy saving and emission reduction: theory and empirical evidence from China, *Manag World* 35(02):24–42
- Sharma, S., Vredenburg, H., (1998), Proactive corporate environmental strategy and the development of competitively valuable organizational capabilities, *Strategic management journal*, 19(8), 729-753. doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199808)19:8
- Shearmur, R, Doloreux D, (2016), How Open Innovation Processes Vary between Urban and Remote Environments: Slow Innovators, Market-Sourced Information and Frequency of Interaction, *Entrepreneurship & Regional Development* 28 (5-6): 337-57. doi.org/10.1080/08985626.2016.1154984.
- Shostack L. (1977), Breaking Free From Product Marketing, *Journal of Marketing*, 41(2). doi.org/10.1177/002224297704100.
- Shrivastava P, (1995) The role of corporations in achieving ecological sustainability, *Academy of Management Review*, 20(4):936-960. doi.org/10.2307/258961
- Siedschlag, I, W. Yan, (2021), Firms’ Green Investments: What Factors Matter?, *Journal of Cleaner Production* 310 :127554. doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127554.
- Simon, H. A., (1955), A behavioral model of rational choice. *Quarterly Journal of Economics*, 6: 99–118.
- Stolpe, M, (2002), Determinants of knowledge diffusion as evidenced in patent data: The case of liquid crystal display technology, *Research Policy*, 31(7), 1181–1198. doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00192-5
- Suh S, (2006), Are services better for climate change?, *Environmental Science and Technology*, 40(21): 6555–6560.

- Suire, R., Vicente, J., (2009), Why do some places succeed when others decline? A social interaction model of cluster viability. *Journal of Economic Geography*, 9(3), 381–404.
- Tate, L, Ellram M, et K. Dooley, (2014), The Impact of Transaction Costs and Institutional Pressure on Supplier Environmental Practices, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 44 (5): 353-72. doi.org/10.1108/IJPDLM-12-2012-0356.
- Teece, D. (2010). Technological innovation and the theory of the firm: the role of enterprise-level knowledge, complementarities, and (dynamic) capabilities. In *Handbook of the Economics of Innovation*. B. Hall and N. Rosenberg (Eds), 679–730.
- Temri, L., (2011), Innovations technologiques environnementales dans les petites entreprises : proposition d'un modèle d'analyse. *Innovations*, 34, 11. doi:10.3917/inno.034.0011
- Torre, A, Wallet, F, (2014), “Regional Development and Proximity Relations”. Edward Elgar.
- Touzard, J.-M., Temple, L., Faure, G., et B. Triomphe, (2014), Systèmes d'innovation et communautés de connaissances dans le secteur agricole et agroalimentaire. *Innovations*, 43(1), 13. doi:10.3917/inno.043.0013
- Trot P, (2012), “Innovation management and new product development”, 5th ed Pearson education, Essex, England.
- Vanloqueren, G., Baret, P, (2009), How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. *Research Policy*, 38(6), 971–983.
- Verspagen, B, (2007), Mapping technological trajectories as patent citation networks: A study on the history of fuel cell research, *Advances in Complex Systems*, 10(1), 93–115. doi.org/10.1142/S0219525907000945
- Vicente, J., Suire, R., (2007), Informational Cascades versus Network Externalities in Locational Choice: Evidence of ‘ICT Clusters’ Formation and Stability. *Regional Studies*, 41(2), 173–184. doi.org/10.1080/00343400601108424
- Von Tunzelmann N., Acha V, (2005), « Innovation in «low-tech» industries”. In Fagerberg J., Mowery D., Nelson R. (eds), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, NY., pp. 407-432.
- Wagner, M., Llerena, P, (2011), Eco-innovation through integration, regulation and cooperation: Comparative insights from case studies in three manufacturing sectors, *Industry and Innovation*, 18(8), 747-764.
- Walls, J., Berrone P, et P. Phan, (2012), Corporate Governance and Environmental Performance: Is There Really a Link?, *Strategic Management Journal* 33(8): 885-913. doi.org/10.1002/smj.1952
- Wang, L., Jiang, S., et S. Zhang, (2020), Mapping technological trajectories and exploring knowledge sources: A case study of 3D printing technologies, *Technological Forecasting and Social Change*, 161, 120251. doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120251
- Wilkinson, J, (2002), The final foods industry and the changing face of the global agro-food system, *Sociologia Ruralis*, 42(4), 329–346.
- Zhang W, Peng S, et C. Sun, (2015), CO2 emissions in the global supply chains of services: an analysis based on a multi-regional input-output model, *Energy Policy*, 86: 93-103.