

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur : ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite de ce travail expose à des poursuites pénales.

Contact : portail-publi@ut-capitole.fr

LIENS

Code la Propriété Intellectuelle – Articles L. 122-4 et L. 335-1 à L. 335-10

Loi n°92-597 du 1^{er} juillet 1992, publiée au *Journal Officiel* du 2 juillet 1992

<http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg-droi.php>

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par *L'Université Toulouse 1 Capitole*
Discipline ou spécialité : *Sciences Economiques*

Présentée et soutenue par *Simon NADEL*
Le 5 décembre 2014

Titre : *Changements Organisationnels, Structures Industrielles et Innovations
Environnementales
Le cas des firmes industrielles françaises*

JURY

Monsieur Olivier Brossard
Professeur à l'Institut d'Etudes Politiques de Toulouse

Madame Danielle Galliano
Directrice de Recherche à l'INRA Toulouse, Directrice de thèse

Madame Nathalie Lazaric
Directrice de Recherche au CNRS à l'Université de Nice Sophia Antipolis

Monsieur Patrick Llerena
Professeur à l'Université Louis Pasteur, Strasbourg, Rapporteur

Monsieur Philippe Moati
Professeur à l'Université Paris Diderot, Rapporteur

Ecole doctorale : *Temps, Espace, Sociétés, Cultures (TESC)*
Unité de recherche : *LEREPS*
Directeur(s) de Thèse : *Madame Danielle Galliano*

« L'Université n'entend donner aucune approbation ni aucune improbation aux opinions émises dans les thèses. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs »

Remerciements

Je souhaiterais avant tout remercier Danielle Galliano, qui a dirigé cette thèse avec rigueur et exigence. Son goût pour la recherche, son soutien sans faille, le temps et la confiance qu'elle m'a accordés m'ont été extrêmement précieux. Sa façon d'appréhender la science économique et sa cohérence intellectuelle constituent pour moi un modèle auquel j'espère rester fidèle.

Je tiens également à remercier Patrick Llerena et Philippe Moati d'avoir accepté d'être rapporteurs de cette thèse et Nathalie Lazaric et Olivier Brossard d'avoir accepté de faire partie de ce jury.

Je souhaite exprimer ma gratitude envers Emmanuel Kessous, Christian Du Tertre ainsi que Nicole Azoulay pour m'avoir soutenu et encouragé à poursuivre ma recherche engagée en Master.

Mes remerciements s'adressent également à l'ensemble des membres du LEREPS, pour les conditions de travail dont j'ai pu bénéficier durant ces années de thèse. Merci en particulier à Gabriel Colletis, François Fall, Med Kechidi, Aris Kephaliacos, Rachel Lévy, Alexandre Minda et Stefano Ugolini.

Un grand merci à mes camarades doctorants du LEREPS : Liliana, Tiago, Susanna, Amélie, Achille, Tam, Bertrand, Xavier, Pierre-Alex, Geoffrey, Tristan, Héloïse, Bastien, Joan, Tania, Louis et Inès.

Merci aux membres de l'équipe de l'INRA-AGIR, Marie-Benoît Magrini, Yaël Kouzmine, Pierre Triboulet et Eric Cahuzac pour leurs conseils précieux ainsi qu'à Célia, Germain, Julie, Pauline, Olivier, Alexandre et Thierry.

Je tiens à exprimer ma gratitude envers Geoffroy Labrousse et Luis Orozco, pour leur patience, leur générosité et le temps qu'ils m'ont accordé au cours de ces années de thèse, ainsi qu'à Catherine Baron, Jérôme Vicente et Gaël Plumecocq pour leurs remarques et critiques pertinentes.

Cette réflexion n'aurait pu aboutir sans le soutien de mes amis. Merci à Romain,

Ugo, Julien, Xavier, Cécile, Romain, Vincent, Carine, Ludivine, Aymeric et les deux Étienne de m'avoir accompagné et supporté au cours de cette thèse.

Enfin, merci à mes parents, mes frères et sœurs, à Marie et François, pour leurs encouragements, leur confiance et leur soutien de tous les instants qu'ils m'ont accordés.

Sommaire

Introduction générale	6
Chapitre I. L'analyse économique de l'innovation environnementale	19
Chapitre II. Les déterminants de l'innovation environnementale : une analyse micro-économique	71
Chapitre III. Changements organisationnels et innovations environnementales	111
Chapitre IV. Structures industrielles et innovations environnementales	165
Conclusion générale	203
Bibliographie	207

Introduction générale

« Transformer l'économie en vue d'une utilisation plus efficace des ressources permettra de renforcer la compétitivité et de dégager de nouvelles sources de croissance et d'emploi grâce à des économies résultant de l'amélioration de l'efficacité, de la commercialisation de solutions novatrices et d'une meilleure gestion des ressources sur l'ensemble de leur cycle de vie »,
Feuille de route pour une Europe efficace dans l'utilisation des ressources,
Commission Européenne (2011).

En janvier 2014, l'Union Européenne a fixé un nouvel objectif de réduction des émissions de CO₂ à moins 40 % de son niveau de 1990. Une telle responsabilité repose en grande partie sur les firmes des secteurs industriels et sur leurs capacités à développer des innovations destinées à réduire ce niveau d'émissions (EEA, 2013; Gilli et al., 2014; Marin et Mazzanti, 2013). Si praticiens, politiques et chercheurs s'accordent sur l'importance des processus d'innovation pour atteindre cet objectif, de nombreuses interrogations subsistent sur les mécanismes microéconomiques permettant la mise en œuvre d'une dynamique d'adoption d'innovations environnementales (ou éco-innovations¹) par les firmes industrielles européennes.

La littérature économique offre deux approches de la relation entre performance économique et performance environnementale (Carillo-Hermosilla et al., 2009). La première vision néoclassique est celle d'un *trade-off* entre performance environnementale et compétitivité (Palmer et al., 1995; Wagner et Schaltegger, 2003). Dans ce paradigme, une réglementation environnementale doit maximiser le bien-être social, en corrigeant la défaillance de marché issue de l'externalité environnementale négative générée par les firmes polluantes. Les politiques environnementales ont un impact négatif sur la compétitivité, en imposant des coûts additionnels à ces firmes polluantes. La littérature met en évidence que les firmes réagissent à ces

¹ Ces deux termes ont le même sens et seront utilisés indifféremment dans la suite de cette thèse.

règlementations en adoptant des innovations incrémentales de type « *end of pipe* », correspondant à un contrôle de la pollution *ex post* (Faucheux et Nicolai, 1998; Rehfeld et al., 2007). La seconde conception du lien entre la performance économique et la performance environnementale découle de l'hypothèse de Porter (Porter 1991 ; Porter et van der Linde, 1995a, 1995b). Cette seconde approche assigne un rôle central à l'innovation et au changement technique. Dans une perspective dynamique, l'adoption d'innovations environnementales peut conduire à une réduction des coûts de production, à travers une hausse de l'efficacité, de la productivité, et l'émergence de nouvelles opportunités de marché (Porter et van der Linde, 1995a, 1995b; Porter, 1991; Shrivastava, 1995; Sinclair-Desgagné, 1999). Selon l'hypothèse de Porter, une réglementation environnementale stricte force les firmes polluantes à rechercher des innovations environnementales destinées à réduire les coûts de dépollution, et donc de production. Ainsi, en améliorant leur compétitivité, il en résulte une relation positive entre performance environnementale et performance économique des firmes. La discussion théorique autour de l'innovation environnementale est orientée par ces deux approches. Or, si elles diffèrent quant à l'analyse du lien entre performance environnementale et performance économique, elles considèrent chacune la firme comme un agent qui adopte mécaniquement des innovations environnementales en fonction du type de réglementation (taxe, normes, marché de droits à polluer...) et de son degré de sévérité (Rennings, 2000).

La question de l'innovation environnementale se situe donc, dans la littérature, au croisement des enjeux environnementaux et de compétitivité (Cainelli et al., 2012; de Marchi, 2012; Horbach, 2008). L'innovation environnementale constitue l'élément microéconomique de la « croissance verte » qui, à l'échelle macroéconomique, est censée allier croissance économique et baisse des impacts environnementaux (Commission Européenne, 2011; Ministère de l'Ecologie du Développement Durable et de l'Energie, 2010; OCDE, 2010). Notre objectif est d'avancer dans la compréhension de ces mécanismes micro-économiques qui favorisent (ou défavorisent) le comportement éco-innovateur des firmes industrielles françaises.

Notre acception de l'innovation environnementale (ou éco-innovation) au cours de cette thèse est la suivante. En prenant appui sur la littérature, on définira 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 (cf. notamment Arundel et al., 2007; Horbach, 2008). Elle se distingue, selon nous, de l'innovation *standard*², 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. Ainsi, l'éco-innovation s'appuie nécessairement sur un *produit*, une *technologie*, ou un *dispositif organisationnel*. Sur le plan analytique, elle doit donc être appréhendée comme une innovation *creatio ex materia*, c'est-à-dire s'adossant sur un substrat préexistant.

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 incertain du processus d'adoption d'innovations environnementales (Faucheux et 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.

A cette double spécificité de l'innovation environnementale correspondent les deux axes de notre recherche : les processus intra-organisationnels d'une part, et les structures industrielles qui portent la firme, d'autre part, dans l'analyse des processus d'innovations environnementales.

² 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.

Notre première question de recherche portera sur les processus intra-organisationnels associés au développement d'éco-innovations par les firmes.

En prenant en considération le fait que l'innovation environnementale n'existe pas *per se* et doit nécessairement s'appuyer sur une technologie ou un dispositif organisationnel, le développement d'innovations environnementales se révèle être fortement associé aux changements dans l'organisation de la firme ; ceci dans ces différentes dimensions que ce soit au niveau de l'organisation de la production, de celle des structures de décisions et d'organisation du travail mais aussi des modes de coordination avec les partenaires externes. Cette analyse des changements organisationnels a largement été étudiée quant à son interaction avec l'adoption et la diffusion des nouvelles technologies. Dans ces travaux, l'évolution technologique est souvent associée à une évolution des structures organisationnelles, marquée par le passage d'un mode de production de masse standardisé à des firmes multi-produits plus flexibles (Chandler, 1962; Aoki, 1986; Milgrom et Roberts, 1990). Parallèlement, si littérature a également fortement étudié les enjeux portant sur l'insertion du développement durable au sein des entreprises, notamment à travers la question de la Responsabilité Sociale des Entreprises (RSE, Capron et Quairel-Lanoizelée, 2010; Nadel, 2013) ou celle des changements purement techniques (approche techniciste de l'innovation environnementale dans les procédés et produits, Horbach, 2008), l'analyse des différents déterminants à la base du développement des innovations environnementales, et des implications de celles-ci sur les modes de produire, est peu traitée.

Dans ce cadre, l'analyse et la compréhension des processus d'innovations environnementales nécessitent de prendre en compte ces formes d'interactions qui se nouent, dans le processus d'adoption, avec les changements dans l'organisation de la firme. D'un point de vue analytique, cela implique notamment que l'étude des processus de complémentarité (Milgrom et Roberts, 1990, 1995) entre adoptions de pratiques technologiques et organisationnelles, mis en évidence par la littérature dans les processus d'innovation *standard* (Arora, 1996; Athey et Stern, 1998; Bocquet et al., 2007), soit développée dans le cas de l'innovation environnementale. L'approche

évolutionniste considère les transformations organisationnelles comme résultant de processus d'adaptation associés aux trajectoires technologiques des firmes (Nelson et Winter, 1982). Dans ce cadre, il s'agit d'étudier l'interaction entre les changements organisationnels et la mise en œuvre d'innovations environnementales dans une conception selon laquelle les dynamiques d'adoption d'innovations environnementales sont complémentaires avec des processus d'apprentissage et de créations de « *green dynamic capabilities* » (Chen et Chang, 2013).

Notre seconde question de recherche portera sur les liens interactifs entre les firmes et les structures industrielles qui gouvernent le comportement d'adoption et de diffusion d'éco-innovations.

Concernant la seconde spécificité de l'innovation environnementale, l'idée est que la « valeur environnementale » (Lafaye et al., 2000), qu'implique l'externalité environnementale générée par l'éco-innovation, est porteuse d'incertitude (Faucheux et Froger, 1995). En effet, l'introduction de la question environnementale marque le passage, dans les processus de décision, d'un univers stabilisé à un univers controversé (Godard, 1993; Godard et Salles, 1991), dans le sens où celle-ci implique que les « *évaluations économiques mises en avant dans les processus de légitimation, à la différence des prix de marché, ne sont pas directement les composantes actives d'un processus de coordination* » (Godard, 1990).

Le passage à un univers controversé entraîne des « *troubles de légitimité* » (Godard, 1990; Lafaye et Thévenot, 1993), c'est-à-dire des troubles dans les processus de décision et de coordination des agents. Nous supposons dans cette thèse que les processus d'innovations environnementales sont fortement dépendants des relations/interactions entre la firme et son environnement externe. Une telle interaction est d'autant plus significative que, par définition, l'innovation environnementale s'appuie sur des produits et des dispositifs et donc sur des structures industrielles et des conditions technologiques propres à chaque secteur. C'est pourquoi au cours de cette thèse on s'intéressera aux différentes formes d'interaction entre les firmes et leurs

structures industrielles dans l'analyse des processus d'innovations environnementales. Nous tiendrons compte de la dimension règlementaire, mais aussi du rôle des dimensions marchandes, spatiales, informationnelles des structures industrielles qui portent les firmes, dans la compréhension du comportement microéconomique d'adoption d'innovations environnementales. Nous mobilisons en particulier les approches en termes de Systèmes Sectoriels d'Innovation (SSI, Malerba, 2002, 2005) qui permettent d'appréhender la dimension systémique des processus d'innovations environnementales et les dynamiques d'interaction entre la firme et ses structures industrielles. De plus, on fait l'hypothèse que l'incertitude, issue du fait que l'innovation environnementale soit porteuse d'une « valeur environnementale », va aussi affecter les processus de diffusion de l'innovation environnementale, en particulier parmi les firmes d'un même secteur. Elle active de manière spécifique les mécanismes de type épidémiques (Mansfield, 1968) et les processus d'isomorphisme institutionnel (DiMaggio et Powell, 1983) dans le comportement des firmes en matière de performance environnementale.

L'objectif principal de notre thèse est donc d'approfondir l'analyse des déterminants microéconomiques de l'adoption d'innovations environnementales et de ses liens avec les changements organisationnels et les structures industrielles. Nous mettons en lumière que l'adoption par la firme d'innovations environnementales est associée à des logiques intra-organisationnelles et à des forces provenant de son environnement externe.

La thèse peut être ainsi énoncée de la manière suivante. Les processus d'innovations environnementales, dans leur composante micro-économique, reposent de manière fondamentale, du fait de la double spécificité de l'innovation environnementale, sur une combinaison de logiques internes, associées à l'organisation interne la firme, et de logiques externes, dépendantes des structures industrielles dans lesquelles elle est insérée. L'analyse micro-économique de l'innovation environnementale doit alors prendre appui, d'une part, sur l'analyse des processus de complémentarités qui se jouent au niveau intra-organisationnel et, d'autre part, sur celle

des processus d'interaction, voire de coévolution, entre la firme et son environnement externe.

La thèse est organisée en quatre chapitres. Une revue de la littérature de l'analyse microéconomique de l'innovation environnementale nous permet d'établir les principales propositions et outils conceptuels et empiriques que nous mettrons en œuvre par la suite (**Chapitre I**). Les trois chapitres suivants développent les éléments empiriques de notre recherche. Ainsi, le deuxième chapitre propose une première analyse empirique des déterminants microéconomiques de l'adoption d'innovations environnementales (**Chapitre II**). Le troisième chapitre étudie le lien entre innovations environnementales et organisation de la firme. Il met en lumière les complémentarités entre les différentes formes d'innovations (environnementales, techniques et organisationnelles) puis s'intéresse aux innovations environnementales organisationnelles (**Chapitre III**). Enfin, le quatrième chapitre étudie la coévolution entre les systèmes sectoriels d'innovation et les comportements microéconomiques d'adoption d'innovations environnementales (**Chapitre IV**).

Chapitre I. La revue de la littérature économique couvrant le champ de l'analyse de l'innovation environnementale, qui constitue la première section, nous permet dans un second temps d'établir les bases théoriques de l'innovation environnementale et de ses liens avec les changements organisationnels et les structures industrielles. Ainsi, dans la première partie du chapitre, on observe qu'il existe deux séries de travaux au sein de la littérature qui visent à étudier l'innovation environnementale : ceux issus du champ de l'économie de l'environnement et ceux portés par l'économie de l'innovation. En raison des fondements théoriques de l'économie de l'environnement (Pigou, 1920; Cornes et Sandler, 1986), une première catégorie de travaux va s'intéresser particulièrement à mettre en lumière des facteurs réglementaires incitant les firmes à éco-innover (Porte et van der Linde, 1995a, 1995b; Jaffe et Palmer, 1997; Johnstone et al., 2009, Lanoie et al., 2009). Puis, les économistes de l'innovation, sous l'influence de l'article séminal de Rennings (2000), vont tendre à établir un triptyque de facteurs offre-demande-règlementation qui va devenir le cadre

conceptuel dominant des travaux portant sur l'innovation environnementale (Horbach et al., 2012, 2013; Cuerva et al., 2014). Sur cette base, la seconde partie du chapitre expose un cadre d'analyse intégrateur de l'innovation environnementale. Après avoir défini l'innovation environnementale et sa spécificité, nous proposerons des éléments théoriques permettant l'analyse des processus d'innovation environnementale et de leurs liens avec les changements organisationnels d'une part, avec les structures industrielles d'autre part.

Chapitre II. Ce chapitre propose une analyse empirique du comportement éco-innovateur des firmes industrielles françaises. Dans une première étape, nous étudions les déterminants microéconomiques de l'adoption des innovations environnementales des firmes industrielles françaises entre 2006 et 2008. Puis, dans une seconde étape, nous analysons les déterminants de leur adoption selon leur orientation stratégique, i.e. selon que leur comportement éco-innovateur est porté par des motifs d'offre, de demande ou règlementaires.

L'objectif est d'enrichir la littérature portant sur les déterminants de l'innovation environnementale par un modèle général permettant d'analyser les fondements des processus d'adoption d'innovations environnementales des firmes industrielles françaises. Il est, dans un second temps, de dépasser le cadre conceptuel d'un triptyque de trois facteurs offre-demande-règlementation mobilisé par la littérature, pour mettre en évidence les déterminants de l'adoption de l'éco-innovation de la firme selon qu'elle soit poussée à éco-innover par des dynamiques d'offre, de demande, ou de réglementation. La spécificité de l'innovation environnementale nécessite de distinguer les facteurs qui influencent les décisions d'innover *standard*, de ceux d'éco-innover ; et ainsi de mettre en lumière les déterminants à la source des processus d'innovations environnementales et de leurs liens avec les changements organisationnels des firmes ainsi qu'avec les différentes dimensions de leurs structures industrielles.

On mettra en évidence, au terme de ce chapitre, le rôle des caractéristiques internes des firmes et des différentes facettes de leur environnement externe dans le comportement éco-innovateur des firmes industrielles françaises, en général, et de

chaque profil d'adoptant d'innovations environnementales (adoptants-coût, adoptants-demande, adoptants-règlementation), en particulier.

Chapitre III. L'objet de ce chapitre est d'approfondir la compréhension des processus intra-organisationnels associés à l'adoption par les firmes d'innovations environnementales. L'analyse procédera en deux temps.

Premièrement, nous nous intéresserons aux formes de complémentarités qui se nouent entre les différents types de changements dans l'organisation de la firme et l'adoption d'éco-innovations, grâce à l'enquête CIS 2008. D'abord, nous présenterons les complémentarités à l'œuvre entre les changements techniques, les changements organisationnels et les innovations environnementales, quel que soit le type d'impact environnemental que génère l'éco-innovation adoptée. Ensuite, nous visons à mettre en évidence les différentes formes de complémentarités qui se nouent, selon les neuf différents types d'éco-innovation³, avec les pratiques d'innovations de produits, procédés, de changement dans l'organisation du travail, de la production et des relations externes.

Un des premiers résultats de cette analyse réside dans la mise en lumière de l'importance majeure des dynamiques de changement organisationnel dans les processus d'innovation environnementale. On met en évidence que les impacts environnementaux des innovations portées par la firme sont principalement produits par des dynamiques de changements relatifs à l'organisation de la production, l'organisation du travail et les changements dans les relations externes plus que par des innovations de nature technique, liées aux produits ou aux procédés.

Ensuite, nous visons à approfondir l'étude de cette complémentarité en nous centrant sur les liens entre l'adoption d'une innovation environnementale organisationnelle (l'introduction d'un Système de Management Environnemental-SME) et les dynamiques de changements organisationnels à l'œuvre au sein de la firme. Ce

³ Les neuf différents types d'éco-innovation étudiés dans cette thèse sont les suivants : réduction de l'utilisation de matières par unité produite ; réduction de la consommation d'énergie par unité produite ; réduction 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 ; réduction de la consommation d'énergie par unité produite consommée ; réduction de la pollution des sols, de l'eau ou de l'air ; recyclage du produit amélioré après usage généré par le consommateur.

travail s'appuie sur l'usage de l'enquête COI-TIC 2006 (Changements Organisationnels et Informatisation) qui permet de mettre en lumière l'évolution des formes de gouvernance et d'organisation du travail lors de la mise en œuvre d'un SME par les firmes ainsi que les formes de changement inter-firmes associées à la mise en place d'un management vert. Ainsi, on observera que l'adoption de cette innovation transforme l'organisation du travail de la firme, à travers la mise en place de mécanismes de type « *team based* », et aplatit la hiérarchie en favorisant la mise en place de pratiques collectives de travail. On montrera également, en ce qui concerne les relations inter-firmes, la faible importance de la dimension contractuelle associée à la mise en place de SME et la forte influence de la pression informelle provenant de la filière et du secteur dans l'adoption de cette innovation environnementale organisationnelle.

Chapitre IV. Ce dernier chapitre est consacré à l'étude de la coévolution entre les systèmes sectoriels d'innovation et l'intensité de l'innovation environnementale des firmes. L'objectif est ici d'appréhender la dimension systémique des processus d'innovations environnementales. A cette fin, on mobilisera les approches théoriques en termes de Système Sectoriel d'Innovation (Malerba, 2002, 2005) et de régime technologique (Malerba et Orsenigo, 1997) afin de mettre en lien la dimension méso-économique et la dimension microéconomique des processus d'éco-innovation. En prenant appui sur les bases de données individuelles issues des enquêtes EAE et CIS 2008, nous étudierons l'influence des structures internes et les formes de mobilisation des ressources externes de la firme dans son intensité éco-innovatrice selon les structures sectorielles. Il s'agira d'analyser, pour les firmes des cinq grands secteurs qui composent l'industrie manufacturière française (agroalimentaire, biens de consommation, biens d'équipement, transport et biens intermédiaires) l'influence respective de leurs capacités d'absorption (Cohen et Levinthal, 1999), des opportunités technologiques (Klevorick et al., 1995) portées par leur environnement et des conditions d'appropriabilité et de diffusion des innovations (Malerba et Orsenigo, 1993). Nous montrerons les fortes spécificités des systèmes sectoriels qui résident notamment dans les différentes combinaisons entre les types d'innovation et de changements

organisationnels qui « accompagnent » l'éco-innovation, la nature des sources d'information mobilisées pour innover et les conditions de diffusion de l'innovation environnementales. Nous verrons aussi l'importance des dispositifs informels de diffusion des éco-innovations au sein des secteurs, révélant les logiques d'isomorphisme institutionnel (DiMaggio et Powell, 1983).

Au terme de cette recherche, nous aurons établi différents éclairages, aussi bien théoriques qu'empiriques, qui permettent d'analyser comment le comportement microéconomique d'adoption d'innovations environnementales des firmes industrielles est associé aux changements organisationnels et aux structures industrielles qui les portent.

Chapitre I :

L'analyse économique de l'innovation environnementale

**D'une revue de la littérature à la construction d'un cadre
d'analyse**

1.1 Introduction

Dans ce chapitre nous proposons une revue de la littérature qui fonde l'analyse microéconomique de l'innovation environnementale et établit les principales propositions théoriques de cette thèse.

Dans la première partie de ce chapitre, nous montrons que l'innovation environnementale est appréhendée par la littérature économique par deux types de travaux, ceux issus du champ de l'économie de l'environnement et ceux portés par l'économie de l'innovation. Dans la seconde partie nous construisons les bases

théoriques de l'analyse de l'innovation environnementale et ses liens avec les changements organisationnels et les structures industrielles.

La littérature économique s'intéressant à l'innovation environnementale est issue en premier lieu du champ de l'économie de l'environnement standard. On observe que l'innovation environnementale est considérée par les économistes de l'environnement comme étant induite. Ainsi, en se basant sur les fondements théoriques de l'économie de l'environnement (Pigou, 1920; Cornes et Sandler, 1986), cette première série de travaux considère implicitement la réglementation comme étant le seul type de déterminant, l'innovation étant induite par les politiques environnementales qui visent à résorber les externalités environnementales négatives. Dans le cadre conceptuel de l'équilibre général, l'existence d'un optimum entraîne le fait que, suite à une réglementation environnementale, l'adoption d'éco-innovations constitue un coût économique (tant à l'échelle microéconomique que macroéconomique), en même temps qu'un gain environnemental. L'hypothèse de Porter introduite par Porter et van der Linde (Porter, 1991; Porter et van der Linde, 1995a, 1995b) va contribuer à une plus grande prise en considération de l'innovation environnementale au sein de la littérature économique. En effet, l'hypothèse de Porter estime que l'innovation environnementale (stimulée par une réglementation environnementale stricte) peut être un facteur de gain à la fois économique et environnemental. Dans ce contexte théorique, la question de l'innovation environnementale va émerger au sein d'une série de travaux qui va particulièrement s'intéresser à étudier la validité de l'hypothèse de Porter, et notamment le lien entre la réglementation environnementale et l'innovation environnementale (Jaffe et Palmer, 1997; Johnstone et al., 2009; Lanoie et al., 2009).

Une seconde série de travaux s'intéressant à l'innovation environnementale est portée par l'économie de l'innovation. On peut marquer l'émergence de l'étude de l'innovation environnementale par les économistes de l'innovation avec l'article séminal de Rennings (2000). Rennings affirme que l'innovation environnementale, étant spécifiée par sa double externalité, doit constituer un objet d'étude spécifique. Ainsi, en émettant une externalité de connaissance (comme toute innovation *standard*) et une externalité environnementale, l'innovation environnementale est, selon Rennings,

soumise à une double désincitation. De cette double désincitation découle l'importance de la réglementation comme déterminant de l'innovation environnementale (« *regulatory push-pull effect* »). Le texte de Rennings propose alors un triptyque de déterminants à l'innovation environnementale : un « *regulatory push pull effect* » qui s'adresse à la première externalité environnementale, et deux effets, plus traditionnels en économie de l'innovation, de « *technology push* » et de « *demand pull* », qui s'adressent à la première externalité de connaissance. Ce texte aura une forte influence dans le sens où le cadre d'analyse proposé sera largement repris par les travaux empiriques ultérieurs portant sur les déterminants de l'éco-innovation (Horbach et al., 2012, 2013; Cuerva et al., 2014), qui vont mettre l'accent sur un triptyque de trois ensembles de déterminants à l'innovation environnementale : offre-demande-réglementation.

Dans la seconde partie de ce chapitre, nous proposons un cadre théorique de l'analyse de l'innovation environnementale, qui prend en compte les processus de changements dans l'organisation de la firme d'une part, et d'interaction de celle-ci avec les différentes facettes de son environnement externe d'autre part.

Notre cadre d'analyse de l'innovation environnementale se fonde sur la double spécificité de l'innovation environnementale. Ainsi, notre première proposition théorique porte sur le fait que la première spécificité de l'innovation environnementale, qui réside dans sa nécessaire inscription à une technologie ou à un dispositif organisationnel, implique que le comportement éco-innovateur soit associé à des transformations des structures organisationnelles des firmes. On considère alors les processus d'innovation environnementale sont associés à des logiques de changements organisationnels planifiés, dans la lignée de travaux portant sur la complémentarité (Milgrom et Roberts, 1990, 1995; Bocquet et al. 2007). Aussi, dans une approche évolutionniste, adopter des innovations environnementales nécessite notamment pour la firme l'acquisition et le développement de compétences organisationnelles relatives aux questions environnementales, qui conduisent à des changements organisationnels adaptatifs (Wagner et Llerena, 2011; Chen et Chang, 2013).

Ensuite, notre deuxième proposition théorique porte sur la seconde externalité générée par l'innovation environnementale, l'externalité environnementale, qui implique qu'on prenne en compte l'influence de l'environnement externe de la firme dans son comportement éco-innovateur, au-delà de la seule dimension réglementaire mise en avant par la littérature. Ainsi nous viserons à mettre en évidence les formes d'interaction entre la firme et son environnement externe (marchand, spatial, informationnel et sectoriel et réglementaire) dans son comportement éco-innovateur. Notre troisième proposition porte sur le fait que la valeur environnementale associée à l'innovation environnementale agit sur les processus de diffusion de l'innovation environnementale, impliquant notamment des mécanismes mimétiques (Mansfield, 1968) et d'isomorphisme institutionnel intra-sectoriel.

En conclusion, notre quatrième proposition théorique intégratrice postule que l'adoption d'innovations environnementales est un processus non linéaire et interactif, combinant des éléments issus des caractéristiques internes des firmes et des facteurs relatifs à leur environnement externe.

Ce chapitre est organisé de la manière suivante. Dans la section 1.2, nous présentons une revue de la littérature portant sur l'innovation environnementale, en mettant en successivement en évidence les éléments théoriques et empiriques des travaux relevant de l'économie de l'environnement (1.2.1) et de ceux portés par les économistes de l'innovation (1.2.2). Dans la section 1.3, nous développons notre cadre d'analyse, fondé sur la prise en compte des processus de changements organisationnels planifiés et adaptatifs associés à la mise en œuvre d'innovations environnementales (1.3.1), puis sur la mise en évidence des mécanismes d'interaction entre la firme et son environnement dans les processus d'adoption et de diffusion des innovations environnementales (1.3.2).

1.2 Les déterminants de l'innovation environnementale dans la littérature économique

Cette seconde partie du chapitre vise à réaliser une revue de la littérature de l'analyse microéconomique de l'innovation environnementale. L'analyse des déterminants de l'innovation environnementale est traitée dans la littérature économique par l'économie de l'environnement et par l'économie de l'innovation. Une première section est consacrée à l'étude de l'innovation environnementale au sein du champ de l'économie de l'environnement, qui s'attache à mettre en évidence le rôle de la réglementation dans l'adoption des innovations environnementales. Une seconde section examine les travaux théoriques et empiriques de l'économie de l'innovation qui analysent les déterminants de l'éco-innovation. Ceux-ci tendent à désigner un triptyque de facteurs offre-demande- réglementation qui fonde le comportement éco-innovateur des firmes.

1.2.1 Réglementation et innovation environnementale : éléments théoriques et empiriques

La manière dont les économistes de l'environnement appréhendent l'adoption d'innovations environnementales est associée aux soubassements théoriques qui fondent l'économie de l'environnement standard. Ceux-ci impliquent en particulier que l'innovation environnementale est « induite » (Hicks, 1932) par une réglementation environnementale. Cette économie de l'environnement standard postule l'existence d'un « optimum de pollution », dans une vision d'une adoption d'innovations environnementales associée à une relation de « *trade-off* » entre gains économiques et gains environnementaux (1.2.1.1). L'hypothèse de Porter (Porter, 1991; Porter et van der Linde, 1995a, 1995b) remet partiellement en cause ce postulat en arguant que l'adoption d'innovations environnementales peut aller de pair avec une réduction conjointe des coûts économiques et des impacts environnementaux. Suite notamment à cette hypothèse de Porter, les effets de la réglementation environnementale sur

l'adoption d'innovations environnementales vont être étudiés dans les travaux empiriques (1.2.1.2).

1.2.1.1 Externalité environnementale, réglementation environnementale et « induced innovation »

Le cadre de l'équilibre général (Walras, 1900) fonde l'économie de l'environnement standard et sa manière d'appréhender l'innovation environnementale. L'équilibre général est caractérisé par une situation dans laquelle la répartition et l'utilisation des ressources disponibles sont optimales, au sens de Pareto (Debreu, 1959; Arrow et Debreu, 1954). En effet, dans une approche pour laquelle les prix sont la mesure des « valeurs sociales » des biens, ils manifestent la contribution, positive ou négative, des activités de production et de consommation des agents sur la collectivité. Coûts privés et coûts sociaux sont égaux, le système de prix guidant les agents vers un optimum paretien, c'est-à-dire vers une répartition des ressources telle qui n'en existe pas d'autres satisfaisant plus à un agent sans en léser d'autres (Arrow, 1962; Hahn, 1984). Dans ce cadre, la question environnementale émerge avec l'introduction de la notion d'*externalité* (Mill, 1848), développée notamment par Pigou (1920), qui fonde le champ de l'économie de l'environnement. Cette notion traduit le fait que l'activité d'un agent, producteur ou consommateur, a un effet, positif ou négatif, sur le bien-être d'autres agents, sans qu'il n'y ait d'échanges ou de transactions entre eux. L'existence d'externalités implique une allocation des ressources sous-optimale au sens de Pareto. En effet, dans la mesure où les mécanismes marchands ne peuvent « récompenser » les agents à l'origine des externalités positives, ou « sanctionner » ceux qui génèrent des externalités négatives, elle induit une sous-optimalité de l'affectation des ressources et, ce qui importe à notre propos, des ressources naturelles (Cornes et Sandler, 1986). L'existence d'externalités environnementales légitime alors une intervention sur le marché, par le biais d'une politique environnementale, afin de faire converger bénéfices privés et bénéfices sociaux. Une politique environnementale aura notamment pour objectif d'inciter les firmes à réduire les effets environnementaux négatifs qu'elles génèrent pour la collectivité, à travers l'adoption de technologies moins polluantes.

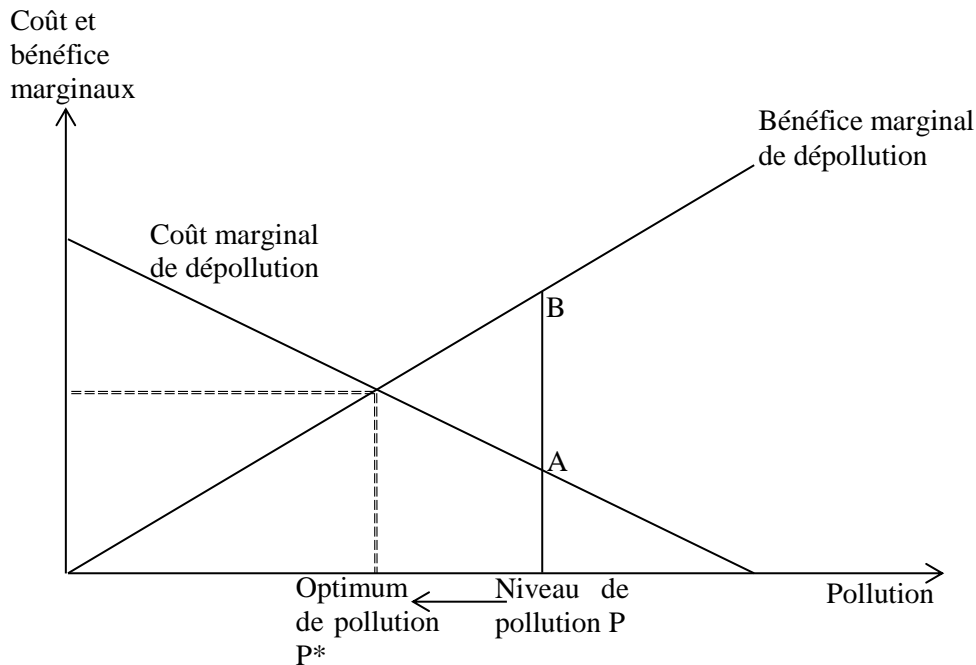
Dans ce contexte, l'innovation environnementale est appréhendée comme *conséquence* de politiques environnementales visant à inciter les firmes à dépolluer. Elle est ici *nécessairement* et *uniquement* tirée par la réglementation environnementale, celle-ci visant à induire une modification de la structure d'incitation économique, via le mécanisme des prix. On parle ainsi d'« *induced innovation* » (Hicks, 1932; Newell et al., 1999; Parry et al., 2003), d'innovation induite, qui implique que « *a change in the relative prices of the factors of production is itself a spur to invention, and to invention of a particular kind—directed to economizing the use of a factor which has become relatively expensive* » (Hicks, 1932). Ainsi, ce champ de recherche ouvert au sein de l'économie de l'environnement va notamment concerner la nature et l'efficacité respective des instruments de politique environnementale à mettre en œuvre afin d'inciter les firmes à éco-innover (pour un survey détaillé sur ce point, voir Goulder et Parry, 2008).

Cette littérature distingue deux principaux types d'instruments de politique environnementale : la régulation directe de type « *command and control* » et les instruments de marché dits « *market based* » (Snyder et al., 2003; Freeman et Kolstad, 2007; Nordhaus, 2007). La réglementation directe visant à inciter les firmes à adopter des innovations environnementales passe principalement par l'instrument de la norme (d'émissions, de produits ou de procédés). Si ce type de réglementation a l'avantage d'avoir un impact environnemental certain et fixé *ex ante*, on considère que l'incitation à éco-innover est moindre qu'une réglementation de type « *market based* » (Milliman et Prince, 1989; Jaffe et Stavins, 1995). En effet, un instrument de marché modifie la structure d'incitation par le biais du signal-prix, orientant le comportement des firmes vers l'adoption d'innovations environnementales. Dans ces approches, qu'il prenne la forme de taxe (Pigou, 1920), de permis d'émissions (Coase, 1960) ou de subvention, l'instrument de marché doit être fixé au niveau de « l'optimum de pollution », c'est-à-dire lorsque le coût de dépollution marginal est égal au bénéfice marginal de dépollution (voir figure 1). Ce type de politique environnementale a l'avantage d'être plus flexible pour la firme, qui est libre d'adopter des innovations environnementales. Dans le cas contraire, elle devra payer une taxe. La limite du principe de l'instrument de marché, en termes de politique environnementale, provient de cette même liberté donnée aux

entreprises. Celles-ci ayant le choix de dépolluer ou non, l'Etat n'est pas capable de savoir *ex ante* le niveau réel de réduction des externalités (Tietenberg, 1985; Ellerman, 2007; Stavins, 2007; Parry et Williams, 2012).

Raisonnement dans le cadre conceptuel de l'équilibre général, y compris en tenant compte de la présence d'externalités, implique que l'adoption d'innovations environnementales constitue un coût pour les firmes. En effet, ce cadre de l'équilibre général est associé à plusieurs hypothèses, qui se rapportent au fait que les firmes utilisent au mieux les ressources disponibles et adoptent les technologies susceptibles de maximiser leurs profits (Ambec et Barla, 2006; Ambec et al., 2013). Ainsi, « *an Environmental Regulation almost always require firms to allocate some input (labor, capital) to pollution reduction ; which is unproductive from a business perspective* » (Ambec et Barla, 2006). Dès lors, réduire les impacts environnementaux, en adoptant d'autres technologies moins polluantes, constitue un coût pour les firmes et réduit leur profit. Adopter des innovations environnementales instituerait donc un équilibre sous-optimal au sens de Pareto. Performance environnementale et performance économique des firmes sont donc, dans ce cadre, antinomiques. Ainsi, cette perspective théorique permet de définir un « optimum de pollution » impliquant de raisonner en termes de « *trade-off* » entre bénéfice social et coûts privés, comme le représente la figure 1 (Baumol et Oates, 1988).

Figure 1 : L'optimum de pollution



Source : à partir de Bontems et Rotillon (2007)

La droite croissante représente le bénéfice marginal de dépollution, c'est à dire le dommage marginal « social » associé à la pollution. Plus la pollution est élevée, plus le dommage est croissant. Le coût marginal de réduction de la pollution, pour les firmes, est décroissant, jusqu'à atteindre 0, dans le cas d'une pollution maximale. Moins la firme pollue, plus il est difficile, et donc coûteux, de dépolluer. Au niveau de pollution P, le dommage marginal atteint le niveau B, et le coût marginal le niveau A. L'optimum social de pollution est atteint lorsque l'on minimise la somme du dommage et du coût de dépollution, au niveau P*. Cette situation implique un *trade-off* entre écologie et économie. En effet, atteindre le niveau P*, en partant du niveau de pollution P, constitue un coût pour les firmes. Ce coût est compensé par la hausse du bénéfice social, le passage de B à C. Il s'agit donc d'une conception dans laquelle on arbitrerait entre bénéfice social et coûts privés, entre écologie et économie.

1.2.1.2 L'impact de la réglementation environnementale sur l'innovation environnementale : la version faible de l'hypothèse de Porter

Une telle tension entre écologie et économie va être critiquée par Porter et van der Linde avec l'« hypothèse de Porter » (Porter, 1991; Porter et van der Linde, 1995a, 1995b). Cette hypothèse de Porter postule que, sous certaines conditions, l'innovation environnementale ne va plus constituer un coût pour les firmes, mais une source de profit. A partir d'études de cas, ces auteurs postulent que la pollution résulte le plus souvent d'un gaspillage des ressources et que sa réduction -à travers l'adoption d'innovations environnementales- va conduire à une augmentation de la productivité. Ce faisant, l'hypothèse de Porter suggère qu'une réglementation environnementale sévère, et de type *market-based*, va « *trigger innovation [broadly defined] that may partially or [in some instances] more than fully offset the costs of complying with them* » (Porter et van der Linde, 1995a). Ainsi, les coûts de mise en conformité avec la réglementation vont être *compensés* par les gains induits par l'adoption d'innovations environnementales. Les auteurs remettent en cause les hypothèses de rationalité et d'information parfaites associées à l'équilibre général: « *the belief that companies will pick up on profitable opportunities without a regulatory push makes a false assumption about competitive reality – namely, that all managers have perfect information about them, and that organizational incentives are aligned with innovation. In fact, in the real world, managers often have highly incomplete information and limited time and attention* » (Porter et van der Linde, 1995a). Ils suggèrent qu'en prenant en considération le fait que l'information soit incomplète et la rationalité limitée, des opportunités de profits sont ignorées et l'inertie organisationnelle empêche la maximisation du profit.

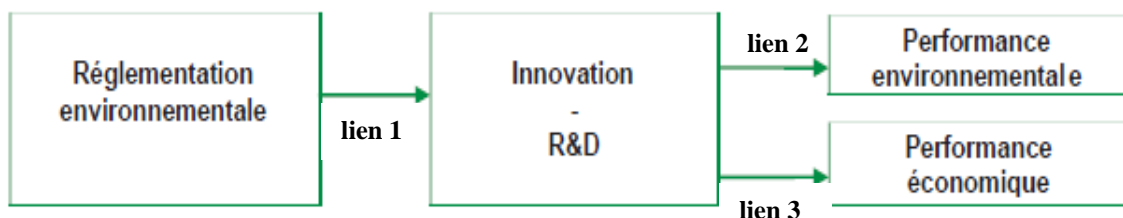
Toutefois, ils ne se démarquent pas totalement du cadre d'analyse néoclassique et restent dans une logique hicksienne d'« *induced innovation* », dans le sens où ils soulignent le fait que l'innovation environnementale doit être nécessairement induite par la réglementation. Ils insistent en effet sur le rôle de celle-ci et mettent en exergue cinq motifs justifiant la mise en œuvre d'une réglementation environnementale (Porter et van der Linde, 1995a) :

- *« First, regulation signals companies about likely resource inefficiencies and potential technological improvements. »*
- *Second, reputation focused on information gathering can achieve major benefits by raising corporate awareness.*
- *Third, regulation reduce the uncertainty that investments to address the environment will be valuable. Greater certainty encourages investment in any area.*
- *Fourth, regulation creates pressure that motivates innovation and progress. »*
- *Fifth, regulation levels the transitional playing field. During the transition period to innovation-based solutions, regulation ensures that one company cannot opportunistically gain position by avoiding environmental investments. »*

L'hypothèse de Porter met en évidence le rôle de l'innovation environnementale comme élément permettant de concilier objectifs économiques et environnementaux. Cette mise en lumière va contribuer à son étude croissante dans les travaux empiriques. En effet, l'hypothèse de Porter a fait l'objet de nombreuses contributions scientifiques cherchant à étudier les liens qui unissent réglementation environnementale, performance environnementale et performance économique des firmes. Selon Jaffe et Palmer (1997), il existe trois versions de l'hypothèse de Porter : une version « faible », une version « restreinte » et une version « forte » (voir figure 2). La version « faible » postule qu'une réglementation environnementale engendre le développement d'innovations environnementales (lien 1 de la figure 2). La version « restreinte » traite de la nature de l'instrument de réglementation environnementale, et vise à tester le fait que les réglementations sévères et flexibles de type « market based » sont les plus incitatives à l'adoption d'innovations environnementales améliorant la performance environnementale des firmes (lien 2). La version « forte » affirme qu'une réglementation environnementale incite à l'innovation environnementale dont les gains économiques seront supérieurs aux coûts engendrés (lien 3)⁴.

⁴ Pour un survey des versions « restreinte » et « forte », voir Ambec et Lanoie (2008).

Figure 2 : Le mécanisme sous-jacent à l'hypothèse de Porter



Source : adapté par l'auteur à partir d'Ambec et Barla (2002)

Le tableau 1 offre une revue de la littérature des travaux portant sur l'étude du lien entre la réglementation environnementale et l'adoption d'innovations environnementales, c'est-à-dire de la version « faible » de l'hypothèse de Porter, représentée par le lien 1 de la figure 2⁵.

⁵ On a notamment critiqué Porter et van der Linde pour avoir appuyé leur hypothèse de Porter à partir de *case studies* non représentatifs de l'ensemble des firmes industrielles (Jaffé et Palmer, 1997). On a sélectionné ici des travaux de portée plus macroéconomique ou mésoéconomique afin d'atteindre un certain degré de généralité. D'autres travaux plus qualitatifs portant plus spécifiquement sur des *case studies* seront repris au long de cette thèse.

Tableau 1 : Les travaux empiriques sur l'effet de la réglementation environnementale à l'adoption d'innovations environnementales (version faible de l'hypothèse de Porter)

Etude	Données	Mesure de la réglementation environnementale	Mesure de l'innovation environnementale	Evaluation du lien réglementation environnementale → innovation environnementale : principaux résultats
Lanjouw et Mody (1996)	Etats-Unis ; Japon ; Allemagne Industries polluantes (1971-1988)	Coût de dépollution	Part des brevets environnementaux / nombre total de brevets	Lien positif entre les coûts de dépollution et la part des brevets verts en Allemagne, Japon et Etats-Unis
Jaffe et Palmer (1997)	Etats-Unis Industrie manufacturière (1974-1991)	Coût de dépollution	-Brevets environnementaux -Dépenses de R&D	La réglementation environnementale a un fort effet positif sur les dépenses de R&D, mais non significatif sur le nombre de brevets déposés
Popp (2002)	Etats-Unis Industrie manufacturière (1970-1994)	Prix de l'énergie	Brevets	Le prix de l'énergie a un effet fort sur le nombre de brevets déposés
Popp (2003)	Etats-Unis Centrales électriques (1985-1997)	Mesures techniques : limite réglementaire d'émissions de SO ₂ et limitation du contenu en soufre (en %)	Brevets destinés à réduire le SO ₂	La réglementation environnementale directe a eu un effet positif sur l'adoption d'innovations environnementales, mais plus faible que celui associé à l'instauration d'un marché de droits à polluer après 1990
Brunnermeier et Cohen (2003)	Etats-Unis Industrie manufacturière (1983-1992)	Coût de dépollution et de contrôle	Brevets environnementaux	La sévérité de la réglementation joue positivement sur le nombre de brevets déposés, pas d'effet du monitoring de l'état (inspections)
Snyder, Miller et Stavins (2003)	Etats-Unis Industrie du chlore (1976-2001)	4 législations concernant le secteur du chlore	Adoption de nouvelles technologies moléculaires	Effet indirect de la réglementation sur la part des firmes adoptantes dans le secteur
De Vries et Withagen (2005)	14 pays de l'OCDE Industrie manufacturière (1970-2000)	-Mise en conformité avec la réglementation -Législations portant sur le SO ₂ -Niveau de GES du pays	Brevets environnementaux	Seul le niveau des émissions de gaz à effets de serre du pays a un effet positif sur le nombre de brevets
Popp (2006)	Etats-Unis, Japon Allemagne Centrales au charbon (1968-2003)	Législations portant sur le NO _x et le SO ₂	Brevets environnementaux	Hausse significative des brevets déposés après la mise en place de réglementations environnementales dans les 3 pays

Johnstone, Hascic, Popp (2009)	25 pays de l'OCDE Secteur énergies renouvelables (1978-2003)	Variables binaires sur 6 types de réglementation environnementale	Brevets	Tous les instruments de politique environnementale ont un effet positif à l'adoption d'innovations environnementales
Lanoie, Laurent-Lucchetti, Johnstone, Ambec (2011)	7 pays de l'OCDE Industrie manufacturière (2003)	Variables binaires : -Sévérité réglementation -Normes techniques de performance -Taxes	Variable binaire : existence budget R&D environnemental	Le degré de sévérité de toutes les réglementations environnementales ont un effet positif sur le fait d'avoir un budget consacré à la R&D environnemental
Lee, Veloso, Hounshell (2011)	Etats-Unis Industrie automobile (1970-1998)	Coût de dépollution	Brevets	Effet positif de la réglementation environnementale sur le nombre de brevets déposés

Synthèse construite par l'auteur

L'innovation environnementale est généralement mesurée dans ces travaux à travers les dépenses de R&D (input) ou par le nombre de brevets (output de l'activité innovante). La réglementation environnementale est souvent exprimée à travers le coût de dépollution (« *pollution abatement cost* »), dans l'idée qu'une hausse de la sévérité de la réglementation équivaut à une hausse du coût de mise en conformité à la réglementation, et donc à une hausse du coût de dépollution (Ambec et al., 2013). Une réglementation environnementale, dans cette optique, est associée à une augmentation du « prix » de la pollution (Vollebergh, 2007). Cette revue de la littérature tend à montrer que, lorsque la version faible de l'hypothèse de Porter est testée au niveau sectoriel, et plus particulièrement lorsque que les industries sont polluantes ou soumises à des réglementations environnementales fortes, l'adoption de l'innovation environnementale est fortement tirée par la réglementation (Lanjouw et Mody, 1996; Popp, 2003; Popp, 2006; Lee et al., 2011). En revanche, dès lors que l'étude porte sur l'ensemble des firmes industrielles, le lien entre réglementation environnementale et adoption d'innovations environnementales est beaucoup plus ténu (Jaffe et Palmer, 1997; de Vries et Withagen, 2005).

Ainsi, une première série de travaux réalisée à l'échelle sectorielle montrent une relation positive et forte entre la réglementation environnementale et l'adoption d'innovations environnementales. L'étude portant sur les firmes des industries

polluantes de Lanjouw et Mody (1996) met en évidence un lien positif entre les coûts de dépollution et le nombre de brevets verts aux Etats-Unis, en Allemagne et au Japon. Dans le cas du secteur des énergies renouvelables, Johnstone et al. (2009) montrent un impact fort des politiques environnementales sur 25 pays entre 1978 et 2003. Lee et al. (2011) mettent en évidence l'effet positif de la réglementation environnementale sur le nombre de brevets déposés dans le secteur automobile. Il en est de même pour Popp (2003) dans le cas des centrales électriques au charbon et pour Arimura et al. (2007) pour qui une hausse de la sévérité de la réglementation joue positivement sur le fait d'avoir un budget de R&D dédié aux questions environnementales. Enfin, une étude de Popp (2006) montre un lien fort entre l'introduction d'une réglementation environnementale et une hausse significative du nombre de brevets verts déposés peu après la mise en place de celle-ci, dans le cas d'introduction de normes concernant le NOx et le SO₂ en Allemagne, Japon et Etats-Unis.

Une seconde série de travaux a un périmètre d'étude qui englobe l'ensemble des firmes manufacturières. Brunnermeier et Cohen (2003) ont mis en évidence une relation positive et forte entre la réglementation environnementale et les dépenses de R&D pour les firmes de l'industrie manufacturière américaine sur la période 1972-1983. Ils montrent en effet que les dépenses de R&D s'accroissent de 0.15% lorsque les coûts de dépollution augmentent de 1%. En revanche, ils ne trouvent pas d'impact significatif entre l'augmentation des coûts de dépollution et le développement de brevets « verts ». Jaffe et Palmer (1997) ont montré un lien positif entre le degré de sévérité de la réglementation environnementale et les dépenses de R&D environnementale, dans le cas de l'industrie américaine, mais pas de lien significatif avec l'output d'innovation, mesuré par le nombre de brevets environnementaux. Dans le cas de la réglementation portant sur le SO₂, de Vries et Withagen (2005), dans une étude portant sur 14 pays de l'OCDE sur la période 1970-2000, construisent trois mesures afin de traduire le degré de sévérité de la politique environnementale. La première correspond au fait qu'un pays se mette en conformité avec les accords internationaux portant sur la réglementation du SO₂. Leur deuxième proxy est un index combinant des réglementations associées à différents polluants. Enfin, le niveau national des émissions de gaz à effets de serre est

une approximation de la contrainte environnementale à l'échelle macroéconomique. Les auteurs montrent que seule cette dernière mesure est associée à une hausse des innovations environnementales, mesurée à travers l'augmentation de brevets environnementaux.

En conclusion, cette revue de la littérature portant sur le lien entre la réglementation environnementale et l'adoption d'innovations environnementales montre que la version faible de l'hypothèse de Porter est validée lorsque le périmètre de l'étude est à l'échelle sectorielle. Pourtant, ce lien entre la réglementation environnementale et l'innovation environnementale apparaît plus ténu dès lors que le périmètre d'étude s'élargit à l'ensemble des firmes industrielles, et notamment si l'on mesure l'innovation environnementale à travers le nombre de brevets déposés. On peut supposer que la validité de la version faible de l'hypothèse de Porter varie selon le périmètre d'analyse (secteur / ensemble industrie manufacturière) car les études réalisées au niveau sectoriel ont tendance à porter sur des industries polluantes, pour lesquelles le poids de la réglementation est plus important.

La figure 2 représente schématiquement le cadre conceptuel suivi par l'ensemble de ces travaux, qui reflète la manière dont est définie l'innovation environnementale dans le cadre d'analyse de l'économie de l'environnement. Ce cadre suit une conception hicksienne *linéaire* et *conséquentialiste*, pour laquelle l'innovation est « induite » par la réglementation. Dans cette optique, l'innovation environnementale est le résultat d'un stimulus provoqué par la réglementation (lien 1) générant (ou non) un bénéfice environnemental (lien 2), et économique (lien 3). Ainsi, l'analyse des déterminants de l'innovation environnementale autres que réglementaire n'est pas concevable dans ce paradigme. Comme l'affirme Rennings, « *contributions on eco-innovation from environmental economics suffer from a simple, mechanistic stimulus-response model of regulation, neglecting the complexity of determinants influencing innovation decision in firms* » [...] *while environmental economics tells how to assess environmental policy instruments, innovation economics has led to insights about the complexity of factors influencing innovation decisions* » (2000).

C'est ce même auteur qui va importer cette dimension réglementaire dans l'appareil théorique de l'économie de l'innovation, afin d'étudier la diversité des déterminants de l'innovation environnementale.

1.2.2 Double externalité et triptyque offre-demande-règlementation

Klaus Rennings, en introduisant dans son article séminal « *Redefining innovation - eco-innovation research and the contribution from ecological economics* » (2000) les notions de « double externalité » et de « *regulatory push-pull effect* » va entraîner l'économie de l'innovation à s'intéresser à l'innovation environnementale et à en faire un objet d'étude spécifique. La portée de ce texte va conduire à ce que le comportement d'adoption d'innovations environnementales soit analysé, théoriquement et empiriquement, à travers le prisme de trois facteurs : l'offre, la demande et la réglementation. Une première section présente la notion de « double externalité » et celle de « *regulatory push-pull* » qui lui est associée, ainsi que les deux autres éléments du triptyque de déterminants de l'adoption d'innovations environnementales suggéré par Rennings, de *technology push* et de *demand pull* (1.2.2.1). Une seconde section passe en revue les travaux portant sur l'analyse des déterminants de l'innovation environnementale qui, dans la lignée de Rennings, mobilisent ce cadre conceptuel du triptyque offre-demande-règlementation (1.2.2.2).

1.2.2.1 L'apport de Rennings : double externalité de l'innovation environnementale et regulatory push-pull effect

Rennings, dans son texte séminal « *Redefining innovation – eco-innovation research and the contribution from ecological economics* » (2000) introduit la notion de « *regulatory push-pull effect* », qu'il ajoute aux catégories d'analyse traditionnelles de « *technology push* » et de « *demand pull* », comme déterminant de l'innovation environnementale, devenant « éco-innovation ». Dans son approche, cette notion de

« *regulatory push-pull effect* » découle de celle de double externalité (figure 3). En effet, selon cet auteur, l'innovation environnementale se distingue de l'innovation *standard* par le fait qu'elle est caractérisée par une « double externalité » : une externalité de connaissance (non prise en compte par l'économie de l'environnement) et une externalité environnementale.

Figure 3 : La double externalité de l'innovation environnementale

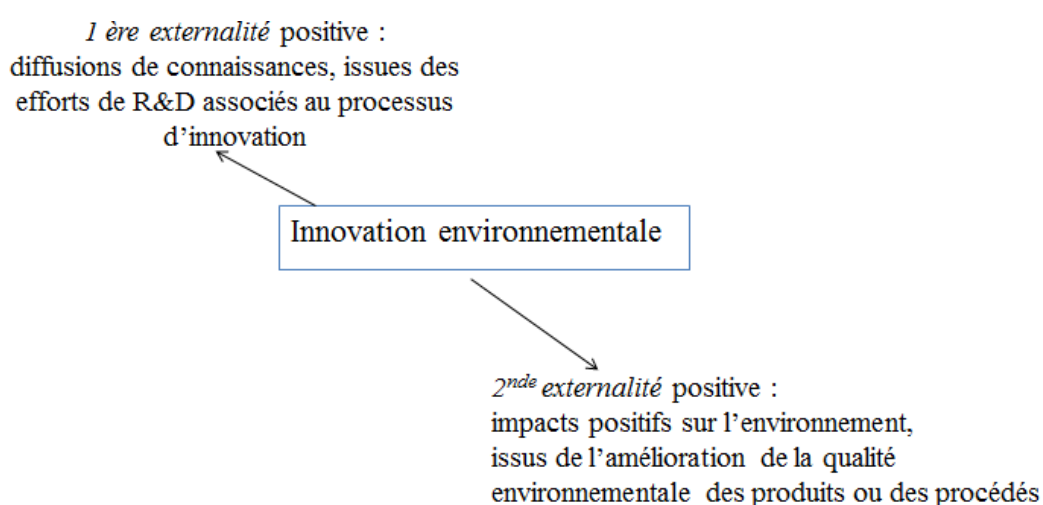


Schéma construit par l'auteur

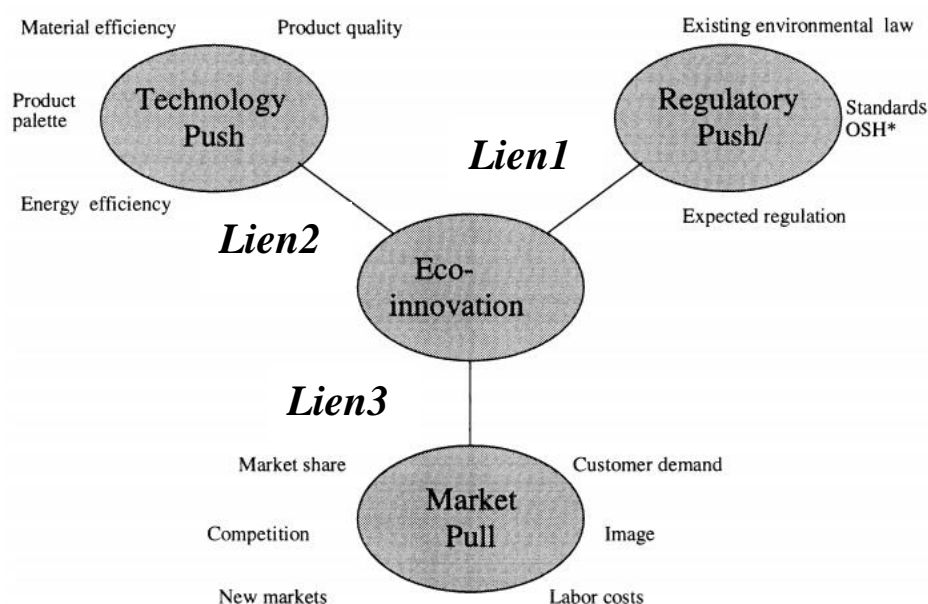
L'économie de l'innovation considère classiquement que toute innovation est caractérisée par un premier type d'externalité dite de connaissance : les « *knowledge spillovers* » (Cappelli et al., 2014). Ces externalités de connaissance, ou spillover, sont associées à la diffusion de connaissances issues des efforts de R&D des firmes. Elles « débordent » de la firme et se diffusent notamment au sein du secteur (Malerba, 2005) et de l'environnement géographique (Jaffe et al., 1992; Breschi et Lissoni, 2001). Ce premier type d'externalités est lié au caractère de bien public de la connaissance, qui n'est ni contrôlable, ni rivale (Arrow, 1962). L'existence de spillover de connaissance génère une première désincitation à innover dans le sens où « (1) *firms can acquire information created by others without paying for that information in a market transaction, and (2) the creators (or current owners) of the information have no*

effective recourse, under prevailing laws, if other firms utilize information so acquired.” (Grossman et Helpman, 1991).

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 (positive) environnementale, issue du caractère de bien public de l’environnement. Celle-ci n’est pas valorisée par le marché et se rajoute à la première externalité de connaissance, renforçant le déficit d’incitation à (éco)innover (Rennings, 2000). De cette notion de double externalité, découle celle de « *regulatory push-pull effect* » : « *Eco-innovations are, in contrast to such technologies as microelectronics and telecommunications, normally not self-enforcing. Because factors of technology push and market pull do not seem to be strong enough, eco-innovations need specific regulatory support* » (2000). En d’autres termes, c’est cette faiblesse *ex ante* de l’incitation à éco-innover qui va rendre central le rôle de la réglementation pour le développement de l’innovation environnementale, *a contrario* du cas de l’innovation standard.

Rennings introduit ainsi la notion de « *regulatory push pull-effect* » (lien 1 dans la figure 4) pour pallier les problèmes liés à l’externalité environnementale. Il mobilise en sus les catégories d’analyse de « *technology push* » (lien 2) et de « *market pull* » (lien 3), traditionnellement employées en économie de l’innovation. L’innovation environnementale n’est donc plus uniquement induite par la réglementation comme le conçoit l’économie de l’environnement, mais par un triptyque de facteurs offre-demande-réglementation (figure 4).

Figure 4 : Les déterminants de l'éco-innovation de K. Rennings



Source : adapté de K. Rennings (2000)

L'analyse économique de l'innovation, fortement influencée par l'œuvre de Schumpeter (1934, 1943), a eu tendance à mettre en exergue des facteurs issus de l'offre, dits *technology push*. Dans cette optique, l'innovation est « poussée » par les découvertes scientifiques et l'évolution de la technologie. Une découverte scientifique va faire l'objet de développements technologiques dans l'objectif d'établir une situation nouvelle (innovation de produits, procédés...) et permettre à l'entrepreneur d'acquérir une rente de monopole et de se détacher d'une situation concurrentielle (Schumpeter 1934). Dans cette approche, l'innovation résulte d'un processus *linéaire* de type prototype–invention–innovation, poussé par des dynamiques d'offre. Une des hypothèses majeures de Schumpeter est que la grande taille des firmes (associée à un fort pouvoir de marché) favorise leur capacité à innover, à travers les efforts de Recherche et Développement. L'attention de la littérature va ainsi particulièrement

porter sur le lien entre l'intensité de la recherche – entendue comme le ratio dépenses de R&D sur nombre de salariés – et la taille de la firme⁶.

Parallèlement, des approches dites *demand pull* se sont intéressées au rôle de la demande dans les processus de changement technique (Griliches, 1957; Schmookler, 1962, 1966). On peut distinguer deux types d'approches qui mettent en avant l'influence de la demande dans les processus d'innovation. D'une part, celles qui soulignent le rôle du *niveau* de la demande, d'autre part, celles qui insistent sur l'importance des partages et retours d'expérience des utilisateurs dans les processus d'innovation. Le *niveau de la demande* à laquelle fait face l'entreprise est mis en évidence notamment par Schmookler (1962, 1966) comme déterminant de l'innovation, ainsi que dans l'analyse du cycle de vie des produits de Vernon (1966). Un second aspect de l'influence de la demande est associé à la dimension de « *learning by using* ». L'innovation résulte des dynamiques d'apprentissages issues des retours d'expérience avec les utilisateurs du produit (voir sur ce point en particulier Rosenberg, 1982). Dans le même ordre d'idée, Von Hippel (1976, 1994) met en avant le rôle des « *lead users* ». Plus récemment, des travaux notent l'influence croissante des « communautés de pratique » dans la conception des produits (voir Lelong et Gayoso, 2010).

Ce triptyque de déterminants va constituer le cadre d'analyse des travaux empiriques qui vont s'attacher à identifier les déterminants microéconomiques de l'innovation environnementale.

⁶ La littérature ne fait pas consensus sur ce point (pour un survey, voir Cohen, 2010). En effet, une première série de travaux tend à montrer une relation de type « U inversé » (Cohen et al., 1987; Cohen et Klepper, 1996). Or, certains auteurs suggèrent une relation en « U » (Bound et al., 1984).

1.2.2.2 *Le triptyque offre-demande-règlementation : un survey de la littérature empirique*

La littérature visant à étudier les déterminants de l'innovation environnementale s'est employée, souvent par la mobilisation de bases de données individuelles portant spécifiquement sur les comportements d'innovation des firmes, à évaluer, dans la lignée de Rennings, les impacts respectifs des éléments issus de l'offre (*technology push*), de la demande (*demand pull*), et de ceux relatifs à la réglementation (*regulatory push - pull*). On développe ici une revue de la littérature des travaux, qui, à la suite de Rennings, ont mobilisé ce triptyque de facteurs.

Tableau 2 : le triptyque dans la littérature empirique

Études	Données	Mesure des facteurs <i>technology push</i>	Mesure des facteurs <i>demand pull</i>	Mesure des facteurs <i>regulatory push-pull</i>	Les déterminants de l'innovation environnementale : principaux résultats
Horbach (2008)	Industrie allemande (2001-2004)	-R&D -Qualification des salariés -Taille de la firme	-Demande anticipée -Anticipation du niveau de l'emploi	-Subventions	Effets positifs sur l'adoption de l'éco-innovations de produit de : -la réduction des coûts -l'anticipation de la hausse des ventes
Horbach, Rammer, Rennings, (2012)	Allemagne, tous secteurs, (2006-2008)	-Intensité de l'innovation -R&D interne -R&D externe -Achat de brevets -Equipement en logiciel -Niveau de qualification -SME -Organisation de la production -Organisation du travail -Relations inter-firmes	-Réduction des coûts -Nouveaux marchés -Parts de marché	Règlementation existante -Anticipation d'une réglementation future -Subvention	L'effet respectif des facteurs issus de l'offre, de la demande et de la réglementation est différencié selon le type d'innovation environnementale

Horbach, Oltra, Belin (2013)	Ensemble industrie France, Allemagne (2002-2004)	-Réduction coûts -Flexibilité production	-Amélioration part marché -Qualité produit	-Perception sévérité réglementation ou norme -Subvention -Coût de dépollution	-Pour les deux pays, fort effet de la réglementation, de la réduction des coûts et de la flexibilité de la production. -Facteurs <i>market pull</i> jouent positivement en Allemagne, sans effets sur l'adoption d'éco-innovations des firmes françaises
Triguero, Moreno-Mondejar, Davia (2013)	27 pays européens PME tous secteurs, (2011)	-Améliorations technologiques et organisationnelles -Collaboration avec instituts de recherches et universités -Accès à l'information externe provenant de services technologiques -Prix des inputs -Prix de l'énergie	-Consolidation ou hausse de part de marché -Demande anticipée en produit vert	-Règlementation existante -Anticipation d'une réglementation future -Subventions	-Les facteurs <i>demand pull</i> ont un effet positif sur l'adoption d'éco-innovations de produits -Les facteurs <i>technology push</i> ont un effet positif sur l'adoption d'éco-innovations de procédés -Les facteurs réglementaires ont un effet positif à l'adoption d'éco-innovations organisationnelles
Ziegler (2013)	Allemagne, industrie manufacturière (2003-2005)	-R&D -Nombre d'établissements	Avantage compétitif lié à : -environnement -prix -qualité -consommateurs	Variable binaire : localisation en Allemagne de l'Ouest	-Fort effet de la R&D sur les éco-innovations de produits et de procédés -Pas d'effet du nombre d'établissements -Peu d'effet <i>market pull</i>
Cuerva, Triguero-Cano, Corcoles, (2014)	Espagne, PME agroalimentaires (2010)	-R&D -capital humain -management de la qualité -contraintes financières	-RSE -Label, indication géographique -Demande anticipée -Différenciation du produit	-Subventions	-Fort effet de la différenciation du produit -Fort effet du management de la qualité -Pas d'effet des subventions

Synthèse construite par l'auteur

Un premier apport de l'économie de l'innovation sera de confirmer le lien positif entre la réglementation environnementale et l'adoption d'innovations environnementales (Rehfeld et al., 2007; Horbach, 2008; Rennings et Rammer, 2009; Rave et al., 2011; Horbach et al. 2012, 2013; Ziegler, 2013) mis en avant par l'économie de l'environnement, y compris lorsque l'étude porte sur l'ensemble des firmes industrielles. Frondel et al. (2007) distinguent l'effet de la réglementation selon que l'innovation environnementale soit de type « *cleaner production* » ou « *end-of-pipe* ». Les innovations environnementales dites « *cleaner production* » sont des

technologies plus propres, c'est-à-dire qui réduisent l'utilisation de ressources et / ou la pollution. Les innovations environnementales de type « *end-of-pipe* » sont des technologies additives, mises en place en bout de chaîne du processus de production. Dans ces travaux, la réglementation environnementale tend à avoir ainsi un effet positif à l'adoption des innovations « *end-of-pipe* », qu'on peut qualifier d'incrémentales, mais n'a pas d'effet sur le développement d'innovations environnementales plus radicales, de type « *cleaner production* ». Horbach et al. (2013) mobilisent le cadre conceptuel du triptyque offre-demande-réglementation et montrent l'effet positif de la pression réglementaire, pour les firmes industrielles françaises et allemandes. En revanche, le fait de recevoir des subventions pour éco-innover n'a pas d'effet pour les firmes de ces deux pays. Triguero et al. (2013), dans une étude portant sur les PME de 27 pays européens, montrent que la politique environnementale a un effet particulièrement positif à l'adoption d'innovations environnementales organisationnelles.

Le second apport de ces travaux sera de tendre à mettre en évidence l'influence positive des facteurs *technology push* et *demand pull* à l'adoption d'innovations environnementales. Horbach (2008), dans le cas de l'étude des déterminants de l'innovation environnementale de produits des firmes industrielles allemandes, montre que l'activité de R&D -mesurée par le nombre de salariés en Recherche et Développement sur le nombre total de salariés de la firme- a un effet positif sur l'adoption d'éco-innovations de produit. Le degré de qualification des salariés (une firme étant caractérisée par un haut degré de qualification si plus de 20% de ses salariés a un diplôme universitaire) a aussi un impact positif sur le développement de nouveaux produits environnementaux.

La dimension *technology push* sera souvent associée dans la littérature empirique des déterminants de l'innovation environnementale à la question du coût. Réduire les coûts constitue un déterminant de l'innovation environnementale, en comparaison avec d'autres formes d'innovations *standard* pour les firmes allemandes selon Horbach (2008). Horbach et al. (2012) montrent l'impact différencié de l'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. Frondel et al. (2007) mettent en évidence que cette réduction des coûts est un facteur explicatif de l'adoption d'innovations environnementales de procédés. De même, Demirel et Kesidou (2011), dans le cas du Royaume-Uni, suggèrent un lien positif entre la recherche de réduction des coûts et les dépenses de R&D environnementale.

S'agissant du rôle de la dimension de *demand pull*, les éléments issus de la demande ont tendance à avoir un effet contrasté dans la littérature empirique. Horbach (2008) approxime l'aspect *demand pull* aux anticipations du volume de ventes et montre son effet positif sur le développement d'éco-innovations par les firmes industrielles allemandes. L'aspect *demand pull* est aussi associé pour cet auteur à la hausse des ventes (mesurée en part de marché) et à l'accroissement de la qualité du produit. Si ces deux facteurs sont positivement liés au développement d'éco-innovations en Allemagne, ils n'ont pas d'effet sur l'adoption d'innovations environnementales par les firmes industrielles françaises. Beise et Rennings (2005) mettent en évidence, dans une optique proche de celle Von Hippel, le rôle des « lead markets »⁷ dans la diffusion de l'innovation environnementale. La dimension *demand pull* est également présente chez Kammerer (2009), à travers la notion, issue du marketing, de « *customer benefits* ». Il montre que la valeur ajoutée pour les consommateurs, induite par l'amélioration de la qualité environnementale des produits, a un effet positif sur l'adoption d'innovations environnementales de produits. Pour Horbach et al. (2012), la demande a un effet positif à l'adoption d'innovations environnementales notamment lorsque les bénéfices environnementaux sont dégagés lors de l'utilisation du produit par le consommateur.

En conclusion, en postulant que l'innovation n'est pas seulement « poussée » par la réglementation, comme le développe largement l'économie de l'environnement, mais

⁷« *Lead markets are countries that first adopt a globally dominant innovation design; they lead the international diffusion of an innovation and set the global standard* » (Beise et Rennings, 2005).

résulte de surcroît de facteurs issus de l'offre et de la demande, Rennings a largement orienté les recherches ultérieures portant sur l'analyse des différents déterminants de l'adoption d'innovations environnementales par les firmes. Son cadre conceptuel, pour lequel l'innovation environnementale est déterminée par un triptyque de trois ensembles de facteurs offre-demande-règlementation, semble ainsi s'être imposé au sein de la littérature, comme le montre le tableau 2 qui synthétise les travaux qui mobilisent explicitement ce cadre théorique.

Ainsi, cette littérature semble se construire autour d'un consensus, qui voudrait que l'innovation environnementale soit guidée par trois ensembles de facteurs : des éléments issus de l'offre, de la demande, et de la réglementation⁸. De fait, elle suit une vision dans laquelle on applique des catégories d'analyse traditionnelles de *technology push* et de *market pull*, que l'on agrège avec des facteurs relatifs à la réglementation⁹. Toutefois, l'introduction de la notion de double externalité et du triptyque offre-demande-règlementation a permis de faire un pas en avant dans l'analyse des déterminants de l'innovation environnementale, par la mise en évidence d'une diversité de facteurs.

L'objectif de la seconde partie de ce chapitre est d'avancer vers la construction d'un cadre théorique plus intégrateur, qui vise à enrichir l'analyse de l'innovation environnementale en mettant en lumière le fait que le comportement microéconomique d'adoption d'innovations environnementales s'insère dans une double dynamique. Il est associé à des processus intra-organisationnels d'une part, et d'autre part à des processus d'interaction entre la firme et les différentes dimensions de son environnement externe.

⁸ Le chapitre II propose de distinguer ces trois ensembles de facteurs et met en évidence la diversité des déterminants microéconomiques selon que la firme éco-innove pour des motifs liés à la réglementation, à la demande, ou à l'offre.

⁹ On met de côté ici le débat sur la pertinence d'agréger des variables issues de l'offre et de la demande, connaissant l'opposition théorique originelle qui existe entre ces deux approches (voir Scherer, 1982) ainsi que la difficulté d'y ajouter en sus le facteur réglementaire.

1.3 Vers la construction d'un cadre d'analyse du comportement éco-innovateur des firmes : la prise en compte des processus de complémentarité et de coévolution

Une caractéristique propre à l'éco-innovation a été peu prise en considération dans les analyses existantes : 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. Ainsi, l'innovation environnementale est une innovation qui « évite ou réduit l'impact environnemental » ou « qui génère un bénéfice environnemental » (Arundel et al., 2007; Kemp et Pearson, 2007; Horbach, 2008). L'externalité environnementale n'existe donc pas *ex-nihilo*, mais doit prendre appui sur une innovation technologique ou d'organisation. Ainsi, l'éco-innovation s'appuie nécessairement sur un *produit*, une *technologie*, ou un *dispositif organisationnel*. Elle doit alors être appréhendée comme une innovation *creatio ex materia*, c'est-à-dire s'adossant sur un substrat préexistant. L'adoption d'éco-innovations ne peut pas, par exemple être analysée telle une adoption de nouvelles technologies par les firmes (comme l'adoption de TICS par exemple). D'un point de vue analytique, cela implique notamment que les phénomènes de complémentarités (Milgrom et Roberts, 1990, 1995) entre adoption de pratiques technologiques et organisationnelles, mis en évidence par la littérature dans les processus d'innovation *standard* (Arora, 1996; Athey et Stern, 1998; Bocquet et al., 2007), sont renforcés dans le cas de l'innovation environnementale.

Dans une perspective évolutionniste, les complémentarités entre les pratiques innovantes et les dispositifs organisationnels au sein de la firme renvoient à une approche qui considère les transformations organisationnelles comme résultant de processus d'adaptation associés aux trajectoires technologiques des firmes (Nelson et Winter, 1982). Cette approche considère les dynamiques d'adoption d'innovations environnementales comme allant de pair avec des processus d'apprentissage et de création de « *green dynamic capabilities* » (Chen et Chang, 2013).

Par ailleurs, la seconde spécificité de l'innovation environnementale réside dans sa double externalité. En effet, une éco-innovation génère non seulement une externalité

positive de connaissance (produite par toute innovation *standard*) mais aussi un effet externe environnemental positif. Ce spillover environnemental a été pris en compte dans la littérature, à travers la notion de *regulatory push-pull* (Rennings, 2000), par la prise en compte de la réglementation. Au-delà de cette prise en compte de la dimension réglementaire, il s'agit de considérer la « valeur environnementale » (Lafaye et al., 2000) incorporée dans l'externalité environnementale comme porteuse d'incertitude¹⁰. Dans l'analyse des processus d'adoption d'innovations environnementales, cette incertitude renforce l'interaction entre les firmes et ses différentes facettes de leur environnement externe, dans les processus d'adoption d'innovations environnementales.

De plus, dans une approche où l'on considère que la prise en compte de la question environnementale est associée au passage d'un univers stabilisé à un univers controversé (Godard, 1993; Godard et Salles, 1991), les processus de diffusion d'innovations environnementales renvoient à des effets épidémiques (Mansfield, 1961, 1968) et aux mécanismes d'isomorphisme institutionnel (DiMaggio et Powell, 1983)

Ainsi, on considérera que le comportement éco-innovateur de la firme, au-delà des conditions réglementaires, d'offre et de demande, est fortement lié à deux ensembles de facteurs interactifs. Du fait des spécificités de l'innovation environnementale, les processus d'innovations environnementales reposent ainsi sur une combinaison de logiques internes et externes, associées à des processus intra-organisationnels - *les processus de complémentarité* - d'une part (1.3.1), et d'autre part à des processus d'interaction entre l'organisation et son environnement externe - *les processus de coévolution*- (1.3.2).

¹⁰ Sur ce point, voir les travaux de Callon et al. (2001); Faucheux et Froger (1995), Godard et Salles (1991) Godard (1993), Iyer et al. (2013), Jaffe et al. (2002, 2005), Jaffe et Stavins (1995).

1.3.1 L'adossement de l'innovation environnementale : le rôle des processus de changements dans l'organisation de la firme

La nécessaire imbrication de l'innovation environnementale à une technologie, dans le cas d'innovation de produits ou de procédés, ou à un dispositif organisationnel, dans le cas d'une innovation organisationnelle, implique de prendre en compte les processus de complémentarité entre les différents types d'innovations et de changements à l'œuvre au sein de l'organisation.

L'organisation est un objet d'étude complexe, en tant qu'à la fois système d'information et système de production (Greenan et Mairesse, 2006). Pour Greenan (2003), tout changement dans la distribution des pouvoirs, des qualifications, dans le management de l'information et les modes de communications constitue un changement organisationnel. On considère par ailleurs les changements dans les relations inter-firmes comme une forme de changement organisationnel (voir Benghozi, 2001; Galliano et Orozco, 2013). Comme l'indique Ménard (2012), le changement organisationnel peut être *planifié*, c'est-à-dire portant sur des modifications voulues d'objectifs, de processus, d'activités ou de méthodes, ou *adaptatif*. Selon Greenan (2003), la structure organisationnelle évolue de manière planifiée dans une première optique Williamsonienne, afin de résoudre les problèmes d'asymétrie informationnelle (Qian, 1994; Williamson, 1985) et, dans une seconde optique Aokienne, ceux liés à la rationalité limitée (Aoki, 1986; Bolton et Dewatripont, 1994; Garicano, 2000; Van Zandt et Radner, 2001). Le modèle de la complémentarité (Milgrom et Roberts, 1990, 1995) suppose de manière implicite l'hypothèse d'un changement organisationnel planifié (« *goal-oriented* »). Dans cette approche, le comportement de la firme en termes d'adoption d'innovations est le résultat d'un processus de changement organisationnel planifié qui cherche à optimiser les pratiques organisationnelles, stratégiques et technologiques (Milgrom et Roberts, 1990, Bocquet et al., 2007). En revanche, le changement organisationnel *adaptatif* ne résulte pas de choix délibérés, mais de processus d'ajustements aux changements de l'environnement externe de la firme (Nelson et Winter, 1982; Ménard, 2012). Ainsi la littérature évolutionniste

considère que les changements organisationnels peuvent être appréhendés comme le résultat de la recherche de nouvelles pratiques, d'adaptation et d'apprentissage, de type « problem-solving » (Hodgson et Knudsen, 2007; Garicano, 2000).

La complémentarité entre les changements organisationnels et les processus d'adoption d'innovations environnementales peut être appréhendé au travers de ces deux approches. Dans la première approche, qui considère le changement organisationnel comme *planifié*, l'adoption d'innovations environnementales résulte d'un choix délibéré de la firme associant de manière complémentaire les pratiques innovantes (parmi lesquelles les innovations environnementales) et les pratiques organisationnelles (Antonioli et al., 2013). Dans la perspective d'un changement organisationnel *adaptatif*, l'adoption d'innovations environnementales est complémentaire à la création de compétences organisationnelles nécessaires nécessaires à la mise en œuvre des processus d'innovations environnementales (Wagner et Llerena, 2011).

La première section est consacrée à l'étude du changement organisationnel planifié associé au développement d'innovations environnementales (1.3.1.1). La seconde section examine la relation entre les processus d'innovations environnementales et les changements organisationnels adaptatifs (1.3.1.2).

1.3.1.1 Eco-innovation et complémentarité : une conception planifiée du changement organisationnel

Le concept de complémentarité apparaît dans l'analyse économique avec l'introduction de la fonction de production à facteurs complémentaires, ou fonction de production Leontieff (Allen, 1968). C'est avec les travaux séminaux de Milgrom et Roberts (1990, 1995) que l'idée de complémentarité émerge au sein de la littérature de l'innovation et de l'économie des organisations. L'idée sous-jacente du concept de complémentarité est que, face à un environnement changeant, les pratiques managériales, technologiques (i.e les choix en termes d'innovations), et la structure de la firme doivent évoluer de manière cohérente, comme le met en évidence, dans une perspective historique, Chandler (1962). On dit alors de deux activités qu'elles sont

complémentaires si « le profit ou la valeur générés lorsque l'on les effectue conjointement sont plus élevés que la somme des profits individuels obtenus en n'en effectuant qu'une à la fois » (Milgrom et Roberts, 1997).

Les premiers travaux ont ainsi cherché à montrer ces relations de complémentarités entre évolutions technologiques, stratégiques et des structures organisationnelles de la firme. Milgrom et Roberts (1995) analysent le passage de la firme mutidivisionnelle fordiste à une firme « J » avec une organisation du travail plus flexible et horizontale à travers les relations de complémentarités qui se nouent entre les changements des structures organisationnelles et des pratiques technologiques. En suivant la maximisation d'une fonction de production augmentée, dite supermodulaire, le passage d'une logique de production de masse à celle de différenciation des produits est associé à une flexibilisation de la production : étendre sa gamme de produits rend bénéfique le fait de flexibiliser la production, et vice-versa.

Il y a supermodularité et complémentarité si, suivant Topkis (1995, 1998), Milgrom et Roberts (1990, 1995) et Milgrom et Shannon (1994) on établit deux variables complémentaires x' et x'' dans une *lattice*¹¹ X si une fonction augmentée $f(x', x'')$ dans la *lattice* X est supermodulaire dans ses arguments. C'est-à-dire si et seulement si :

$$f(x') + f(x'') \leq f((\min(x', x'')) + f(\max(x', x''))$$

D'où, dans le cas de choix binaires, la condition suivante :

$$f(1,0) + f(0,1) \leq f(0,0) + f(1,1)$$

Ce qui signifie qu'adopter une pratique x' va être associé à un bénéfice plus grand si la pratique x'' est présente au sein de la firme ; inversement abandonner la pratique x' est plus bénéfique si la pratique x'' a déjà été abandonnée. Comme l'indiquent Bocquet et al. (2007), Arora (1996) et Athey et Stern (1998) si un facteur implique qu'une pratique est complémentaire avec une autre, il y aura adoption de

¹¹ Plus précisément, "a lattice (X, \geq) is a set X with a partial order \geq such that for any $x', x'' \in X$ the set X also contains a smallest element under the order that is larger than both x' and x'' ($x' \vee x''$) and a largest element under the order that is smaller than both $(x' \wedge x'')$ " (Milgrom et Roberts, 1995, p. 181).

toutes les pratiques complémentaires disponibles, même si ce facteur n'a pas d'effets sur ces dernières pratiques. Il résulte de ce dernier postulat qu'une adoption par la firme d'un *cluster* de pratiques, qui traduit le fait que les choix d'adoption des différentes pratiques des firmes seront corrélés.

Trois approches ont été utilisées dans la littérature pour étudier la complémentarité (Mazzanti et Zoboli, 2008). Une première approche dite « *reduced form approach* » (Arora, 1996), dans laquelle l'analyse de la complémentarité se focalise sur l'effet de deux facteurs et sur leur corrélation. La principale limite porte sur le fait que l'étude de la complémentarité ne peut porter que sur deux éléments (Athey et Stern, 1998). Un second type d'approche, la plus répandue, consiste en l'optimisation de la fonction objectif de la firme, qui découle de la théorie de la supermodularité (Milgrom et Roberts, 1995; Bocquet et al., 2007). Une troisième approche consiste à tester la complémentarité à travers des probits bivariés ou multivariés. L'existence de relations de complémentarités dans cette approche est identifiée si l'hypothèse de non-corrélation des résidus est rejetée (Laursen et Mahnke, 2001; Galia et Legros, 2004).

Dans la littérature, ce lien entre les changements organisationnels et l'adoption d'innovations environnementales est étudié par deux séries de travaux. Les premiers travaux qui ont mis en évidence cette relation sont ceux qui ont visé à étudier, notamment en mobilisant le cadre du triptyque, les déterminants globaux de l'innovation environnementale. Une seconde série de travaux, plus récente, a cherché à étudier plus spécifiquement les relations de complémentarités qui se nouent entre innovations environnementales et changements organisationnels.

La première série de travaux visant à l'analyse globale des déterminants microéconomiques de l'adoption d'innovations environnementales indique que la mise en œuvre d'innovations environnementales est corrélée à des changements dans l'organisation de la firme (Rehfeld et al., 2007; Wagner, 2007; Horbach, 2008, Horbach et al., 2012, 2013). En particulier, Horbach (2008) met en évidence un effet plus marqué de l'introduction de nouvelles structures organisationnelles dans l'adoption d'innovations environnementales par rapport à l'adoption d'innovations *standard*. De

plus, l'étude de Horbach et al. (2013), qui cherche à étudier les déterminants de l'innovation environnementale des firmes industrielles françaises et allemandes, notent que la flexibilisation de la production a un effet positif sur l'adoption d'innovations environnementales par celles-ci.

Une seconde série de travaux (tableau 3) vise à étudier spécifiquement les relations de complémentarités qui peuvent émerger lors des processus d'adoption d'innovations environnementales.

Tableau 3: Un survey des travaux portant sur la complémentarité dans la littérature sur l'innovation environnementale

Auteurs	Données	Types d'innovations et de pratiques	Innovations environnementales et complémentarités : Principaux résultats
Mazzanti et Zoboli (2008)	District industriel en Emilie Romagne (2001-2003)	Complémentarités entre déterminants d'éco-innovation Complémentarités entre adoption d'éco-innovation	<p><i>Entre déterminants de l'éco-innovation :</i> Complémentarités entre : -SME et R&D -Networking et R&D pour les IE de baisse d'émission et baisse énergie Pas de complémentarités entre : -Règlementation et R&D -SME et Règlementation</p> <p><i>Entre adoption d'éco-innovations :</i> Complémentarités entre : - IE baisse émissions CO₂ / IE traitement des déchets - IE baisse émissions CO₂/ IE réduction énergie - IE traitement des déchets / IE réduction énergie Pas de complémentarités entre : - IE réduction input / IE baisse émissions CO₂ - IE réduction input / IE réduction énergie</p>
Mazzanti, Antonioli, Gilli, Nicolli (2013)	CIS 2008 Eurostat, Emilie Romagne Allemagne Italie Portugal République Tchèque (2006-2008)	Complémentarités entre adoption d'éco-innovations et adoption de Tics (équipement en logiciel)	<p>Pour l'Allemagne, Portugal et République Tchèque, complémentarités entre adoption de TIC et d'éco-innovations, notamment pour celles visant à réduire les émissions de CO₂</p> <p>Dans le cas de l'Emilie Romagne complémentarité entre changement organisationnel et adoption de système de management de l'information lorsqu'IE porte sur une réduction de l'énergie, ou est un SME.</p>
Antonioli Mancinelli Mazzanti (2013)	CIS 2008 Firmes industrielles d'Emilie Romagne (2006-2008)	Complémentarités entre pratiques organisationnelles et pratiques de GRH (formation) lors d'adoption d'EI	<p>Ensemble des firmes : Pas de complémentarités entre la formations et pratiques organisationnelles lors de l'adoption d'une innovation environnementale Pour les secteurs les plus polluants et soumis à la réglementation environnementale : Complémentarités entre pratiques de GRH et pratiques organisationnelles, lorsque l'IE porte sur une réduction des émissions de CO₂</p>
Doran, Ryan (2014)	CIS 2008 Irlande (2006-2008)	Complémentarités entre différents types d'éco-innovation	<p>Complémentarités entre : -IE réduction énergie / IE recyclage produit après usage -IE recyclage / réduction énergie après usage du bien -IE recyclage / IE réduction de la pollution</p>
Hottenrot Rexhäuser Veugelers (2014)	CIS 2008 allemand EPO (2006-2008)	Complémentarités entre changement organisationnel et adoption d'IE portant sur la réduction du CO ₂	Le changement organisationnel joint à une innovation environnementale qui porte une réduction de CO ₂ génère une plus grande productivité

Synthèse construite par l'auteur

De cette revue de la littérature, qui porte sur cette seconde série de travaux, on peut observer que les relations de complémentarité sont étudiées dans l'analyse économique de l'innovation environnementale sous trois formes :

- Entre *les différents « inputs »*, les déterminants à la source de l'adoption d'éco-innovations (Mazzanti et Zoboli, 2008).
- Entre *les différents « outputs »* d'éco-innovations : entre innovations environnementales organisationnelles et innovations environnementales de produits / procédés ; entre innovations visant à réduire les déchets et celles visant à réduire les émissions de CO₂, etc. (Mazzanti et Zoboli, 2008; Doran et Ryan, 2014).
- Entre *output d'innovation environnementale et adoption d'une autre pratique* : entre adoption de TICS et adoption d'innovations environnementales, entre adoption de nouvelles pratiques organisationnelles et adoption d'innovations environnementales, etc. (Antonioli et al., 2013; Mazzanti et al., 2013; Hottenröt et al. 2014).

Ainsi, en ce qui concerne l'analyse de la complémentarité entre changements organisationnels et adoptions d'innovations environnementales, une première étude de Mazzanti et al. (2013) portant sur l'Allemagne, l'Italie, la République Tchèque et le Portugal, vise à étudier les relations de complémentarités entre différentes pratiques innovantes et technologiques dans l'adoption d'innovations environnementales. Les auteurs mettent en évidence des logiques de complémentarité, dans une dynamique globale de dématérialisation, entre le développement de nouvelles technologies et l'adoptions d'innovations environnementales au sein des firmes industrielles tchèques, allemandes et portugaises. Dans le cas des firmes italiennes, qui appartiennent au district industriel d'Emilie Romagne, la complémentarité entre les différentes pratiques technologiques et organisationnelles n'apparaît en revanche que rarement (2 fois sur 48 configurations) lorsque la firme adopte une innovation environnementale. Une complémentarité existe entre changement organisationnel et adoption de système de

management de l'information lorsqu'il y a adoption d'une innovation environnementale portant sur la réduction de l'énergie, ainsi que lors de la mise en place d'un SME. Une autre étude d'Antonioli et al. (2013) met en évidence l'existence de complémentarités entre pratiques de gestion de ressources humaines et pratiques organisationnelles de type « *High Performance Work Practices* » (HPWP), lorsque l'éco-innovation adoptée porte sur la réduction des émissions de CO₂, pour les firmes des secteurs polluants, soumis à des réglementations fortes.

L'ensemble de ces travaux tend à valider les intuitions de l'hypothèse de Porter. En effet, les complémentarités tendent à se nouer lorsque l'éco-innovation vise à réduire la consommation de l'énergie, pour les firmes soumises à une réglementation stricte. L'analyse de Doran et Ryan, qui met en évidence l'effet positif sur la performance économique de l'adoption d'éco-innovation réduisant la consommation de ressources (Doran et Ryan 2014) renvoie à la version forte de l'hypothèse de Porter.

1.3.1.2 Innovation environnementale et changement organisationnel adaptatif : apprentissage organisationnel, capacités dynamiques et capacité d'absorption

L'approche évolutionniste suggère que le changement organisationnel est associé à une relation de co-évolution entre logiques internes aux firmes et forces provenant de leur environnement externe (Dosi et Marengo, 1994). L'organisation évolue ainsi sous l'effet de tensions entre routines, schèmes de reproduction de comportements réguliers et prévisibles, et le développement de compétences, qui conduisent la firme à rechercher de nouvelles routines, induisant du changement organisationnel « adaptatif » (Nelson et Winter, 1982; Dosi et al., 1990; Cohendet et Llerena, 1999; Ménard, 2012). Cette approche considère ainsi le changement organisationnel comme « *an endogenously induced change of organizational routines* » (Becker et Lazaric, 2003). Les routines organisationnelles sont analysées ici comme des répertoires de capacités organisationnelles (Becker et al., 2005) qui

comportent des dimensions politiques et cognitives (Becker et al., 2005; Lazaric, 2011; Cohendet et Llerena, 2003).

Dans l'analyse du comportement éco-innovateur des firmes, il s'agit alors pour la firme de développer des compétences « *that improve responsiveness to sustainability challenges* » (Wagner et Llerena, 2011). En ce sens, l'adoption d'innovations environnementales va de pair avec le développement de capacités, ou de compétences, ayant trait aux questions environnementales, qui vont faire évoluer l'organisation de la firme.

La conception d'un changement organisationnel adaptatif renvoie à une conception de la firme de type *problem-solving*. Les compétences de type *problem-solving* sont conçues comme des procédures et dispositifs physiques et cognitifs visant à résoudre un problème spécifique (Garicano, 2000; Garicano et Wu, 2012). Ces compétences se cristallisent dans les dispositifs et routines organisationnelles qui sont encadrés dans les modes de division du travail et d'affectation des pouvoirs de décision au sein de la firme (Moati et Mouhoud, 1997). *In fine*, à travers ces compétences *problem-solving* spécifiques, les firmes engendrent des connaissances productives spécifiques et des formes organisationnelles qui leur sont propres (Cyert et March, 1963; Dosi et Marengo, 2007). Ce type d'approche insiste en particulier sur le rôle de l'apprentissage organisationnel (Argyris et Schön, 2002; Nonaka et Takeuchi, 1995; Langlois et Garrouste, 1997) et de la création de capacités dynamiques (Teece et al., 1997) dans l'évolution de la structure organisationnelle. Dans ce cadre, la structure de coordination détermine la capacité de l'organisation à mobiliser et à intégrer différents types de connaissances, et à articuler apprentissage individuel et collectif (Lam, 2000).

L'influence de l'environnement externe sur le changement organisationnel adaptatif aura des effets divers sur les firmes si l'on prend en compte le rôle de leurs ressources internes et en particulier de leurs capacités dynamiques. Celles-ci sont définies par Teece et al. comme « *The firm's ability to integrate, build, and reconfigure internal and external competences to address rapidly changing environments* » (1997). La notion de capacité dynamique traduit l'idée que la firme doit pouvoir reconfigurer sa

base de ressources (Penrose, 1959) pour faire face aux changements de l'environnement externe. Zahra et Georges (2002) estiment que la capacité d'absorption est une capacité dynamique qui permet de maintenir l'avantage concurrentiel d'une firme (Noblet et Simon, 2010; Noblet et al., 2011). Pour Van den Bosch et al. (1999), la capacité d'absorption de la firme est l'aptitude à reconnaître la valeur de la connaissance extérieure, à l'assimiler et à l'appliquer à des fins commerciales. Elle est déterminée notamment par la structure organisationnelle et les compétences de la firme (van den Bosch, 1999), ainsi que par la source et la nature des connaissances (Zahra et Georges, 2002). Plusieurs auteurs ont mis en évidence le rôle de la capacité d'absorption de la firme dans sa performance à l'innovation *standard* (Cohen et Levinthal, 1990; Tsai, 2001; Stock et al., 2001).

Un ensemble de travaux issus du management stratégique met en lumière les liens qui unissent les changements adaptatifs des firmes de leur comportement éco-innovateur, depuis notamment l'introduction par Hart (1995) de la notion de « *natural resource based view of the firm* ». Ces travaux visent à remettre en cause que les « *cost-benefit frameworks are dominant and influence corporate managers to adopt only those limited investments in environmental practices which can yield tangible monetary benefits within an economic time frame* » (Hart, 1995; Sharma et Vredenburg, 1998) en cherchant à mettre en lumière les « *linkages between environmental responsiveness strategies and the emergence of competitively valuable organizational capabilities* » (Marcus et Geffen, 1998; Sharma et Vredenburg, 1998). Wagner et Llerena (2011) mettent en évidence le besoin des compétences organisationnelles « *that improve responsiveness to sustainability challenges* », par notamment la prise en compte des stakeholders (Freeman, 1984) et la nécessité de capacités dynamiques associées à l'apprentissage organisationnel (Sharma et Vredenburg, 1998; Llerena, 1999; Aragon-Correa et Sharma, 2003; Marcus et Anderson, 2006; Wagner et Llerena, 2011). Chen et Chang (2013) introduisent la notion de « *green dynamic capabilities* », définie comme « *the ability of a company to exploit its existing resources and knowledge to renew and develop its green organizational capabilities to react to the dynamic market* ». Ils

montrent que l'existence de « *green dynamic capabilities* »¹² favorise l'adoption d'innovations environnementales de produits.

En conclusion, des travaux issus de différentes approches tendent à mettre en évidence des relations de complémentarités entre les processus d'innovations environnementales et les changements organisationnels, qu'ils soient planifiés, ou adaptatifs.

Proposition 1 : le développement d'innovations environnementales est fondamentalement associé à des processus de changements organisationnels (planifiés et adaptatifs)

1.3.2 La double externalité de l'innovation environnementale : le rôle accru de l'environnement externe

La double externalité propre à l'éco-innovation a été prise en considération dans la littérature par la prise en compte du rôle de la réglementation environnementale sur l'adoption d'innovations environnementales. Au-delà de cette dimension réglementaire, il s'agit de prendre en compte l'influence du spillover environnemental sur les relations de la firme avec les différentes facettes de son environnement externe dans l'analyse et la compréhension de son comportement éco-innovateur.

Pour O. Godard et J-M. Salles (1991), l'émergence des préoccupations environnementales marque le passage d'un « univers stabilisé » à un « univers controversé ». Cette notion d'univers controversé traduit le fait que les difficultés de perception des risques en matière d'environnement et d'évaluation des impacts

¹² Les auteurs mesurent les « *green dynamic capabilities* » à travers sept critères : « (1) *The company has the ability that can fast monitor the environment to identify new green opportunities*; (2) *The company has effective routines to identify and develop new green knowledge*; (3) *The company has the ability to develop green technology*; (4) *The company has the ability to assimilate, learn, generate, combine, share, transform, and apply new green knowledge*; (5) *The company has the ability to successfully integrate and manage specialized green knowledge within the company*; (6) *The company has the ability to successfully coordinate employees to develop green technology*; (7) *The company has the ability to successfully allocate resources to develop green innovation.* » (Chen et Chang, 2013).

environnementaux accroissent l'incertitude dans les processus de décision des firmes. Quatre paramètres caractérisent cette incertitude liée à l'environnement : i) *le mode de perception du problème*, ii) *la nature des intérêts concernés*, iii) *le degré de réversibilité ou d'irréversibilité des phénomènes physiques, écologiques ou sanitaire en cause*, iv) *le degré de stabilisation de la connaissance scientifique des problèmes* (Godard 1993; Godard et Salles 1991)¹³.

Cette conception traduit l'idée selon laquelle l'existence de spillover environnementaux accentue l'incertitude dans les comportements d'adoption et les processus de diffusion d'innovations environnementales (Godard et Salles, 1991; Godard, 1993; Faucheux et Froger, 1995; Jaffe et Stavins 1995; Callon et al. 2001 ; Jaffe et al., 2002, 2005; Iyer et al. 2013). Dans le cas de l'innovation environnementale, qui est caractérisée par l'existence d'une seconde externalité environnementale, le poids de l'interaction entre la firme et son environnement externe s'en trouve alors renforcé (1.3.2.1) ainsi que les logiques épidémiques et mimétiques qui structurent sa diffusion (1.3.2.2).

1.3.2.1 Les processus d'interaction avec l'environnement de la firme : marché, espace, information, réglementation, secteur

Pour P. Moati, « *chaque entreprise tente d'identifier quels sont les comportements les plus adaptés à l'état de son environnement sectoriel. Cette identification s'opère sur la base d'une appréhension subjective des différentes facettes de son environnement* » (2008). En considérant que les firmes, dans les processus

¹³ Ainsi, l'introduction de la question environnementale marque le passage, dans les processus de décision, d'un univers stabilité à un univers controversé, c'est-à-dire, i) d'une perception directe et immédiate du dommage externe subi ou émis à « *une perception du problème qui accède à la conscience collective au travers d'une construction scientifique ensuite relayée par toutes sortes de médiations et réélaborations par les experts, les administrations, les organismes professionnels et les médias* », ii) d'un univers où les intérêts concernés sont ceux d'agents capables de révéler leurs préférences à travers des procédures *ad hoc* (marchés, enquête, etc.) à un univers où des tiers ont des intérêts concernés (générations futures, pays étrangers, espèces naturelles considérées pour elles-mêmes), iii) d'un univers où le dommage est perceptible durant l'action qui la commet, à un univers où l'irréversibilité des dommages est forte et où les possibilités de réparation ou de restauration se situe à un horizon temporel inaccessible iv) d'un univers où la connaissance scientifique est suffisante et stabilisée, et partagée, au sein duquel les dommages sont identifiés et les chaînes de causalité qui les sous-tendent sont déterminées, à un univers où l'incertitude scientifique pèse encore sur la nature des problèmes, de leurs causes et conséquences. (Godard et Salles, 1991, Godard, 1993).

d'innovations environnementales, agissent dans un univers controversé, il s'agit de mettre en évidence ici les formes d'interaction qu'elles ont avec les différentes facettes de leur environnement, marchand, spatial, règlementaire, sectoriel mais aussi informationnel à travers notamment le rôle des opportunités technologiques, dans la compréhension des logiques de développement des éco-innovations.

La prise en compte de l'environnement marchand dans l'analyse de l'innovation *standard* renvoie le plus souvent, dans la lignée de Schumpeter, au lien entre la forme de structure de marché et l'activité d'innovation (Galliano et al., 2013). La littérature économique n'est ainsi pas unanime sur le type de structure de marché qui favoriserait l'innovation (cf. Cohen, 2010). Concernant l'influence du marché sur le comportement des firmes en termes d'adoption d'innovations environnementales, la littérature est aussi peu convergente sur la question de l'impact du degré de concentration sur l'activité éco-innovatrice et sur la forme de structure de marché qui favoriserait la probabilité d'éco-innover. Pour Horbach (2008), une structure de marché de type monopolistique réduit les risques d'appropriabilité de l'innovation, en particulier pour les grandes firmes qui auront tendance à moins craindre les phénomènes d'imitation. Kephaliacos et Grimal (2000) montrent qu'une situation de marché imparfait incite à l'adoption d'éco-innovation radicale (*cleaner production*).

L'hypothèse de Porter (Porter, 1991; Porter et van der Linde, 1995a, 1995b) estime que l'adoption d'éco-innovations, en réduisant les coûts de production des firmes industrielles, améliore leur performance à l'export. Les travaux empiriques tendent à valider cette hypothèse (Costantini et Crespi, 2008; Costantini et Mazzanti, 2012). Ainsi, la taille du marché et l'ouverture internationale (dans une optique se rapprochant des aspects *market pull*) sont positivement associées à l'adoption d'innovations environnementales. Plusieurs travaux mettent en évidence l'influence de la taille du marché, et notamment le rôle positif des échanges internationaux sur l'éco-innovation. Pour Conceição et al. (2006) et Horbach (2008), une forte propension à exporter joue positivement et le fait d'être fortement exposé à la concurrence internationale a un effet positif sur la probabilité de développer des innovations environnementales. Seuls

Rehfeld et al. (2007) montrent qu'exporter n'a pas d'influence sur l'adoption d'innovation produit.

L'importance de l'environnement spatial renvoie notamment à la localisation de la firme en tant que source d'externalités de connaissance favorables à l'innovation (Audretsch et Feldman, 1996; Galliano et al., 2013). La littérature mobilisant la géographie de l'innovation est abondante pour montrer le rôle des externalités d'agglomération et de la proximité des agents dans la diffusion des innovations et des connaissances (Feldman et Audretsch, 1999; Bocquet et Brossard, 2008; Crespo, 2011; Vicente et al., 2011). Elle met en évidence différents types d'externalités spatiales liées à l'agglomération : des économies d'agglomération urbaines associées notamment à des infrastructures de qualité et des bassins de main d'œuvre qualifiée et des effets d'agglomération industrielles renvoyant à la présence de firmes appartenant au même secteur et à une main d'œuvre spécialisée (Antonelli, 1999; Neffke et al., 2011; Galliano et al., 2013). Les zones géographiques diversifiées offrent différents bénéfices par rapport aux zones spécialisées (effets Jacobs d'agglomération urbaine, 1969 et effets de localisation Marshalliens, 1890) (Balland et al., 2013). Les zones rurales sont marquées au contraire par différents désavantages liés notamment à la faiblesse des relations inter-firmes, au manque de diversité du capital humain et à de faibles externalités de connaissance (Autant-Bernard et al., 2006; Galliano et Roux, 2006).

Cette littérature sur les effets spatiaux reste peu importante dans l'analyse des déterminants des éco-innovations. Costantini et al. (2011) intègrent une variable régionale pour comparer les performances environnementales de différentes régions italiennes (Ferru et al. 2013). Un possible effet « district industriel » (Marshall, 1890) est évoqué par Mirata et Emtairah (2005), qui suggèrent le rôle d'« *industrial symbiosis networks* » dans la diffusion de l'éco-innovation, et par Mazzanti et Zoboli (2009), dans le cas du district industriel d'Emilie-Romagne.

Concernant l'environnement informationnel, les analyses en termes de système d'innovation (Edquist, 1997; Lundvall, 1992) et d'*open innovation* (Chesbrough, 2003; Chesbrough, 2006) mettent l'accent sur la dimension systémique et le rôle des sources

externes de connaissance dans le processus d'innovation. La notion de système d'innovation (Edquist, 1997; Lundvall, 1992) repose notamment sur l'idée que la firme est encadrée dans divers réseaux et institutions. Malerba a décliné ce cadre d'analyse à l'échelle du secteur en introduisant le concept de système sectoriel d'innovation (Malerba, 2002, 2005a, 2005b). Dans ce cadre conceptuel, l'environnement informationnel est décisif dans la mesure où les processus d'innovation découlent des interactions entre la firme et les acteurs qui composent son secteur. Ainsi au-delà des critères d'offre, de demande et réglementaire, il s'agit de considérer le mode de circulation des informations et des formes de coordination entre acteurs pour écoinnover.

Les opportunités technologiques (Klevorick et al., 1995; Becker et Peters, 2000) renvoient à l'analyse du rôle des sources externes de connaissance sur l'activité d'innovation des firmes. La nature et les formes des opportunités technologiques sont des facteurs déterminants à prendre en compte pour expliquer, aux niveaux microéconomique et mésoéconomique, les performances en termes d'intensité de R&D et d'innovation (Jaffe, 1986). Différentes sources d'opportunités technologiques sont mises en évidence dans les analyses empiriques. Klevorick et al. (1995) définissent les opportunités technologiques à partir de trois sources : les avancées scientifiques, les avancées technologiques externes au secteur (autres industries, organismes de recherche etc..) et, enfin, les retours provenant des avancées technologiques antérieures de son propre secteur. Ils aboutissent à l'idée que le niveau d'opportunité est d'autant plus élevé que les sources sont variées. Becker et Peters (2000) considèrent le stock de connaissance de la firme comme une fonction du stock de connaissances externes accumulées en distinguant les sources industrielles et non industrielles d'information et de connaissances. Les sources industrielles renvoient aux acteurs des filières tels que les clients, les fournisseurs ou les concurrents. Les sources non industrielles renvoient plus spécifiquement aux sources provenant des institutions scientifiques et universités. Pour ces auteurs, ces différentes sources constituent un éclairage pertinent des opportunités technologiques qui s'offrent à la firme (cf. également Cohen, 2010). Par ailleurs, la coopération pour innover (Hagedoorn, 2002) favorise plus la transmission de connaissances tacites et situées contrairement à l'information qui renvoie plus

spécifiquement à des connaissances codifiables (Cowan et al., 2000; Cowan et al., 2006).

Ces enjeux renvoient à l'adoption par les firmes de pratiques d'« *open innovation* » (Chesbrough, 2003; Laursen et Salter, 2006). Chesbrough définit l'*open innovation* tel un « *paradigm that assumes that firms can and should use external ideas as well as internal ideas, and internal and external paths to market, as firms look to advance their technology* » (2003). L'adoption de pratiques d'innovations ouvertes par les firmes permet d'améliorer leur performance à l'innovation (Kechidi et Labrouche, 2013). Cette approche considère qu'opter pour un « *open innovation mode* » est associé à une perméabilité croissante des « *knowledge boundaries* » entre firme et environnement externe, autrement dit, à des degrés d'appropriabilité de l'innovation de plus en plus faibles.

Dans l'analyse des déterminants de l'innovation environnementale, les travaux montrent le rôle clé joué par la coopération et les sources d'information dans le développement d'éco-innovations. Pour Horbach et al. (2012), la coopération pour innover a un effet supérieur à l'éco-innovation comparativement aux autres formes d'innovation. Rave et al. (2011), en se basant sur des données de brevets, constatent que coopérer avec une université dans le cadre de développement d'innovations environnementales est plus fortement associé à des éco-innovations radicales qu'incrémentales. La coopération avec les fournisseurs est particulièrement mise en évidence dans la littérature empirique (cf. survey de de Marchi, 2012), et notamment dans le secteur automobile (Geffen et Rothenberg, 2005 pour les Etats-Unis et Simpson et al., 2007 pour le cas australien). En ce qui concerne les sources d'information, l'article de Horbach et al. (2013) sur les industries françaises et allemandes, montre que si dans le cas français, les sources d'information internes au groupe, avec l'université, ou informelles (foires, associations professionnelles etc..), ont un effet positif à l'éco-innovation, les firmes industrielles allemandes sont négativement sensibles à l'information interne et ne sont pas influencées par l'afflux d'informations informelles ou provenant des universités. Montresor et al. (2013) distinguent l'influence de la largeur (*breadth*) et la profondeur (*depth*) des sources externes de connaissance dans l'étude d'un « *open environmental innovation mode* ». La largeur, qui est le nombre de

sources externes différentes, a un effet positif sur l'adoption d'éco-innovations. En revanche, ils montrent une relation de type « U inversé » entre la profondeur (c'est-à-dire l'intensité) des sources de connaissance avec la propension à éco-innover. Au-delà de 6 sources différentes, le « rendement marginal » tend à décroître jusqu'à être négatif lorsqu'il s'agit de 9 sources différentes. Ainsi la firme ne peut être trop « ouverte », une relation de substituabilité s'installant entre construction de connaissances et compétences au sein de la firme à travers l'effort de R&D, et l'ouverture à des sources externes de connaissance pour éco-innover (Montresor et al., 2013).

L'influence de l'environnement sectoriel de la firme sur son comportement d'adoption renvoie notamment à la nature du produit (notamment à ses caractéristiques techniques et à son cycle de vie) ainsi qu'aux réglementations propres à chaque industrie. L'économie de l'environnement appréhende l'influence de la réglementation sur la firme dans une optique selon laquelle la firme serait soumise à une plus ou moins grande sévérité de la réglementation, et donc à de plus ou moins fortes incitations / stimuli qui la pousserait à adopter des innovations environnementales. Rennings, avec la notion de *regularity-push pull effect* (2000), ainsi que les travaux des économistes de l'innovation, ne s'éloignent pas fondamentalement de cette vision théorique. Pourtant, nous émettons l'hypothèse que la réponse de la firme à la réglementation est plus complexe qu'une simple réponse à un stimulus. Wagner et Llerena (2011) apprécient le lien organisation / réglementation à travers une relation de co-évolution¹⁴. En effet, ces auteurs rejettent l'opposition simpliste entre dimensions internes à la firme et réglementation, postulant une relation co-évolutive entre ces mécanismes internes à la firme et logiques réglementaires (Aggeri, 1999), dans un processus de production de capacités dynamiques (Teece et al., 1997). Portney (2008) montre ainsi que la réglementation engendre l'adoption d'éco-innovations à condition que les capacités nécessaires à leur développement sont présentes au sein de la firme ; les firmes qui n'en ont pas devant se tourner vers l'extérieur et faire appel à la coopération pour éco-

¹⁴ « *In biology, co-evolution refers to an evolutionary process based on reciprocal responses between two interacting species. The concept can be broadened to encompass any ongoing feedback process between two evolving systems, including social and ecological systems. Sociosystems and ecosystems are maintained through numerous feedback mechanisms. Co-evolution occurs when at least one feedback is changed, which then initiates a reciprocal process of change* » (Norgaard, 1984).

innover. Les effets de la réglementation sont ainsi différents dès lors qu'on prend en considération son interaction avec les processus à l'œuvre à l'échelle de la firme (voir 1.3.1). De même, le poids de la réglementation va dépendre des processus de diffusion de l'innovation environnementale parmi les firmes appartenant à un même secteur.

Proposition 2 : l'existence du spillover environnemental renforce l'influence des différentes formes d'interaction entre la firme et son environnement externe dans l'adoption d'innovations environnementales

1.3.2.2 Les processus de diffusion de l'innovation environnementale : les mécanismes d'isomorphisme institutionnel

Usuellement, on distingue deux types de modèle de diffusion de l'innovation *standard* (Geroski, 2000), les modèles dits d'*équilibre* et ceux dits de *déséquilibre* (Kemp et Volpi, 2008). Les modèles dits d'*équilibre* considèrent l'adoption d'une innovation comme résultant d'un arbitrage coût-bénéfice. Ces modèles analysent généralement l'adoption et la diffusion de l'innovation en mettant l'accent sur trois types d'effets : les effets de rang, les effets de stock, et les effets d'ordre (David, 1991; Karshenas et Stoneman, 1993; Battisti et Stoneman, 2003). Les critères de « rang » sont liés aux caractéristiques des firmes, la taille, le pouvoir de marché ou encore l'accès aux ressources : les firmes de plus haut rang vont ainsi adopter en premier les innovations (David, 1991; Karshenas et Stoneman, 1993). Les effets de stock sont associés au nombre d'adoptants de l'innovation, avec l'idée que *plus le nombre d'adoptants est élevé, plus le bénéfice d'adopter est faible* (Reinganum, 1981; Karshenas et Stoneman, 1993). Les effets d'ordre dans l'adoption renvoient aux questions de « *first mover* » et d'intérêt à être le premier (ou non) dans l'ordre des adoptants (Fudenberg et Tirole, 1985).

Les travaux empiriques appliquant ces modèles d'équilibre à l'étude de l'innovation environnementale (Jaffe et al., 2002; Popp, 2005; Kemp et Volpi, 2008)

s'attachent en particulier, dans une vision hicksienne d'*induced innovation*, à traiter la question de la diffusion de la réglementation environnementale (Kern et al., 2005; Tews et al., 2003). Elle met en évidence les effets d'ordre (Porter et van der Linde, 1995a) et l'avantage d'être le first mover, notamment pour des questions d'acquisition d'avantage comparatif (Porter, 1991).

Les hypothèses néoclassiques sur lesquelles ces modèles sont fondés, et en particulier celles de rationalité et d'information parfaites sont réfutées par les modèles « épidémiques » (Griliches, 1957; Mansfield, 1961, 1968). Ce second type de modèle met l'accent sur les interactions qui existent entre adoptants, à travers la diffusion du spillover de connaissance. Les modèles de diffusion « épidémiques » empruntent à l'épidémiologie pour l'analyse de la diffusion de l'innovation. En prenant en compte l'existence de spillover de connaissance, l'innovation se répandrait au sein du secteur telle une épidémie, en suivant l'idée qu'un adoptant est infecté et va infecter à son tour un potentiel adoptant à travers la diffusion d'informations au sein du secteur. Cette conception implique que *plus le taux d'adoptant est élevé, plus la probabilité pour une firme d'être contaminée par un adoptant est élevée* (voir Geroski, 2000; Sarkar, 1998).

Ces deux types de modèles tendent ainsi à développer, en termes de diffusion de l'innovation, des résultats radicalement opposés. Les modèles d'équilibre postulant, de par les effets d'ordre et de rang, un bénéfice décroissant à adopter selon le degré de diffusion de l'innovation, alors que les modèles épidémiques renvoient à une probabilité croissante d'adopter avec le degré de diffusion de l'innovation. Cette différence théorique provient notamment de la prise en compte de la question de l'incertitude par les seconds types de modèle de *déséquilibre*. Les modèles « mimétiques » et de « cascades informationnelles » estiment que les comportements de mimétisme expriment une forme de gestion de l'incertitude par les firmes (DiMaggio et Powell, 1983; Bikhchandani et al., 1998; Suire et Vicente, 2009). DiMaggio et Powell suggèrent un phénomène d'« isomorphisme institutionnel » (1983) qui implique un mouvement de convergence des comportements intra-sectoriel. Ils invoquent trois mécanismes à la source de cette homogénéisation des comportements, ou de processus de « convergence des choix » (Dalla et Vicente, 2006). Le premier mécanisme est le *mécanisme coercitif* (« *coercive isomorphism* ») qui renvoie à l'existence de règles, normes, réglementations

qui affectent les entreprises appartenant à un même secteur. Le second mécanisme est le *mécanisme mimétique* (« *mimetic processes* »), qui traduit les processus d'imitation parmi les firmes d'un même secteur. Le troisième est le *mécanisme normatif* (« *normative pressures* »). Le mécanisme normatif renvoie au fait que les institutions plus ou moins formelles au sein du secteur (telles que les associations professionnelles, foires, conférences, formations, presses spécialisées) contribuent à établir une base cognitive commune à la source d'une convergence des comportements (Scott, 1995).

Les trois mécanismes d'isomorphisme institutionnel sont particulièrement à l'œuvre dans le comportement éco-innovateur des firmes. Le premier mécanisme coercitif renvoie directement à la dimension de « *regulatory push-pull effect* », de réglementation environnementale. En effet le cadre réglementaire, et les multiples formes de réglementations environnementales (taxes, normes, marché de droits à polluer...) se déploient à l'échelle sectorielle. DiMaggio et Powell illustrent d'ailleurs ce mécanisme à travers la mise en place d'une réglementation environnementale : « *manufacturers adopt new pollution control technologies to conform to environmental regulations* » (1983). La réglementation environnementale constitue donc un mécanisme coercitif qui agit positivement sur la convergence des comportements en termes d'adoption d'innovations environnementales par les firmes d'un même secteur.

S'agissant du second mécanisme mimétique, les deux auteurs affirment que le comportement innovateur des firmes est associé à leur volonté d'améliorer leur légitimité (« *legitimacy* »), entendue comme « *l'impression partagée que les actions de l'organisation sont désirables, convenables ou appropriées par rapport au système socialement construit de normes, de valeurs ou de croyances sociales* » (Suchman, 1995). Cette recherche de légitimité est particulièrement prégnante dans le comportement éco-innovateur des firmes (Godard, 1990 ; Bansal et Clelland, 2004; Boiral, 2007). De plus, les comportements mimétiques se renforcent avec le degré d'incertitude (DiMaggio et Powell, 1983; Appold, 2005; Suire et Vicente, 2009). Or, *le caractère environnemental de l'éco-innovation renforce la dimension d'incertitude* (Faucheux et Froger, 1995; Jaffe et Stavins, 1995; Callon et al., 2001; Jaffe et al., 2002, 2005; Iyer et al., 2013). En conséquence, le comportement éco-innovateur des firmes est fortement marqué par des interactions mimétiques (Orlean, 2002) plus ou moins

formelles, dans une approche selon laquelle la firme prend en compte le comportement et les informations issus de ses concurrents et des précédents adoptants (Bikhchandani et al., 1998).

Enfin, le troisième mécanisme d'isomorphisme normatif est mis en évidence dans l'adoption et la diffusion d'innovations environnementales (Delmas, 2002; Delmas et Toffel, 2004; Levy et Rothenberg, 2002). Kollman et Prakash (2001) expliquent la différence des comportements d'adoption de SME des firmes états-uniennes, britanniques et allemandes par l'hétérogénéité des pressions informelles provenant des associations sectorielles. Berrone et al. (2013) montrent que la pression normative joue positivement à l'adoption d'innovations environnementales pour les firmes appartenant à des secteurs polluants.

Proposition 3 : les trois mécanismes qui gouvernent à l'isomorphisme institutionnel (coercitif, mimétique et normatif) ont une influence majeure dans les comportements éco-innovateur des firmes.

1.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons eu pour objectif de développer une étude théorique de l'analyse économique de l'innovation environnementale. Après avoir dans un premier temps passé en revue la littérature existante, la seconde partie du chapitre fut consacrée à établir les bases théoriques de l'analyse des déterminants de l'adoption d'innovations environnementales. On a distingué deux types d'approches appréhendant l'innovation environnementale au sein de la littérature économique. L'approche environmentaliste considère l'adoption d'innovations environnementales comme résultat d'un processus mécaniste qui considère l'adoption d'innovations environnementales comme « *induced* » par la réglementation environnementale. Dans ce cadre, seul l'instrument réglementaire peut être à la source d'adoptions d'innovations environnementales. L'hypothèse de Porter (Porter, 1991; Porter et van der Linde, 1995a, 1995b), par la remise en cause du *trade-off* entre gains économiques et gains

environnementaux associé au postulat d'optimum de pollution, suggère la possibilité de gains économiques induits par l'adoption d'innovations environnementales. En cela, Porter et van der Linde contribuent à donner de l'ampleur à la question de l'innovation environnementale, en la plaçant au cœur des enjeux de performance économique et de performance environnementale. Toutefois, ils restent dans un cadre conceptuel impliquant que seule la réglementation peut constituer un déterminant de l'adoption d'innovations environnementales. Afin de tester notamment la validité de cette hypothèse de Porter, de nombreux travaux vont viser à étudier le lien entre réglementation environnementale et adoption d'innovations environnementales, qui vont montrer que cette relation est effective notamment lorsque la firme appartient à un secteur polluant.

Rennings, par la notion de double externalité (2000), va contribuer à introduire la question de l'innovation environnementale dans le champ de l'économie de l'innovation. En proposant un triptyque de trois types de déterminants, issus de la réglementation, de l'offre et de la demande, il va orienter la recherche des facteurs de l'adoption de l'éco-innovation qui, comme le montre notre revue de la littérature, va mobiliser ce cadre conceptuel du triptyque. Les études empiriques qui ont suivies ont alors approfondi l'analyse des déterminants de l'innovation environnementale en montrant, au-delà des facteurs règlementaires, les facteurs de type *technology push* et *demand pull*. Le cadre conceptuel mobilisé par ces économistes de l'innovation est emprunté à celui de l'analyse de l'innovation *standard* (*technology push* et *demand pull*), auquel on ajoute une dimension règlementaire (*regulatory push-pull effect*). Or, on distingue deux spécificités de l'innovation environnementale : celle de ne pas exister en soi, devant s'appuyer sur une technologie ou un dispositif organisationnel, et celle de générer un spillover environnemental. La deuxième partie de ce chapitre propose un cadre d'analyse microéconomique de l'innovation environnementale qui prend en compte cette double spécificité. Le premier lien fort mis en évidence est celui qui unit innovation environnementale et organisation de la firme. Du fait du nécessaire adossement de l'éco-innovation à des produits et des dispositifs organisationnels, notre première proposition théorique porte sur le fait que l'adoption de l'innovation

environnementale est intimement liée à des processus intra-organisationnels. Nous avons présenté deux formes changements organisationnels associées à l'adoption d'innovations environnementales : des mécanismes de changement organisationnel planifié, mettant en avant l'adoption d'innovations environnementales faisant partie d'un cluster de pratiques complémentaires, et des mécanismes de changements organisationnels adaptatifs, renvoyant à des dimensions de créations de compétences associées à des dynamiques d'apprentissage organisationnel. Le second lien fort mis en évidence est celui qui noue la firme et son environnement externe dans son comportement éco-innovateur. L'existence de l'externalité environnementale, et la valeur environnementale qu'elle transporte, accroît l'incertitude dans les comportements d'adoption d'innovations environnementales, renforçant le poids des processus d'interaction entre la firme et les différentes dimensions de son environnement externe et les mécanismes d'isomorphisme institutionnel dans les processus de diffusion de l'innovation environnementale.

Ainsi, le comportement éco-innovateur de la firme, au-delà des conditions d'offre, de demande et règlementaire, est fortement lié aux processus intra-organisationnels d'une part, aux caractéristiques de son environnement externe d'autre part. La double spécificité de l'éco-innovation renforce ainsi les processus de complémentarités intra-organisationnelles d'un côté, les phénomènes de co-évolution entre l'organisation et son environnement de l'autre.

Proposition 4 : L'adoption d'innovations environnementales est un processus non linéaire et interactif combinant éléments issus des caractéristiques internes des firmes et facteurs relatifs à leur environnement externe

Les contributions et les limites théoriques présentées dans ce chapitre nous permettent d'orienter les travaux empiriques des chapitres suivants. L'objectif du chapitre II est d'analyser les facteurs qui influencent le comportement microéconomique d'adoption d'une innovation environnementale, à travers un modèle

général. Le chapitre III s'attache à étudier les relations de complémentarités entre les changements dans l'organisation de la firme et les processus d'innovations environnementales. Enfin, le chapitre IV est consacré à l'étude de la coévolution entre les systèmes sectoriels d'innovation et les comportements microéconomiques d'adoption d'innovations environnementales.

Chapitre II :

Les déterminants de l'innovation environnementale : une analyse micro- économique¹⁵

2.1 Introduction

Ce chapitre propose une analyse empirique du comportement éco-innovateur des firmes industrielles françaises. Dans une première étape, l'étude portera sur les déterminants microéconomiques de l'adoption des innovations environnementales des firmes industrielles françaises, entre 2006 et 2008, et dans une seconde étape, sur les déterminants de leur adoption selon leur orientation stratégique, i.e. selon que leur comportement éco-innovateur soit porté par des motifs d'offre, de demande ou réglementaires.

L'objectif est d'approfondir la littérature portant sur les déterminants de l'innovation environnementale par un modèle général permettant d'analyser les

¹⁵ Ce chapitre est fondé sur un article écrit en collaboration (Galliano et Nadel, 2013).

fondements des processus d'adoption d'innovations environnementales des firmes industrielles françaises. Il est aussi, dans un second temps, d'enrichir le cadre conceptuel d'un triptyque de trois facteurs offre-demande-règlementation mobilisé par la littérature, pour mettre en évidence les déterminants de l'adoption de l'éco-innovation de la firme selon qu'elle soit poussée à éco-innover par des dynamiques d'offre, de demande, ou de règlementation. Nous visons aussi, du fait de la spécificité de l'innovation environnementale, à distinguer les facteurs qui influencent les décisions d'innover *standard*, de ceux d'éco-innover, afin de mettre en lumière les déterminants à la source des processus d'innovations environnementales et de leurs liens avec les changements organisationnels des firmes ainsi qu'avec les différentes dimensions de leurs structures industrielles.

La littérature économique sur l'adoption d'innovations environnementales a principalement mobilisé un triptyque de trois grandes familles de déterminants du comportement d'adoption des innovations environnementales : un « *regulatory push / pull effect* », issu du champ de l'économie de l'environnement et deux déterminants, plus classiques en économie de l'innovation, de « *demand pull* » et de « *technology push* » (Rennings 2000). Notre objectif est d'enrichir cette littérature, d'une part en se focalisant sur une approche micro-économique permettant de mettre en lumière les facteurs liés aux structures organisationnelles et aux formes de mobilisation des ressources externes des firmes. Il est, d'autre part, d'étudier ces déterminants selon que la firme soit portée par des dynamiques d'offre, de demande, ou règlementaires ce qui, à notre connaissance, n'a pas été réalisé auparavant.

Ce chapitre développe alors une analyse des facteurs qui influencent le comportement d'adoption d'une innovation environnementale par les firmes industrielles françaises et de décliner à partir d'un modèle général, trois modèles d'adoption afin de tester l'existence de déterminants différents selon l'objectif de l'adoption de l'innovation, i.e. respectivement pour répondre à un objectif de coût, à une demande de ses clients ou pour des motifs règlementaires.

Dans ce contexte, il s'agira d'analyser le rôle des formes d'organisation de la firme, dans ses différentes dimensions internes et externes, pour chacun de ces profils

d'adoptants. Au niveau interne, au-delà des caractéristiques structurelles qui sont supposées jouer sur la base technologique et la structure informationnelle de la firme, on s'attachera à mettre en évidence le rôle des processus de complémentarité avec les autres formes d'innovations : de produits ou de procédés, ainsi qu'avec les interactions avec les changements organisationnels (changement dans l'organisation de la production, du travail ou dans les relations externes). Par ailleurs, la décision d'écouter provient de l'interaction entre ces facteurs internes et les différentes facettes de l'environnement de la firme. Les dimensions sectorielles, mais aussi marchandes et géographiques, sont des déterminants qui jouent un rôle structurant dans le comportement éco-innovateur de la firme.

Dans la première section de ce chapitre, nous présentons les facteurs explicatifs de l'innovation environnementale ainsi que notre modèle d'adoption de l'écouter. Ensuite nous déclinons les hypothèses, qui seront testées dans les modèles économétriques à partir des propositions théoriques établies dans le chapitre premier. Le premier modèle économétrique porte sur le comportement d'adoption des firmes industrielles françaises, les modèles suivants visent à étudier les déterminants de l'innovation environnementale selon chaque orientation stratégique de la firme.

Les hypothèses proposées sont relatives aux caractéristiques internes de la firme qui favorisent l'adoption d'innovations environnementale, ayant traits à ses ressources internes et à son profil innovateur (en termes de pratiques technologiques et organisationnelles), et aux caractéristiques des différentes facettes qui composent son environnement externe : marchandes, spatiales et sectorielles.

Pour tester ces hypothèses, nous nous basons sur le cas de l'industrie manufacturière française, à partir de données individuelles issues de l'enquête « Community Innovation Survey 2008 » réalisée par l'INSEE en 2008, appariée à l'enquête annuelle entreprise (EAE) réalisée en 2007. L'enquête CIS 2008 nous permet de tester les déterminants de l'adoption de l'écouter, entre 2006 et 2008, de l'ensemble des firmes de l'industrie manufacturière française et des 3 types d'adoptants. Nous avons mis en évidence en chapitre premier le fait que l'écouter s'appuie nécessairement sur une innovation standard, technique ou organisationnelle. En vue

d'identifier les facteurs relatifs au choix d'innover en matière environnementale, la démarche économétrique mise en œuvre emploie ici un modèle de type Heckman avec sélection d'échantillon (Heckman, 1979; Van de Ven et Van Praag, 1981), qui permet de distinguer les déterminants du choix d'innover *standard* de ceux de l'innovation environnementale.

Au terme de cette étude, on observe que les tendances générales obtenues vont pour la plupart dans le sens de nos hypothèses. Si les caractéristiques internes de la firme ainsi que celles relatives à son environnement externe sont des facteurs fortement explicatifs du comportement d'adoption d'innovations environnementales de l'ensemble des firmes industrielles françaises, on met en lumière que les déterminants de l'adoption d'innovations environnementales varient selon l'orientation stratégique de la firme. Une synthèse de ces déterminants microéconomiques et un retour sur nos propositions théoriques formulées au premier chapitre est proposée au terme de ce chapitre.

Ce chapitre est organisé en quatre sections. La prochaine section va présenter notre cadre théorique, les facteurs explicatifs de l'innovation environnementale et nos hypothèses. La section 2.3 présentera les données, les variables et les résultats de l'analyse empirique portant sur les déterminants de l'adoption d'éco-innovation par les firmes industrielles françaises. Enfin, la section 2.4 sera consacrée à la présentation de l'étude empirique qui se concentre sur les déterminants microéconomiques des trois profils d'adoptants.

2.2 Les facteurs explicatifs de l'innovation environnementale

Dans leur dimension micro-économique, les processus d'innovation sont des processus fondamentalement cumulatifs et interactifs dans lesquels l'architecture organisationnelle de la firme joue un rôle central (Dosi et al., 1990). Celle-ci renvoie à l'analyse des caractéristiques structurelles internes de la firme et de ses modes de coordination, qu'ils soient internes ou externes. Ces caractéristiques constituent, dans les modèles de diffusion des innovations, un ensemble de facteurs qui orientent les bases du comportement innovateur des agents (« *rank effect* », Karshenas et Stoneman, 1993) et de sa capacité d'absorption (Cohen et Levinthal, 1990). L'innovation environnementale, comme on l'a exposé au premier chapitre, est nécessairement inscrite à une technologie ou un dispositif organisationnel. Les caractéristiques internes de la firme, en termes de ressources internes, de pratiques technologiques (innovations de produits et procédés) et d'innovations organisationnelles sont fondamentalement associées à son comportement éco-innovateur. Dans ce contexte, le premier objectif de cette section est d'étudier l'influence des déterminants liés aux caractéristiques internes de la firme (2.2.1).

Par ailleurs, l'externalité environnementale générée par l'innovation environnementale renforce l'influence des caractéristiques de l'environnement externe et les mécanismes mimétiques dans les processus d'adoption et de diffusion de l'éco-innovation. Ainsi, la décision d'éco-innover est aussi influencée par de nombreux facteurs externes, liés aux différentes dimensions de l'environnement de la firme, qu'il soit réglementaire, porté par l'environnement sectoriel et marchand, ou géographique, impliquant des relations de proximité et d'échanges localisés de connaissances comme le met en évidence la géographie de l'innovation. Le second objectif de cette section est d'étudier l'influence des différents déterminants liés son environnement dans le comportement d'adoption des innovations environnementales (2.2.2).

2.2.1 Le rôle des caractéristiques internes des firmes

La première hypothèse est relative au fait que les firmes possèdent des caractéristiques propres, telles que la taille, l'appartenance à un groupe ou l'investissement en R&D, qui constituent des ressources et des pré-conditions à l'engagement dans un processus d'innovation. Les PME sont généralement des organisations moins dotées en ressources technologiques, financières et humaines que les firmes de grandes tailles, et elles peuvent manquer de moyens dans le développement d'éco-innovations. L'appartenance à un groupe peut, dans le même ordre d'idée, favoriser l'innovation et aider la firme à surmonter les difficultés à laquelle elle fait face lors du processus d'innovation (Lhuillery et Pfister, 2009).

La relation entre taille de la firme et innovation environnementale a été l'objet de nombreuses recherches, qui ont souvent souligné une relation positive entre les deux facteurs (Rehfeld et al., 2007; Rave et al., 2011). Certains travaux montrent toutefois l'absence d'effets (Horbach, 2008, pour les éco-innovations produits) ou l'existence d'une relation de type U-shape entre taille de la firme et éco-innovation (Hemmelskamp, 2000).

Hypothèse 1 : Les caractéristiques internes de la firme qui fondent ses ressources internes (taille, appartenance à un groupe, R&D...) ont un rôle positif sur la propension à éco-innover.

Le besoin de rassurer sur la qualité -et notamment sur la « qualité environnementale » (Cazals, 2009)-, d'informer sur la sécurité des produits et de leur impact positif sur l'environnement est un phénomène largement mis en évidence par la littérature dans le développement d'innovations environnementales (pour un survey, cf. Srivastava, 2007). Dans ce cadre, les nouveaux produits doivent supporter des coûts en marketing et en publicité importants pour informer le consommateur (Verbeke, 2005). Le taux de publicité de la firme peut apporter une information sur l'intensité de

l'investissement identitaire de la firme (valorisation d'une image de marque, information sur la qualité, etc.) afin de cerner son rôle dans le processus d'adoption d'innovations environnementales. Cette question a peu été étudiée dans la littérature, à l'exception notable d'une étude qualitative menée par Del Rio Gonzalez (2005) dans le secteur du papier-carton espagnol, dans laquelle l'amélioration de l'image de marque apparaît comme le principal facteur explicatif à l'adoption de technologies vertes. Par ailleurs, cette relation peut être liée au comportement de « *greenwashing* » (Bazillier et Vauday, 2009) que peuvent mettre en place les firmes dans le but de se donner une image « verte ». Dans ce cadre, notre objectif est de tester la relation entre publicité et éco-innovation et de déterminer si la firme qui investit une part importante de son chiffre d'affaires en publicité a une probabilité moins grande (substitut) ou plus grande (complémentaire) d'adopter une innovation environnementale.

Hypothèse 2: la valorisation de l'image de marque est liée positivement à l'adoption d'innovations environnementales.

Le nécessaire adossement de l'éco-innovation à une technologie ou à un dispositif organisationnel induit de fortes relations de complémentarités (Milgrom et Roberts, 1990, 1995) entre adoptions d'éco-innovations, changement technique et changement organisationnel. Le comportement éco-innovateur de la firme est ainsi fortement dépendant des autres ressources internes de la firme, avec l'idée sous-jacente d'une relation de complémentarité avec d'autres types d'innovations, de produits, des procédés ou des innovations de nature organisationnelle. La mise en place d'innovations organisationnelles a ainsi une relation positive avec l'adoption ou la production d'innovations environnementales pour Mazzanti et al. (2007), Wagner (2007) ou Belin et al. (2009). On observe notamment que la généralisation au sein des entreprises de Système de Management Environnemental (SME) est fréquemment intégrée dans les modèles économétriques cherchant à appréhender le comportement éco-innovateur des firmes.

L'introduction ou l'existence de systèmes de management environnementaux, tels que les normes ISO 14001, les audits et bilans environnementaux, apparaissent comme des facteurs positifs pour l'innovation environnementale dans de nombreux travaux (Frondel et al., 2007; Mazzanti et Zoboli, 2006; Rehfeld et al., 2007; Wagner, 2008). Horbach et al. (2012) montrent notamment que la mise en place d'un SME a un impact significatif sur l'innovation environnementale ainsi que sur les changements organisationnels, comme les nouvelles formes d'organisation du travail. Sur ce point, Harrington et al. (2008) lient adoption de SME avec celle de systèmes de management de type qualité totale.

Hypothèse 3: L'adoption d'innovations environnementales est favorisée par le profil d'innovation de la firme. Innovation environnementale et changement dans l'organisation de la firme sont liés par une relation de complémentarité.

2.2.2 Les facteurs liés à l'environnement externe des firmes

L'interaction avec l'environnement constitue un facteur clef de l'innovation et de la dynamique des organisations (Dosi et Marengo, 1994). En considérant que la dimension environnementale renforce le caractère incertain du comportement éco-innovateur (Faucheux et Froger, 1995), il s'agit de tenir compte des différentes dimensions de l'environnement dans le comportement éco-innovateur de la firme. Les différentes facettes de l'environnement externe (secteur, marché, géographie et réglementation) et leurs liens avec l'adoption d'innovations environnementales sont ici successivement présentés.

Comme le notent Carillo et al., « *technological alternatives and eco-innovation opportunities are likely to differ per sector* » (2009). Ces opportunités technologiques (Malerba et Orsenigo, 1993) sont aussi plus ou moins appropriables et peuvent favoriser le développement d'innovations plus ou moins radicales ou incrémentales. Le secteur

est aussi un cadre pour le développement de réglementations spécifiques. En termes d'environnement, les normes, taxes et obligations effectives à l'échelle sectorielle sont multiples. Par exemple, les entreprises appartenant aux secteurs soumis au SCEQE (Système Communautaire d'Echange des Quotas d'Emissions), comme la verrerie ou la raffinerie, seront sanctionnées financièrement si elles dépassent leurs volumes d'émissions de CO₂ (Directive 2003/87/CE). Dans ce contexte, la littérature évolutionniste évoque la notion d'« *environmental regime* » - issue de celle de « *technological regime* » (Nelson et Winter, 1982; Winter, 1984) -, permettant d'appréhender l'importance de la dimension sectorielle du comportement éco-innovateur. Pour Belin et al. (2009) : « *the environmental regime captures the level and the source of environmental pressure in a given industry* ». Ainsi pour ces auteurs, un régime environnemental est caractérisé par des indicateurs comme l'intensité de l'émission de gaz à effets de serre, mais aussi par le contexte réglementaire et, en particulier, le nombre, la forme et la sévérité des réglementations auxquelles le secteur est soumis. La littérature empirique intègre souvent le secteur pour capter le contexte technologique de la firme (Malerba, 2005). Son influence en tant que variable explicative du comportement éco-innovateur est mis en avant par Mazzanti et al. (2006) et Wagner (2007). C'est aussi une variable de contrôle classique dans la littérature sur les déterminants de l'innovation environnementale (Frondel et al. 2007; Horbach, 2008, Horbach et al., 2011) ainsi que dans l'étude qualitative menée par Wagner et Llerena (2011). En outre, Nieddu et al. (2010) mettent en évidence le secteur comme support de « patrimoines collectifs productifs », nécessaires à l'émergence des technologies vertes, car assurant « l'unité et la cohérence d'un projet productif ».

Hypothèse 4 : L'environnement sectoriel, par son cadre réglementaire, ses opportunités technologiques et ses conditions d'appropriabilité, joue un rôle important dans le comportement éco-innovateur des firmes.

La littérature sur l'innovation environnementale ne fait pas consensus sur le type de structure de marché qui favoriserait la probabilité d'éco-innover (Kephaliacos et Grimal, 2000; Smolny, 2003). Comme le montre Horbach (2008) reprenant Smolny (2003), une situation de monopole aide à surmonter les problèmes d'appropriabilité de l'innovation, en particulier pour les grandes firmes qui auront tendance à moins craindre les phénomènes d'imitation et avoir un bénéfice plus élevé induit par les économies d'échelle associées aux innovations environnementales.

Par ailleurs, plusieurs travaux mettent en évidence l'influence de la dimension géographique du marché, et notamment sur le rôle positif des échanges internationaux sur l'éco-innovation (Belin et al., 2009), quand dans un même temps pour Rehfeld et al. (2007) le fait d'exporter n'a pas d'influence sur l'adoption d'éco-innovation produit. Pour Conceição et al. (2006), dans le cas des firmes portugaises ainsi que pour Horbach (2008), la propension à exporter et à être exposé à la concurrence internationale favorise l'adoption d'éco-innovations.

Hypothèse 5 : La concentration des marchés et l'ouverture internationale peuvent favoriser les innovations environnementales.

En ce qui concerne l'environnement spatial de la firme, la littérature issue de la géographie de l'innovation s'accorde à montrer le rôle de la proximité des agents et des externalités d'agglomération dans la diffusion des innovations standard (Feldman et Audretsch, 1999; Galliano et al., 2014). Les zones rurales, *a contrario*, sont caractérisées par une plus faible performance à innover liée à différents à la faiblesse des relations inter-firmes, à de faibles externalités de connaissance et au manque de diversité du capital humain (Autant-Bernard et al., 2006; Galliano et Roux, 2008). Par contre, cette littérature sur les effets spatiaux reste peu importante dans l'analyse de l'innovation environnementale. Des travaux mentionnent toutefois un possible effet « district industriel » (Marshall, 1890) dans l'adoption et la diffusion de l'innovation environnementale. Cet effet district industriel est évoqué par Mazzanti et Zoboli (2009),

dans le cas de l'Emilie-Romagne et par Mirata et Emtairah (2005), qui étudient le rôle d'« *industrial symbiosis networks* » dans la diffusion de l'éco-innovation au sein du district de Landskrona en Suède.

La question dans ce travail est notamment de tester si ce sont les économies d'agglomération urbaines qui jouent favorablement à l'adoption des innovations environnementales. Ou peut-on faire, au contraire, l'hypothèse que le lien étroit qui unit la mise en place des innovations environnementales aux activités productives les rendent sensibles à la division spatiale du travail qui localise plus les activités productives dans les zones périphériques et favoriserait ainsi les opportunités de développement d'innovations environnementales dans ces zones ?

Hypothèse 6 : L'innovation environnementale varie selon la localisation géographique de la firme.

La question des externalités renvoie plus largement à celle des effets de réseaux et des processus d'adoption et d'absorption par la firme de technologies développées par les autres firmes situées dans son environnement. Un des enjeux ici est d'étudier dans quelle mesure la diffusion de l'innovation environnementale suit les modèles d'équilibre ou de déséquilibre. Autrement dit, est-ce que la firme aura tendance à s'engager dans des processus d'innovations environnementales si le taux d'adoptants d'éco-innovation du secteur est faible, mettant en lumière le rôle des effets de stock et d'ordre dans la diffusion de l'innovation environnementale (Reinganum, 1981; Karshenas et Stoneman, 1993; Fundenberg et Tirole, 1995) et l'importance d'être *first mover* (comme le postulent Porter et Van der Linde, 1995) ? Ou bien, au contraire, les processus de diffusion de l'innovation environnementale suivent-ils des logiques épidémiques et d'isomorphisme institutionnel (Hollenstein, 2004; DiMaggio et Powell, 1983), dans lesquelles la probabilité d'adopter des éco-innovations sera d'autant plus forte que le taux d'adoptants sectoriel sera fort ? Cette dimension a été peu testée par la littérature traitant de l'adoption d'innovations environnementales, à l'exception notable

de Mohr (2002), puis Mads Greger (2006), qui prennent en compte les effets de spillovers dans la diffusion des effets d'une réglementation environnementale parmi les firmes d'un même secteur.

Hypothèse 7 : L'adoption d'innovation environnementale par la firme est favorisée par le niveau d'adoption d'éco-innovation des firmes du même secteur.

Tableau 4 : Synthèse des principales hypothèses et signes attendus

	Hypothèses	Signes attendus
Hypothèse 1	<i>Ressources internes de la firme</i>	Positif
Hypothèse 2	<i>Image de marque</i>	Positif
Hypothèse 3	<i>Profil d'innovation de la firme</i>	Positif
Hypothèse 4	<i>Environnement sectoriel</i>	+ / - selon secteur
Hypothèse 5	<i>Concentration des marchés et ouverture internationale</i>	Positif
Hypothèse 6	<i>Localisation géographique de la firme</i>	+ de la zone urbaine / périurbaine par rapport à zone rurale
Hypothèse 7	<i>Taux d'adoption sectoriel</i>	Positif

2.3 Une analyse empirique de l'adoption de l'innovation environnementale de l'industrie manufacturière

2.3.1 Données et méthodes

2.3.1.1 Présentation des données

Le travail s'appuie sur l'exploitation de deux enquêtes publiques obligatoires réalisées par l'INSEE. The Community Innovation Survey (CIS 8) est une enquête déclarative qui vise à appréhender les innovations réalisées par l'entreprise au cours des 3 dernières années (2006-2008). Elle permet de caractériser les différents processus d'innovation à l'œuvre à l'intérieur de l'entreprise (innovations techniques, organisationnelles, de marketing et environnementales) tout en prenant en compte l'influence de l'environnement de la firme. Cette enquête est appariée à l'Enquête Annuelle Entreprise de 2007 qui fournit également des informations générales sur les structures et les performances de l'entreprise, notamment en matière d'innovation. Nous disposons ainsi d'une base de données de 4686 entreprises de 20 salariés et plus, représentative de la population industrielle manufacturière française.

Sur le plan règlementaire et institutionnel, la période couverte par l'enquête CIS 2008 s'insère dans un contexte marqué par une accélération de la prise en compte des préoccupations environnementales au début et surtout à partir de la moitié des années 2000. L'année 2005 fut notamment marquée par deux innovations institutionnelles majeures : sur le plan international, l'entrée en vigueur du Protocole de Kyoto et, à l'échelle nationale, par la promulgation de la « Charte de l'Environnement ». Cette charte inscrit dans la Constitution trois grands principes : de prévention, de précaution, et de « responsabilité écologique », c'est-à-dire de type pollueur-payeur. Enfin, 2007 fut une année importante en termes de politique environnementale, avec le démarrage du processus du Grenelle de l'Environnement, qui a abouti sur le plan législatif en octobre 2008 à la loi dite « Grenelle 1 » dont l'objectif central vise à diviser par quatre les émissions de gaz à effets de serre d'ici 2050. Ce contexte n'est pas neutre dans la décision des services statistiques des Etats membres de l'Union Européenne

d'introduire une nouvelle section concernant l'innovation environnementale au sein de l'enquête CIS (CIS 2008). Cette nouveauté est le reflet aussi bien des préoccupations politiques liées aux enjeux écologiques que celui d'une réalité économique qui s'est traduite par une insertion croissante des questions environnementales dans la stratégie des firmes.

Tableau 5 : Statistiques descriptives

	Total des firmes	Firmes éco-innovantes
<i>Caractéristiques internes</i>		
Taille		
20 à 49 salariés	40.08 %	25.53 %
50 à 249 salariés	29.62 %	30.12 %
250 à 500 salariés	17.39 %	23.02 %
Plus de 500 salariés	12,91 %	21.33 %
L'entreprise fait partie d'un groupe	62.01%	74.60 %
Inno de produit radicale	12.01%	18.65 %
Inno de produit incrémentale	12.61%	17.97 %
Incrémentale/radicale	19.65 %	33.56 %
Innovation de procédés	43.17 %	70.35 %
Changement organisation du travail	34.21 %	54.08 %
Changement organisation de la production	35.51%	57.14%
Changement dans les relations externes	17.11 %	28.63 %
<i>Environnement externe¹⁶</i>		
Zone de marché		
Marché régional	24.90%	15.34 %
Marché national	53.52%	55.18 %
Marché étranger	21.57%	29.48 %
Secteurs:		
Industrie Agro-alimentaire	18.54 %	16.44 %
Biens de consommation	24.84 %	20.56 %
Biens d'équipement	17.16 %	20.69 %
Transport	5.08 %	5.44 %
Biens intermédiaires	34.38 %	36.87 %
Localisation du siège		
Urbaine	57.68 %	60.54%
Péri-urbaine	17.80 %	16.86 %
Rural	24.52 %	22.60 %
Total	4686	2354

Sources : Enquêtes CIS 2008 et EAE 2007

Concernant l'industrie française, les statistiques descriptives (tableau 5) mettent en évidence plusieurs caractéristiques des firmes éco-innovantes. En premier lieu, ils montrent que les firmes éco-innovantes auront tendance à avoir une taille plus grande : près de 40% des firmes totales sont des petites firmes, alors que les firmes de petite

¹⁶ La concentration de marché est, en moyenne pour l'ensemble de l'industrie, de 36,29 (min 8,03 ; max 100 selon les secteurs). Le taux moyen d'adoption d'éco-innovations est de 0.48 pour l'ensemble de l'industrie française (min 0, max 0.87 selon les secteurs).

taille ne forment qu'un quart du nombre total d'entreprises éco-innovantes. Les firmes éco-innovantes sont aussi plus innovantes que la moyenne mais surtout en termes d'innovations de procédés (70,35% contre 43,17% pour le total des firmes) et de changements organisationnels relatifs au travail (54,08% contre 34,21%). De plus, elles sont plus tournées vers l'international et on note un effet peu marqué, mais positif de la localisation en zone urbaine. Enfin, en ce qui concerne les secteurs, on remarque que les firmes éco-innovantes ont un poids plus faible dans deux grands secteurs (IAA et biens de consommation) et elles sont en proportion plus nombreuses dans le secteur des biens intermédiaires, des biens d'équipement et du transport (voir le tableau en annexe).

2.3.1.2 *Le modèle d'adoption : un modèle de sélection en deux étapes*

L'étude économétrique se situe dans le cadre d'un modèle binaire dans lequel une partie spécifique de l'échantillon est observée. Par définition, l'adoption d'une éco-innovation suppose en premier lieu l'adoption d'une innovation (produit, procédé, d'organisation ou de marketing). Il s'agit alors de dissocier les effets relatifs au choix d'innover de ceux relatifs au choix d'éco-innover.

Un modèle de type Heckman avec sélection d'échantillon (*Heckman with sample selection*, Heckman, 1979, et Van De Ven et Van Praag, 1981) permet de traiter ce biais de sélection en traitant dans les deux étapes une variable dépendante binaire. Il se présente sous la forme suivante :

Y_1 et Y_2 deux variables binaires telles que Y_2 est observable seulement si $Y_1=1$. Ici, Y_1 reflète l'adoption de l'innovation standard et Y_2 correspond à l'adoption de l'innovation environnementale.

En admettant que $Y_1^* = Z'\gamma + \eta$, est une variable latente inobservable d'utilité face aux choix binaires (d'innover standard ou non), alors on suppose que $Y_1 = 1$ (le choix est observé) seulement si $Y_1^* > 0$ et $Y_1 = 0$ sinon. Dans le cas où $Y_1 = 1$, l'individu doit faire face à un second choix binaire Y_2 et $Y_2^* = X'\beta + \varepsilon$, peut être perçue

comme une variable latente inobservable d'utilité face au second choix binaire (éco-innover ou non).

Dans ce cas, $Y_2 = 1$ si $Y_2^* > 0$ et $Y_2 = 0$ si $Y_2^* < 0$.

En introduisant β et γ pour expliquer les propensions latentes des choix binaires 1 et 2, on peut définir un système de deux équations comme suit.

La première équation (équation de sélection) :

$$- \text{probit}(Y_1 = 1 | \gamma) = Z' \gamma$$

Y_1^* peut être représentée par un modèle probit dans lequel la probabilité d'adopter une innovation standard (produits, procédés, organisation, marketing) ($Y_1=1$) est expliquée par un ensemble de facteurs liés aux caractéristiques internes de la firme (taille, appartenance à un groupe, image de marque) son profil d'innovation et à l'influence de son environnement externe.

La seconde équation (éq. d'intérêt) est définie seulement si $Y_1 = 1$:

$$- \text{probit}(Y_2 = 1 | \beta) = X' \beta$$

Y_2^* peut être représentée par un modèle probit dans lequel la probabilité d'éco-innover ($Y_2=1$) est expliqué par un ensemble de facteurs explicatifs tels que :

$$Y_{2i} = P(y_i=1) = \beta_1 CI_i + \beta_2 PI_i + \beta_3 E_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

avec la firme notée i (i, \dots, n) et un ensemble de variables explicatives relatives aux caractéristiques internes de la firme (CI), à son profil d'innovation (PI) ainsi qu'à son environnement externe (E) analysé dans la section précédente (cf. tableau 7).

L'estimation est donc effectuée en deux étapes en utilisant l'estimateur du maximum de vraisemblance. Le ratio de Mills proposé par Heckman est introduit dans la seconde équation afin de corriger le biais de sélection. Le test du Chi2 vérifie si $\rho \neq 0$ est significativement différent de 0 ($H_0: \rho=0$). Le rejet de l'hypothèse nulle (pvalue < 0.05 si seuil critique à 5%) signifie que l'équation d'intérêt n'est pas indépendante de

l'équation de sélection et que les deux décisions ne sont pas prises indépendamment l'une de l'autre.

2.3.1.3 Les variables du modèle

La variable expliquée : la probabilité d'éco-innover

La variable expliquée est la probabilité d'adopter au moins une innovation environnementale. On estime la probabilité pour la firme d'être ou non innovante en matière environnementale par la variable dichotomique « AdopteIE ». Celle-ci est créée à partir de l'enquête CIS 2008 et prendra la valeur 1 si au moins une des 9 modalités d'éco-innover (proposées par l'enquête CIS 2008, cf tableau 6) est répondue par « Oui », et la valeur 0 sinon. Le tableau 6 montre que les entreprises éco-innovantes auront tendance à privilégier les éco-innovations au cours du processus de production relativement à celles dont le bénéfice environnemental a lieu pendant la consommation finale du produit. Le recyclage des déchets, de l'eau et des matières premières est la forme d'éco-innovation la plus adoptée par les entreprises et concerne 71% des firmes éco-innovantes.

Tableau 6: Statistiques descriptives portant sur les différents types d'innovations environnementales

	Par entreprise éco-innovante
Nombre de firmes éco-innovantes	2354
Bénéfices environnementaux lors du processus de production	
Réduction de l'utilisation de matières par unité produite	56,63%
Réduction de la consommation d'énergie par unité produite	52,69%
Réduction des émissions de CO2 générées par l'entreprise	35,60%
Remplacement de matières premières polluantes	58,71%
Réduction de la pollution des sols, de l'eau ou de l'air	53,27%
Recyclage des déchets, de l'eau ou des matières premières	71,33%
Bénéfices environnementaux lors du processus de consommation	
Réduction de la consommation d'énergie par unité produite consommée	41,04 %
Réduction de la pollution des sols, de l'eau ou de l'air	33,26 %
Recyclage du produit amélioré après usage généré par le consommateur	36,19 %

Sources : Enquêtes CIS 2008 et EAE 2007

Les variables explicatives

On mobilise trois ensembles de variables explicatives pour analyser le comportement éco-innovateur des firmes (cf. tableau 7).

Le premier ensemble concerne *les caractéristiques structurelles internes* de la firme, les variables sont la taille de la firme (sous forme de classe) et le taux de publicité, calculé par le ratio dépenses de publicité sur chiffre d'affaires. L'appartenance à un groupe de sociétés est une variable qui est employée uniquement dans la première

équation dite de sélection, en tant que variable explicative de la probabilité d'innover standard (innovation de produits, procédés, organisation ou marketing).

Le deuxième ensemble de variables porte sur *le profil d'innovation de la firme*. L'enquête CIS 2008 nous permet d'observer la mise en place d'un Système de Management Environnemental (préparation d'audits environnementaux, fixation d'objectifs de performance environnementale, certification ISO 14001, etc.) selon que l'adoption du SME a eu lieu avant 2006 ou durant la période d'observation, entre 2006 et 2008. Enfin, plusieurs facteurs qui permettront d'identifier les formes de complémentarités qui se nouent lors des processus d'éco-innovation sont introduits dans la seconde étape du modèle : l'adoption d'innovation de produits (radicale, incrémentale, ou les deux), l'adoption d'innovation de procédés. L'information porte ainsi sur l'occurrence de changements organisationnels concernant l'organisation de la production, l'organisation du travail et les changements dans les relations externes. Ces différentes variables qui permettent de dresser le profil d'innovation de la firme constituent des déterminants favorables au développement d'éco-innovations.

Le troisième ensemble de variables concerne *l'environnement externe* de la firme avec en premier lieu le secteur d'activité, calculé au niveau 2 de la Nomenclature d'Activité Française 2008, et qui regroupe l'ensemble de l'industrie française autour de cinq grands secteurs d'activité : industrie agro-alimentaire ; biens de consommation ; biens d'équipement ; transport et biens intermédiaires (cf. tableau 2 en annexe). Les effets épidémiques sectoriels sont mesurés par le taux d'adoptants d'éco-innovations par les firmes du même secteur, calculé au niveau 3 de la Naf 2008, qu'on introduit dans la seconde étape du modèle. Par ailleurs, concernant l'environnement marchand de la firme, des variables de classe vont permettre de tester l'impact de la localisation du marché principal (régional, national, étranger) et la dimension concurrentielle sera calculée par l'indice de concentration du marché (indice C4). Enfin, pour tester l'effet de la localisation, on retiendra la zone de localisation du siège avec trois modalités : une localisation en zones urbaine, périurbaine ou rurale.

Tableau 7 : Description des variables

Hypothèse	Variable	Description
	Caractéristiques internes de la firme	
Hypothèse 1	Taille (nombre de salariés)	Variables qualitatives à 4 modalités : 20 à 49 salariés (en référence) ; 50 à 249 salariés ; de 250 à 499 salariés ; + de 500 salariés
Hypothèse 2	Appartenance à un groupe Taux de publicité	=1 si la firme est une filiale d'un groupe, 0 si non Logarithme des dépenses totales de publicité / CAHT
	Profil d'innovation	
	Innovation de produit radicale	= 1 si l'innovation produit est nouvelle pour le marché
	incrémentale	= 1 si l'innovation est nouvelle uniquement pour l'entreprise
	radicale et Incrémentale	= 1 si l'entreprise innove dans les deux cas
	Innovation de procédés	= 1 si l'entreprise a réalisé une innovation de procédés, 0 si non
	Changement dans l'organisation de la production	=1 si introduction de nouvelles méthodes de décision : système de gestion de la chaîne d'approvisionnement, reconfiguration des processus, système de gestion des connaissances, production sur commande, système de gestion de la qualité, etc., 0 sinon
Hypothèse 3	Changement dans organisation du travail	= 1 si introduction de nouvelles méthodes d'organisation du travail : nouvelle répartition des responsabilités / du pouvoir de décision parmi les salariés, travail d'équipe, décentralisation, intégration ou autonomisation de différents services de l'entreprise, systèmes de formation, etc., 0 si non
	Changement dans les relations externes	=1 si introduction de nouvelles méthodes d'organisation des relations externes avec d'autres entreprises ou organismes : mise en place pour la première fois d'alliances, de partenariats, d'externalisation d'activités ou de sous-traitance, 0 si non
	Système de Management Environnemental	
	SME avant 2006	=1 si introduction d'un SME avant 2006, 0 si non
	SME entre 2006 et 2008	=1 si introduction d'un SME entre 2006 et 2008, 0 si non
	Caractéristiques de l'environnement externe	
Hypothèse 4	Secteur	Variable qualitative à cinq modalités : Industrie agro-alimentaire (en référence) ; biens de consommation ; biens d'équipement ; transport ; biens intermédiaires
Hypothèse 5	Localisation du marché principal	Variable qualitative à 3 modalités : Marché régional (en référence) ; Marché national ; Marché étranger
	Concentration du marché	Le logarithme de l'indice de concentration C4 : somme cumulée des parts de marché des quatre premières firmes du secteur
Hypothèse 6	Localisation géographique de la firme	Variable qualitative de la localisation du siège social à 3 modalités : zone urbaine (en référence) ; zone périurbaine ; zone rurale
Hypothèse 7	Effets épidémiques sectoriels	Le logarithme du taux moyen d'adoption d'innovation environnementale par les firmes du secteur (niveau 3 de la Naf 2008 rev.2)

2.3.2 Résultats : les déterminants de l'innovation environnementale de l'industrie française

Le modèle économétrique portant sur les déterminants microéconomiques de l'adoption de l'innovation environnementale par les firmes industrielles françaises (tableau 8) permet de distinguer, d'un point de vue microéconomique, les facteurs qui déterminent le choix d'adopter une innovation standard (1^{ère} étape) de ceux qui motivent l'innovation environnementale (2^{ème} étape). Les résultats nous montrent l'importance respective des *caractéristiques internes de la firme* et celles de leur *environnement externe* dans le processus d'adoption des éco-innovations.

Tableau 8 : Les déterminants de l'innovation environnementale au sein des firmes industrielles françaises

		Choix d'innover standard (1 ^{ère} étape)		Adoption d'éco-innovations (2 ^{ème} étape)	
		Coefficient	Ecart type	Effet marginal	Ecart type
Caractéristiques internes de la firme					
Taille	20 à 49 salariés	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
	50 à 249 salariés	0.26***	0.02	0.08***	0.01
	250 à 500 salariés	0.32***	0.06	0.10***	0.02
	Plus de 500 salariés	0.52***	0.08	0.16***	0.03
L'entreprise fait partie d'un groupe		0.24***	0.02	-----	-----
Image de marque		4.82***	0.5	0.67**	0.21
Profil d'innovation					
Innov. produit radicale		-----	-----	0.14***	0.02
Innov. produit incrémentale		-----	-----	0.05***	0.01
Incrémentale/radicale		-----	-----	0.15***	0.02
Innovation de procédés		-----	-----	0.18***	0.02
Changement dans l'organisation de la production		-----	-----	0.08***	0.01
Changement dans l'organisation du travail		-----	-----	0.09***	0.01
Changement dans les relations externes		-----	-----	0.07***	0.01
SME mis en place avant 2006		1.07***	0.05	0.33***	0.03
SME mis en place entre 2006 et 2008		1.67***	0.06	0.44***	0.03
Caractéristiques de l'environnement					
Environnement marchand					
Zone principale de marché	Marché régional	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
	Marché national	0.23***	0.02	0.07***	0.01
	Marché étranger	0.38***	0.04	0.10***	0.02
	Concentration du marché	0.07***	0.02	0.02	0.01
Environnement sectoriel					
Secteurs :	Industrie agro-alimentaire	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
	Biens de consommation	-0.09**	0.009	0.01	0.02
	Biens d'équipement	0.16***	0.011	0.03	0.02
	Transport	-0.15**	0.017	-0.11***	0.03
	Biens intermédiaires	0.10**	0.009	0.09***	0.02
Taux d'adoptants du secteur		-----	-----	0.58***	0.07
Environnement spatial					
Zone de localisation du siège	Urbaine	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
	Peri-urbaine	-0.04	0.02	0.05***	0.01
	Rurale	-0.06*	0.02	0.03**	0.01
Constante				-1.98***	
Observations				4686	
Prob > chi2				0.002	

*Sources : Enquêtes CIS 2008 et EAE 2007 avec * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$*

Ainsi, la probabilité d'engagement dans un processus d'éco-innovation est positivement liée à la croissance de la taille de l'entreprise et les petites entreprises de moins de 50 salariés sont plus défavorisées. Par ailleurs, le taux de publicité, révélateur d'une stratégie de valorisation d'une image de marque, est aussi fortement favorable à l'éco-innovation. Les résultats tendraient à montrer leur complémentarité, et le fait que la publicité accompagne le processus d'engagement vers l'éco-innovation. Aussi, le

profil innovateur de la firme joue un rôle majeur. En ce qui concerne le lien entre innovation environnementale et innovation produit, les résultats montrent ainsi que l'innovation environnementale est plus associée à l'innovation de produit radicale qu'incrémentale (effets marginaux respectifs de 0.14 et de 0.05). Les résultats montrent aussi que l'innovation environnementale est fortement liée à l'innovation de procédés, avec un effet marginal de 0.18. Enfin, les résultats mettent en évidence une forte complémentarité entre éco-innovation et changement organisationnel, que ce soit des changements organisationnels réalisés dans les relations externes (EM 0.07), dans l'organisation du travail de la firme (EM 0.09) ou dans l'organisation de la production (EM 0.08). En adéquation avec les résultats de certains travaux (cf Wagner, 2007), la co-évolution est particulièrement à l'œuvre entre l'adoption d'éco-innovation et la mise en place d'un Système de Management Environnemental (SME). En effet, si le SME a été mis en place entre 2006 et 2008, c'est-à-dire pendant la période concernée par l'étude et donc dans laquelle sont développées les innovations environnementales, l'effet marginal est fortement supérieur (0.44) à l'effet marginal de la mise en place d'un SME avant 2006 (0.33).

Tableau 9 : Synthèse des hypothèses et résultats

	Hypothèses	Variables	Signes attendus	Résultats
Hypothèse 1	<i>Ressources internes de la firme</i>	Taille Groupe	Positif Positif	Validée
Hypothèse 2	<i>Image de marque</i>	Taux de publicité	Positif	Validée
Hypothèse 3	<i>Profil d'innovation de la firme</i>	Innovation de produit radicale	Positif	Validée
		Incrémentale	Positif	Validée
		Radicale et Incrémentale	Positif	Validée
		Innovation de procédés	Positif	Validée
		Changement dans l'organisation de la production	Positif	Validée
		Changement dans organisation du travail	Positif	Validée
		Changement dans les relations externes	Positif	Validée
		SME avant 2006	Positif	Validée
	SME entre 2006 et 2008	Positif	Validée	
Hypothèse 4	<i>Environnement sectoriel</i>	Secteur	+ / - selon secteur	Validée
Hypothèse 5	<i>Concentration des marchés et ouverture internationale</i>	Concentration de marché	Positif	Pas d'évidence
		Zone principale de marché	Positif du marché national et étranger par rapport au marché régional	Validée
Hypothèse 6	<i>Localisation géographique de la firme</i>	Localisation du siège	+ de la zone urbaine / périurbaine par rapport à zone rurale	Refusée
Hypothèse 7	<i>Effets épidémiques sectoriels</i>	Taux d'adoption sectoriel	Positif	Validée

Quant aux effets de *l'environnement externe*, ils sont également actifs, bien que contrastés, dans la probabilité d'éco-innover. Concernant l'environnement marchand, la concentration du marché ne joue pas comme un déterminant de l'adoption d'innovations environnementales (effet capté par le choix d'innover au sens large en première étape, cf. tableau en annexe). Par ailleurs, l'orientation de la firme vers des marchés locaux et régionaux n'est pas favorable à l'éco-innovation, qui est ainsi favorisée par le fait d'avoir son marché principal à l'étranger.

Les résultats montrent également l'influence contrastée de la localisation géographique de la firme selon l'étape du processus d'innovation. Ainsi, en 1^{ère} étape, le choix d'innover est défavorisé par la localisation en zone rurale, ce qui traduit, conformément à la littérature, l'influence positive des effets d'agglomération sur l'innovation (Autant-Bernard et al., 2010). Par contre, en 2^{ème} étape, sur le choix d'éco-innover, la localisation en périphérie des zones urbaines est plus favorable aux éco-innovations (effet péri-urbain et rural positif) traduisant l'importance des zones de production, souvent plus situées en périphérie, sur l'adoption d'innovations environnementales. Les innovations environnementales semblent ainsi sensibles à l'influence croisée des spillovers de connaissance généralement plus urbains et l'importance des zones de production souvent plus situées en périphérie.

Quant à l'environnement sectoriel, il joue un rôle significatif dans le fait d'innover, avec un poids plus marqué pour les secteurs des biens intermédiaires, plus éco-innovateurs que les IAA. Notons que l'appartenance au secteur des transports joue un rôle particulièrement défavorable durant notre période d'observation. Les effets épidémiques sectoriels sont également fortement significatifs et actifs. Les effets mimétiques liés au comportement des autres entreprises du secteur de la firme sont donc aussi à l'œuvre et favorables aux innovations environnementales (EM de 0.58).

Enfin, concernant le choix du modèle économétrique, les résultats montrent que le processus d'adoption des innovations environnementales est bien dépendant des choix d'innovations techniques et organisationnelles réalisées en amont ($\chi^2 = 0.002$). La correction du biais de sélection est donc justifiée pour le modèle général.

La section suivante vise à approfondir l'analyse en étudiant les déterminants micro-économiques de l'innovation environnementale selon que la firme soit portée dans son adoption par des dynamiques d'offre, de demande, ou poussée par des pressions règlementaires.

2.4 L'adoption d'éco-innovations selon l'orientation stratégique de la firme

La précédente section a mis en lumière les facteurs qui déterminent l'adoption d'innovations environnementales par l'ensemble des firmes industrielles françaises. Parallèlement, au-delà de ces facteurs génériques, on fait l'hypothèse que le comportement d'adoption en termes d'éco-innovation est dépendant du profil stratégique de la firme et diffère selon que celle-ci soit principalement motivée à éco-innover par une recherche de réponse à des enjeux de coût, de demande ou de réglementation. En utilisant le cadre théorique qu'on a présenté en 2.2, l'objectif est ici d'étudier sous quelles formes les facteurs influençant le comportement en termes d'adoption d'innovations environnementales de la firme vont se différencier selon ces trois profils stratégiques qui constituent les trois dimensions clefs de la littérature sur l'éco-innovation.

2.4.1 Les modèles d'adoption selon le profil stratégique de la firme

Le chapitre premier a présenté les trois ensembles de déterminants qui fondent le cadre analytique de la plupart des travaux portant sur l'étude de l'innovation environnementale. Outre la dimension réglementaire spécifique à l'innovation environnementale, la littérature de l'économie de l'innovation considère s'accorde pour considérer deux autres grandes séries de déterminants, plus classiques en économie de l'innovation, ceux de *demand pull* et de *technology push*, deux concepts introduits notamment par Schon (1967). D'une part, l'innovation est « tirée » par le niveau et la structure de la demande à laquelle fait face l'entreprise. Cette dimension *demand pull* est particulièrement importante pour les entreprises pour lesquelles l'adéquation avec la satisfaction de la demande est décisive (Griliches, 1957; Schmookler, 1962, 1966). D'autre part, l'entreprise est incitée à innover, dans une perspective schumpeterienne, par des dimensions d'offre et d'évolutions technologiques et, plus globalement, pour des objectifs de compétitivité-coût. C'est la dimension de *technology push*. Enfin, notre survey réalisé en chapitre premier a permis de montrer que la littérature sur l'innovation environnementale s'accorde à dire que, au-delà de ces

facteurs traditionnels de type *market pull* et *technology push*, mis en évidence dans la littérature sur l'innovation *standard*, les facteurs issus de la réglementation, de type « *regulatory push-pull* », sont déterminants et spécifiques à l'éco-innovation. Les travaux ont ainsi tendance à agréger ces trois ensembles de variables pour expliquer l'adoption d'innovations environnementales.

L'objectif est ici, non pas d'adjoindre les trois ensembles de facteurs, mais de les disjoindre afin de mettre en lumière les fondements microéconomiques de l'adoption d'innovations environnementales spécifiques à chaque type d'adoptants. Il s'agit donc de considérer trois profils d'adoption de la firme : un profil tiré par la demande, un profil de type « technologie-coût » et enfin un profil de type « réglementation », et de tester trois modèles de comportement d'innovation selon ces orientations stratégiques de la firme. Ces stratégies d'innovation environnementale ne s'excluent pas l'une l'autre (cf. tableau 10) mais constituent des « profils types » de stratégie qui peuvent être testés empiriquement ; ce qui, à notre connaissance, n'a pas été fait. Ces trois profils types seront nommés respectivement « adoptants-demande », « adoptants-coût » et « adoptants-réglementation ».

Tableau 10 : Liens entre les adoptants

Population d'adoptants selon l'objectif d'adoption		Adoptants-coût		Adoptants-Réglementation	
		0	1	0	1
Adoptants-coût	0			2861	540
	1			428	857
Adoptants-demande	0	3133	732	3077	788
	1	268	553	212	609

Source : CIS 2008

Ainsi, l'hypothèse est que selon l'orientation stratégique de la firme (éco-innovation pour des motifs liés à des dimensions de demande, de coût ou de réglementation), les facteurs influençant son comportement éco-innovateur ne seront pas similaires. Les entreprises adoptant des innovations environnementales pour répondre à des dimensions de demande auront tendance à être sensibles à des variables telles que l'image de marque et la zone de localisation du marché principal, alors que ces facteurs seraient moins significatifs dans l'adoption d'éco-innovations par les firmes dont l'objectif est de réduire leurs coûts ou de se conformer à la réglementation. *A contrario*, les firmes qui éco-innovent afin de satisfaire à la réglementation actuelle ou par anticipation d'une réglementation future auront une plus grande propension à développer des innovations de type incrémental (« *end of pipe* ») que de type radical (« *cleaner production* »). Quant à la recherche de réduction des coûts, elle favorisera plus spécifiquement l'adoption d'innovations radicales. Ainsi, pour Frondel et al. (2007), « *cost savings tend to favor clean production and that regulatory measures and the stringency of environmental policy are positively correlated to end-of-pipe technologies* ». De même, les firmes d'un même secteur étant touchées par des réglementations sectorielles spécifiques, on peut faire l'hypothèse selon laquelle les entreprises qui adoptent des éco-innovations pour des motifs liés à la réglementation auront un comportement en matière d'éco-innovation très corrélé avec les variables sectorielles. Toutefois, comme le montrent P. Llerena et V. Oltra (2002), les firmes d'un même secteur peuvent adopter des stratégies d'innovations différenciées selon leur histoire, leurs compétences et leur vision stratégique, qui vont, par la nature cumulative et localisée de l'innovation, générer des trajectoires technologiques différentes et influencer la relation à leur environnement. L'objectif est donc d'identifier les déterminants microéconomiques de l'adoption d'éco-innovations selon que la firme soit portée par des dynamiques d'offre, de demande ou poussée par la réglementation et dans quelle mesure ceux-ci varient selon l'orientation stratégique de la firme.

2.4.2 Les variables

En mobilisant les variables explicatives exposées en 2.3.1.3, on teste trois modèles partiels, dans le but de caractériser les facteurs explicatifs des trois profils stratégiques dont les motivations à l'innovation diffèrent. A partir de la base CIS 2008, nous pouvons tester les trois variables expliquées suivantes:

- « *Adopte-coût* » qui prend la valeur 1 si l'entreprise déclare avoir éco-innové en « réponse à un objectif de réduction des coûts », 0 sinon.

- « *Adopte-demande* » qui prend la valeur 1 si l'entreprise a répondu avoir éco-innové « en réponse à une demande de vos clients pour des innovations environnementales », 0 sinon.

- « *Adopte-règlementation* », qui prend la valeur 1 si l'entreprise déclare avoir éco-innové en réponse à : « des réglementations environnementales existantes ou des taxes sur la pollution » ; à « des réglementations environnementales ou des taxes dont vous attendez une future application » ou à « l'existence d'aides gouvernementales, de subventions ou d'autres incitations financières pour des innovations environnementales », 0 sinon.

Les trois profils sont donc construits de manière dichotomique (adopte ou pas l'orientation stratégique considérée). Ce choix permet d'analyser les facteurs et les spécificités de chaque orientation pour l'éco-innovation. Ces trois types de motifs à l'éco-innovation ne sont pas exclusifs l'un de l'autre et l'entreprise peut éco-innover pour plusieurs raisons. Toutefois, ces trois stratégies ne se recouvrent pas et on peut supposer qu'une majeure partie des entreprises gardent souvent une stratégie dominante dans leurs motifs d'innover. On note par ailleurs que les trois profils renvoient à des stratégies d'innovation produit, procédé et organisationnelle relativement proches (tableau 11).

Tableau 11 : Orientations stratégiques et formes d'innovation

	Nombre de firmes	Innovations de produits	Innovations de procédés	Innovations organisationnelles
Adoptants-coût	1285	916 (71.28%)	940 (73.15%)	952 (72.53%)
Adoptants-demande	821	653 (79.54%)	633 (77.10%)	607 (73.93%)
Adoptants-règlementation	1397	1027 (73.51%)	1033 (72.23%)	1009 (72.23%)

Source : CIS 2008

Toutefois, on observe que les adoptants-demande ont une propension à l'innovation technique (produits et procédés) plus importante que les autres orientations stratégiques, qui peut s'expliquer par une plus grande recherche d'adaptation et de flexibilité vis-à-vis des besoins du marché.

2.4.3 Résultats : les déterminants de l'adoption de l'innovation environnementale selon le profil stratégique de la firme

Au-delà des déterminants généraux à l'adoption des innovations environnementales, dont les résultats ont été exposés en section 2.3.2, nous avons décomposé la population selon les trois orientations stratégiques types mis en évidence par la littérature : les « adoptants-coût », les « adoptants-demande » et les « adoptants-règlementation ». L'objectif est de tester si les déterminants relatifs aux caractéristiques internes de la firme et ceux relatifs à ses différents environnements jouent de manière spécifique selon les trois orientations stratégiques. On teste trois modèles¹⁷, pour chacun des profils stratégiques, afin de mettre en évidence l'existence de déterminants différents selon que l'objectif de l'adoption de l'innovation environnementale répond respectivement à un objectif de coût, à une demande de ses clients ou à la réglementation existante, voire par anticipation d'une réglementation future (cf. tableau 12).

¹⁷ Modèles de type Heckman avec deux variables binaires, qui permettent de corriger le biais de sélection en probabilisant, dans une première étape, le choix d'innover standard (produit-procédés-organisation et marketing) et, dans une seconde étape, celui d'éco-innover pour ceux ayant déjà innové standard.

Tableau 12 : Les facteurs de l'adoption des innovations environnementales selon le profil de la firme (2^{ème} étape¹⁸)

	Adoptants-coût		Adoptants-demande		Adoptants-règlementation	
	E.M (*)	E.T (**)	E.M	E.T	E.M	E.T
Caractéristiques internes de la firme						
Taille :						
20 à 49 salariés	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
50 à 249 salariés	0.03*	0.01	-0.03	0.01	0.03**	0.01
250 à 500 salariés	0.06**	0.02	0.01	0.02	0.09***	0.02
Plus de 500 salariés	0.09***	0.02	0.08*	0.02	0.16***	0.02
Image de marque	-0.30*	0.17	-0.63*	0.22	0.52**	0.15
Profil d'innovation						
Innov. de produit radicale	0.03*	0.012	0.09***	0.01	0.03**	0.01
Innov. de produit incrémentale	-0.01	0.01	0.08*	0.01	0.05***	0.01
Incrémentale/radicale	0.06***	0.01	0.17***	0.01	0.09***	0.01
Innovation de procédés	0.08***	0.01	0.07***	0.01	0.10***	0.01
Changement orga de la production	0.05***	0.01	0.03***	0.01	0.03***	0.01
Changement organisation du travail	0.06***	0.01	0.03***	0.01	0.01***	0.01
Changement dans relations externes	0.06***	0.01	0.04**	0.02	0.07***	0.01
SME avant 2006	0.15***	0.02	0.02	0.02	0.20***	0.02
SME mis en place entre 2006 et 2008	0.16***	0.03	0.09	0.03	0.30***	0.03
Caractéristiques de l'environnement						
Environnement Marchand						
Zone principale de marché :						
Marché régional	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
Marché national	0.04***	0.01	-0.03	0.01	-0.01	0.01
Marché étranger	0.05***	0.01	-0.09*	0.02	0.01	0.02
Concentration du marché	0.01	0.01	-0.05***	0.01	0.01	0.01
Environnement sectoriel						
Secteurs :						
Industrie agro-alimentaire	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
Biens de consommation	-0.04***	0.01	0.13***	0.02	0.001	0.01
Biens d'équipement	-0.04***	0.01	0.09**	0.02	-0.02	0.02
Transport	-0.02	0.02	0.19**	0.03	0.03	0.02
Activités intermédiaires	-0.02	0.01	0.08**	0.02	0.01	0.01
Taux d'adoptants du secteur	0.27***	0.05	0.33***	0.05	0.18***	0.05
Environnement spatial						
Zone de localisation du siège :						
Urbain	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
Péri-urbain	-0.01	0.01	-0.01	0.01	-0.01	0.01
Rural	0.01	0.01	0.001	0.01	0.01	0.01
Constante	-1.448***		-1.234***		-2.402***	
Observations	4686		4686		4686	
Prob > chi2 ¹⁹	0.85		0.008		0.89	

Sources : Enquête CIS 2008 et EAE 2007, avec * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.001$; (*) E.M : Effet marginal ; (**) E.T : Ecart-type**

¹⁸ Les résultats de la 1^{ère} étape du modèle sont présentés en Annexe 2.

¹⁹ Les Chi2 montrent que l'adoption pour des motifs de coûts et de réglementation ne connaît pas de biais de sélection entre l'étape d'innover standard et celle de l'innovation environnementale. *A contrario*, le biais de sélection est présent pour l'adoption en vue de répondre à des motifs de demande.

Concernant les *caractéristiques internes* de la firme, on remarque en premier lieu que la croissance de la taille de la firme, si elle avait un rôle globalement positif dans le modèle général (cf. tableau 8), a un impact différent selon le type de profil (cf. tableau 12). En termes d'effets marginaux, la taille a un impact plus faible pour l'adoption liée à la demande et il est plus fort pour les adoptants-coût et réglementation. La corrélation entre taille et adoption est particulièrement marquée pour les firmes sensibles à la réglementation et à son anticipation. Par ailleurs, on note que l'image de marque, qui a un rôle significativement positif dans le modèle général, est une variable qui différencie fortement les profils. Elle a un impact négatif pour les adoptants-coût et adoptants-demande et une influence très grande et positive pour les adoptants-règlementation (avec des effets marginaux respectifs de -0.30, de -0.63 et de 0.52). Ceci pourrait traduire le fait que l'image de marque est complémentaire à l'innovation environnementale pour les entreprises qui éco-innovent en vue de répondre à la réglementation, alors qu'elle renvoie plus à une relation de substituabilité pour les adoptants-demande et les adoptants-coût.

En termes de *profil d'innovation*, les résultats montrent que l'innovation environnementale est plus associée à l'innovation de produit radicale qu'incrémentale pour les adoptants-coût et les adoptants-demande, conformément au modèle général. En revanche, on observe une corrélation inverse pour les adoptants-règlementation. On retrouve ainsi les résultats de la littérature qui montrent que la réglementation a tendance à favoriser les innovations de type bout de chaîne (« *end of pipe* ») aux innovations de type « technologies propres » (« *cleaner production* », Frondel et al., 2007). La complémentarité entre innovations environnementales et innovations organisationnelles est présente pour chacun des trois profils stratégiques mais sous des formes variées. Les changements dans l'organisation de la production, du travail et dans les relations externes ont une influence positive très significative pour chacun des profils stratégiques. On note néanmoins que l'innovation environnementale est plus associée aux changements des relations externes pour les firmes qui adoptent pour des motifs réglementaires qu'aux changements dans l'organisation de la production ou du travail. L'adoption de Système de Management Environnemental, avant et durant la

période d'observation, par les adoptants-coût et plus particulièrement pour les adoptants-règlementation, est associée positivement, et de manière très significative, à leur engagement dans un processus d'adoption d'éco-innovations. En revanche, ce n'est pas le cas pour les adoptants-demande, pour qui l'introduction de SME n'a pas d'effet sur la probabilité d'éco-innover.

Concernant l'impact de *l'environnement externe* de la firme sur son comportement d'adoption, les résultats mettent en évidence que les comportements sectoriels diffèrent selon le motif de l'adoption. Pour les adoptants-règlementation, l'appartenance sectorielle n'a ainsi pas d'impact. Pour les adoptants-coût, appartenir aux secteurs des biens de consommation et d'équipement joue négativement par rapport à l'industrie agro-alimentaire. Enfin, chaque secteur a une influence positive très significative sur l'adoption d'éco-innovations, par rapport au secteur agro-alimentaire, pour les firmes qui éco-innovent en réponse à des motifs de demande. Cette orientation stratégique est particulièrement portée par les dynamiques sectorielles ; influence qui se confirme par le fort impact des effets épidémiques sectoriels.

Quant à la zone de marché, si l'ouverture internationale était corrélée positivement avec la mise en œuvre d'éco-innovations dans le modèle général, en ce qui concerne les profils d'adoption, c'est le cas uniquement pour les adoptants-coût. En revanche, ce n'est pas le cas pour les adoptants-demande, pour lesquels le fait de répondre à un marché étranger, par rapport à un marché régional, a un impact négatif sur la mise en place d'éco-innovations. Ce n'est pas le cas non plus pour les adoptants-règlementation, pour qui la dimension du marché principal n'a aucune influence sur la probabilité d'éco-innover. Quant à la concentration du marché elle n'a, à l'instar du modèle général, pas d'effet sur l'éco-innovation pour les adoptants-coût et les adoptants-règlementation. Elle a en revanche un effet très significativement négatif pour les adoptants-demande.

Enfin, on note que la localisation géographique du siège de la firme n'a pas d'impact significatif sur l'adoption d'innovations environnementales pour ces trois profils stratégiques types. L'effet non significatif de la zone de localisation tendrait à

montrer la spécificité des innovations environnementales par rapport aux autres innovations et les effets différenciés, selon les deux étapes, des spillovers de connaissances et de leur nature. Contrairement aux innovations techniques très influencées par les processus d'agglomération, les innovations environnementales semblent sensibles à l'influence croisée des spillovers de connaissance généralement plus urbains et l'importance des zones de production souvent plus situées en périphérie (cf. modèle global). Enfin, les effets épidémiques sectoriels jouent de façon très marquée pour tous les profils.

Ce second ensemble de résultats montre que les facteurs d'adoption diffèrent fortement selon l'orientation stratégique mise en œuvre.

Ainsi, les adoptants-demande sont surtout des firmes de grande taille, orientées vers des marchés locaux. Leur comportement d'adoption est défavorisé par l'ouverture internationale et par une stratégie de valorisation de l'image de marque par la publicité qui joue de manière très significative et négative sur l'engagement à l'éco-innovation. Ces firmes sont négativement influencées par la concentration des marchés, leur propension à éco-innover étant stimulée par des structures de marché de type concurrentiel. Les adoptants-demande sont fortement dépendants des dynamiques sectorielles, avec un effet très défavorable de l'appartenance au secteur de l'industrie agroalimentaire.

Ce profil est donc relativement éloigné des intuitions qui ont donné lieu à sa création (*demand pull*), pour lesquelles l'innovation développée par l'entreprise « adoptante-demande » serait « tirée » par la demande et des dimensions marchandes. On peut supposer que c'est le poids des relations inter-entreprises (de type « B to B ») qui joue autant que le lien avec le consommateur final (« de type B to C ») dans les caractéristiques de ce profil.

L'adoption des innovations environnementales des adoptants-règlementation est peu influencée par les différentes facettes de leur environnement, et notamment par les dimensions sectorielles, marchandes et spatiales. Ainsi, l'appartenance sectorielle, la concentration et la nature géographique du marché ou la zone de localisation du siège

n'ont aucun effet significatif sur l'éco-innovation. En revanche, les entreprises qui développent des éco-innovations pour des motifs liés à la réglementation sont fortement influencées par des dynamiques internes, organisationnelles. Elles sont de taille moyenne ou grande, s'appuient sur une forte stratégie de valorisation de leur image de marque, un fort développement des pratiques de Système de Management Environnemental durant la période et une dynamique de changement et d'innovation plutôt orientée vers des innovations de procédés. Ce profil met d'abord en évidence la recherche d'adéquation à la réglementation, visible notamment à travers le rôle important de l'innovation incrémentale, qui tend à confirmer les travaux de la littérature antérieure affirmant que les firmes qui répondent à la réglementation environnementale vont développer des innovations de type end-of-pipe (Fronzel et al., 2007). Mais au-delà de cette mise en conformité avec la réglementation, les résultats montrent l'importance de son anticipation volontaire et de son usage dans une stratégie de communication et de valorisation de l'image de marque.

Enfin, s'agissant des adoptants-coût, leur probabilité d'éco-innover est défavorisée par la petite taille, les marchés régionaux et l'appartenance aux secteurs des biens de consommation et d'équipement. Les résultats soulignent le rôle du profil d'innovation, actif à tous les niveaux, avec un rôle spécifique de l'innovation radicale (non significativité de l'innovation incrémentale), des innovations organisationnelles (travail et relations externes) et de l'adoption de SME. Ce profil donne tout son poids aux processus d'apprentissage et à la complémentarité entre les formes d'innovation, dans la logique des analyses de Milgrom et Roberts (1990, 1995).

Tableau 13 : Synthèse des hypothèses et résultats

	Variables	Signes attendus	Résultats			
			Ensemble industrie	Adoptant coût	Adoptant demande	Adoptant réglementation
Hyp 1	Taille	Positif	validée	validée	validée	Validée
Hyp 2	Taux de publicité	positif	validée	refusée	refusée	Validée
Hyp 3	Innovation de produit radicale	Positif	Validée	Validée	Validée	Validée
	Incrémentale	Positif	Validée	Pas d'évidence	Validée	Validée
	Radicale et Incrémentale	Positif	Validée	Validée	Validée	Validée
	Innovation de procédés	Positif	Validée	Validée	Validée	Validée
	Changement dans l'organisation de la production	Positif	Validée	Validée	Validée	Validée
	Changement dans organisation du travail	Positif	Validée	Validée	Validée	Validée
	Changement dans les relations externes	Positif	Validée	Validée	Validée	Validée
	SME avant 2006	Positif	Validée	Validée	Pas d'évidence	Validée
	SME entre 2006 et 2008	Positif	Validée	Validée	Pas d'évidence	Validée
	Hyp 4	Secteur	+ / - selon secteur	Validée	Validée	Refusée
Hyp 5	Concentration de marché	Positif	Pas d'évidence	Pas d'évidence	Refusée	Pas d'évidence
	Zone principale de marché	Positif du marché national et étranger par rapport au marché régional	Validée	Validée	Refusée	Pas d'évidence
Hyp 6	Localisation du siège	+ de la zone urbaine / périurbaine par rapport à zone rurale	Refusée	Pas d'évidence	Pas d'évidence	Pas d'évidence
Hyp 7	Taux d'adoption sectoriel	Positif	Validée	Validée	Validée	Validée

2.5 Conclusion du chapitre

L'objectif de ce chapitre était de confronter notre cadre d'analyse de l'innovation environnementale au cas des firmes industrielles françaises. L'idée était de tester les hypothèses qui se rattachent à ce cadre analytique pour mettre en évidence les fondements des processus microéconomiques d'adoption d'innovations environnementales dans l'industrie française. A partir de bases de données individuelles issues de l'enquête CIS 2008 et EAE 2007, ce cadre d'analyse permet de mettre en évidence, au-delà des facteurs d'offre, de demande et réglementaire régulièrement mis en exergue par la littérature, le rôle respectif des caractéristiques internes des firmes et de celles issues de leur environnement externe dans le comportement éco-innovateur des firmes.

Les résultats du modèle (tableau 13) confirment le rôle structurant des caractéristiques internes de la firme et celles de son environnement externe sur son activité éco-innovante et les processus d'engagement à l'innovation environnementale. A ce stade de l'analyse, les résultats sont en phase avec notre *proposition 1* développée dans le chapitre premier. En effet, ils révèlent que le développement d'innovations environnementales est associé à des processus de changements dans l'organisation de la firme, aussi bien dans sa dimension de changement organisationnel (dans chacune de ses formes, changement dans l'organisation de la production, du travail, et des relations externes, que dans sa dimension de changement technique (innovations de produits et de procédés). De même, les résultats concordent avec notre *proposition 2*, qui postule que les processus d'éco-innovation sont associés à l'environnement externe des firmes ; l'appartenance sectorielle et l'ouverture internationale apparaissant comme des éléments qui influencent particulièrement les processus d'éco-innovations. En outre, la forte influence des effets épidémiques renvoie à notre *proposition 3*. L'importance du taux d'adoptants d'éco-innovations révèle qu'au-delà notamment d'une simple réponse mécanique à la réglementation, la firme industrielle, quelle que soit son orientation stratégique, s'engage dans un processus d'éco-innovations par des processus d'imitation et de mimétisme, en fonction du comportement des acteurs qui composent son environnement sectoriel. En somme, au-delà des facteurs d'offre, de demande et de

règlementation soulignés par la littérature, l'importance respective des caractéristiques internes des firmes et de celles de leur environnement externe, mis en évidence par le modèle, rejoint notre *proposition 4*.

Les modèles partiels apportent un éclairage nouveau et surtout, ce qui est peu fait dans la littérature, montrent l'importance de l'interaction entre les trois orientations stratégiques et les structures micro-économiques dans l'analyse du comportement d'adoption d'éco-innovations. Les résultats mettent en évidence le fait que chaque profil présente une combinaison de facteurs très diversifiée, des formes de mobilisation des ressources internes (taille, image de marque, profil d'innovation,...) et de relations à l'environnement externe (notamment les structures sectorielles), qui les spécifient et qui portent leur comportement d'éco-innovation.

Un des enjeux scientifiques important dans cette compréhension des déterminants microéconomiques de l'innovation environnementale sera d'analyser plus finement ces processus de complémentarité entre les formes d'innovation, i.e avec l'innovation technique (produits et procédés) et l'innovation organisationnelle (changements organisationnels dans la production, le travail et les relations externes), processus qui jouent un rôle moteur et peu analysé dans les comportements éco-innovateurs (Antonioli et al., 2013). C'est l'objet du chapitre suivant.

2.6 Annexes

Annexe 1 : Les déterminants du choix d'innover standard (1^{ère} étape)

	Adoptants-coût		Adoptants-demande		Adoptants-règlementation	
	Coeff.	Ecart-Type	Coeff.	Ecart-Type	Coef.	Ecart-Type
<i>Caractéristiques internes de la firme</i>						
Taille						
20 à 49 salariés	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
50 à 249 salariés	0.26***	0.02	0.26***	0.02	0.26***	0.02
250 à 500 salariés	0.32***	0.06	0.33***	0.06	0.32***	0.06
Plus de 500 salariés	0.53***	0.09	0.52***	0.09	0.53***	0.09
L'entreprise fait partie d'un groupe	0.23***	0.02	0.22***	0.02	0.23***	0.02
Image de marque						
SME avant 2006	1.07***	0.05	1.07***	0.05	1.07***	0.05
SME mis en place entre 2006 et 2008	1.68***	0.06	1.70***	0.06	1.68***	0.06
<i>Caractéristiques de l'environnement</i>						
<i>Environnement Marchand</i>						
Zone principale de marché						
Marché régional	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
Marché national	0.23***	0.02	0.23***	0.02	0.23***	0.02
Marché étranger	0.37***	0.04	0.38***	0.04	0.38***	0.04
Concentration du marché	0.08***	0.02	0.08***	0.02	0.08***	0.02
<i>Environnement sectoriel</i>						
Secteurs : Industrie agro-alimentaire						
Biens de consommation	-0.10**	0.03	-0.10***	0.03	-0.10**	0.03
Biens d'équipement	0.18***	0.04	0.18**	0.04	0.18***	0.04
Transport	-0.16**	0.06	-0.15*	0.06	-0.16**	0.06
Biens intermédiaires	0.10**	0.04	0.11*	0.03	0.10**	0.03
<i>Environnement spatial</i>						
Zone de localisation du siège						
Urbain	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
Peri-urbain	-0.04	0.03	-0.05	0.03	-0.04	0.03
Rural	-0.05*	0.02	-0.06*	0.02	-0.06*	0.02
Observations	4686		4686		4686	

Sources : Enquête CIS 2008 et EAE 2007, avec * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Annexe 2 : composition des cinq grands secteurs de l'industrie manufacturière françaises (Naf 2008 rev.2)

Secteur	Intitulé
Agroalimentaire	Fabrication de denrées alimentaires, de boissons et de produits à base de tabac
Biens de consommation	Fabrication de textiles, industries de l'habillement, industrie du cuir et de la chaussure Travail du bois, industries du papier et imprimerie Industrie pharmaceutique Autres industries manufacturières ; réparation et installation de machines et d'équipements
Biens d'équipement	Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques Fabrication d'équipements électriques Fabrication de machines et équipements
Transport	Fabrication de matériels de transport
Biens intermédiaires	Industrie chimique Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique ainsi que d'autres produits minéraux non métalliques Métallurgie et fabrication de produits métalliques à l'exception des machines et des équipements

Source : INSEE

Chapitre III :

Changements organisationnels et innovations environnementales²⁰

3.1 Introduction

L'objet de ce chapitre est d'approfondir l'analyse des processus de complémentarité entre changements organisationnels et adoption des innovations environnementales. L'idée est de prendre en compte la spécificité de ce type d'innovation, qui s'appuie par définition sur une technologie ou un dispositif organisationnel au sein de la firme, dans l'analyse des comportements micro-économiques d'adoption. Ainsi, dans une première étape, on cherchera à identifier la diversité et la nature des complémentarités qui se forment entre les innovations

²⁰ Ce chapitre utilise certains éléments (en 3.3) d'un article écrit en collaboration (Nadel et al., 2013).

environnementales et les changements dans l'organisation de la firme. Dans une seconde partie, l'objectif sera d'analyser le cas d'une innovation environnementale organisationnelle, le SME, afin d'approfondir les dynamiques organisationnelles qui lui sont associées.

Dans la première partie de ce chapitre, l'objectif est de prendre en compte le fait que l'innovation environnementale s'appuie nécessairement une technologie ou un dispositif organisationnel et que son adoption est fondamentalement liée aux changements dans l'organisation de la firme ; ceci dans ses différentes dimensions que ce soit au niveau de l'organisation de la production, de celle des structures de décisions et d'organisation du travail mais aussi des modes de coordination avec les partenaires externes. Cette analyse des changements organisationnels a largement été étudiée quant à son interaction avec l'adoption et la diffusion des nouvelles technologies ; les travaux mettant en évidence que l'évolution technologique est souvent associée à une évolution des structures organisationnelle de la firme (Chandler, 1962; Aoki, 1986; Milgrom et Roberts, 1990, Bocquet et al., 2007). En revanche, la question des complémentarités entre les innovations environnementales et les changements organisationnels n'a été que peu étudiée dans la littérature (Antonioli et al., 2013). En effet, les travaux sur l'innovation environnementale ont eu tendance à avoir une approche de nature plus techniciste de l'innovation environnementale et de s'intéresser plus particulièrement aux éco-innovations de procédés et de produits (Horbach, 2008).

Ainsi, dans une première étape, nous visons à étudier l'ensemble des formes de complémentarités qui se nouent entre les différents types de changements dans l'organisation de la firme et l'adoption d'éco-innovations. Sur la base de l'exploitation de l'enquête CIS 2008, l'objectif est de construire un état des lieux sur les processus de complémentarité afin d'identifier sur quels types d'innovation ou de changement s'appuient plus particulièrement l'innovation environnementale dans les firmes industrielles françaises. On analyse ainsi, ce qui n'a pas été fait auparavant dans la littérature empirique, les complémentarités à l'œuvre entre changements techniques, changements organisationnels et innovations environnementales, quel que soit le type d'impact environnemental que génère l'éco-innovation adoptée. Puis, on cherchera à

approfondir l'analyse en identifiant les complémentarités qui se forment entre les différents types d'éco-innovation (réduction d'énergie, recyclage, etc., lors du processus de production du produit ou de sa consommation) et les pratiques d'innovations de produits, procédés et organisationnelles.

Un des premiers résultats de cette analyse réside dans la mise en lumière de l'importance majeure des dynamiques de changement organisationnel dans les processus d'innovation environnementale. On met en évidence que les impacts environnementaux des innovations portées par la firme sont principalement produits par des dynamiques de changements relatifs à l'organisation de la production, l'organisation du travail et les changements dans les relations externes plus que par des innovations de nature technique, liées aux produits ou aux procédés.

Dans un second temps, sur la base de l'enquête COI-TIC 2006 (Changements Organisationnels et Informatisation-Technologies de l'Information et de la Communication), nous visons à approfondir l'étude de cette complémentarité en se concentrant sur les processus de changement organisationnel associés à l'introduction d'un Système de Management Environnemental dans la firme.

Etudier le SME est original et important à deux niveaux. Tout d'abord, il permet d'analyser une innovation environnementale de nature organisationnelle, dans un contexte où la littérature se focalise plus sur l'étude des innovations environnementales de produits et de procédés (Rennings, 2000; Horbach et al., 2013). L'introduction d'un Système de Management Environnemental (SME) peut être alors considérée, comme le proposent Arundel et Kemp (2009), dans une démarche d'économie de l'innovation, comme une innovation environnementale organisationnelle (Fronzel et al., 2007; Ziegler et Rennings, 2004). Ensuite, c'est aussi une innovation qui produit du changement organisationnel. Ainsi, comme le notent différents auteurs, notamment en *management studies*, les SME et plus particulièrement les normes certifiées telles que les normes ISO 14001 ou EMAS (European Eco-Management Audit Scheme) sont caractérisées par un fort degré d'exigence en termes managériaux et organisationnels. Ils impliquent un engagement de la direction, une planification des améliorations, l'organisation d'actions correctives et préventives, la formation du personnel, etc.

(Rondinelli et Verstag, 2000; Reverdy, 2006). Ils touchent plus globalement différentes dimensions de la gouvernance et du mode de coordination de la firme (Bloom et al., 2010; Martin et al., 2012). L'usage de la base COI-TIC 2006 nous permet de mettre en lumière l'évolution des formes de gouvernance et d'organisation du travail associées à la mise en œuvre d'un SME par les firmes. Cette base permet également d'approfondir les formes de changement inter-firmes associées à la mise en place d'un management vert.

Ce chapitre se déroule donc en deux temps. Dans un premier temps, l'analyse porte sur l'étude des niveaux de complémentarités entre types d'innovation standard et les différents types d'innovations environnementales (Section 3.2). Après avoir développé le cadre théorique portant sur la complémentarité entre éco-innovations et changements organisationnels, on présentera notre méthode empirique pour étudier la complémentarité, ainsi que les différentes variables dépendantes et indépendantes. Les résultats porteront sur l'étude des firmes industrielles françaises et seront détaillés par grands secteurs afin de mettre en évidence les spécificités sectorielles des processus de complémentarité.

La seconde partie du chapitre vise à analyser les types de changement organisationnel associés à l'adoption d'une innovation environnementale organisationnelle que constitue le Système de Management Environnemental (Section 3.3). La partie théorique permet d'approfondir les hypothèses relatives aux interactions entre l'adoption d'un SME et dynamique de changements organisationnels au sein de la firme. Elles sont testées ensuite grâce à l'exploitation de l'enquête COI sur les changements organisationnels et l'informatisation (INSEE-CEE). Cette enquête nous permet de mettre en évidence de manière plus qualitative les différents modèles de changements organisationnels associés à l'adoption d'un SME .

3.2 Innovations environnementales et organisation de la firme : quelles complémentarités ?

3.2.1 Introduction

Rares sont les travaux consacrés aux divers mécanismes de complémentarités à l'œuvre dans le comportement éco-innovateur des firmes, complémentarité entre adoptions d'innovations environnementales, changement technique et changement organisationnel. Quelques articles récents en ont mentionné l'importance en mettant en évidence la complémentarité entre changement organisationnel et innovations environnementales parmi les firmes des secteurs polluants soumis à de fortes pressions réglementaires (Antonioli, 2013; Mazzanti et al., 2013; Hottenröt et al., 2014). Par contre, à notre connaissance, peu de travaux s'attachent à mettre en lumière la *nature* des complémentarités qui se développent entre éco-innovations, innovations organisationnelles et innovations techniques de produit ou de procédé.

L'objectif de cette première partie du chapitre est d'approfondir l'analyse de ces processus de complémentarité entre les innovations environnementales et les innovations *standard* sur lesquelles, par définition, elles s'appuient. Cette imbrication d'une innovation environnementale à une innovation technique ou organisationnelle nous conduit ici dans un premier temps à identifier la nature même des différentes innovations *standard* (produits, procédés et organisationnelles) sur lesquels s'appuient plus spécifiquement les innovations environnementales. Nous essaierons alors d'établir les modalités des changements organisationnels complémentaires entre l'organisation du travail, de la production, ou des relations externes de la firme) relatives aux innovations environnementales introduites. Neuf types d'éco innovations seront étudiées dans ce cadre et selon cette méthode.

On s'intéresse à la dimension *sectorielle* de la complémentarité et à comment la nature des changements dans l'organisation de la firme en liaison avec les innovations environnementales est influencée par les spécificités sectorielles. On cherche ici à analyser la diversité des types de complémentarités qui se nouent entre le

développement d'innovations environnementales et les changements organisationnels, selon les structures industrielles qui portent la firme et le type d'éco-innovation qu'elle développe.

Le travail s'appuie sur l'enquête CIS 2008, qui fournit des informations sur le comportement microéconomique en termes d'innovations de produits, procédés, organisationnels, et d'innovations environnementales. Sur le plan empirique, on emploie des modèles de type probit bivariés, qui nous permettent de mettre en évidence l'interaction entre l'adoption de deux pratiques et donc d'observer la complémentarité de l'adoption jointe de deux pratiques (innovation environnementale / innovation technique ou organisationnelle). A notre connaissance, cette méthode n'a pas été mobilisée dans l'étude des complémentarités relatives aux processus d'innovation environnementale.

Cette première partie du chapitre sera organisée en quatre sections. La prochaine section présente notre cadre théorique. La section 3.2.3 présente notre stratégie pour établir les relations de complémentarités, les données et variables du modèle. La section 3.2.4 présente les résultats et une dernière section conclut cette première partie du chapitre.

3.2.2 Changement dans l'organisation de la firme et éco-innovation : cadre théorique

On dit de deux activités qu'elles sont complémentaires si « *le profit ou la valeur générés lorsque l'on les effectue conjointement sont plus élevés que la somme des profits individuels obtenus en n'en effectuant qu'une à la fois* » (Milgrom et Roberts, 1997). L'idée sous-jacente au concept de complémentarité est que face à un environnement changeant, les pratiques managériales, technologiques (i.e les choix en termes d'innovations), et la structure de la firme doivent être cohérentes (Chandler, 1962; Milgrom et Roberts, 1990, 1995).

On entend par changement organisationnel tout changement dans la distribution des pouvoirs, des qualifications, dans le management de l'information et les modes de communications (Greenan, 2003) et dans les relations inter-firmes (voir Benghozi, 2001; Galliano et Orozco, 2013). Différents auteurs mettent notamment en lumière une plus grande qualification de la main d'œuvre, un « aplatissement » de la structure hiérarchique, la délégation de responsabilités et une décentralisation de la décision (Greenan, 2003; Antonioli et Mazzanti, 2009), ainsi que différentes formes de changement dans les relations externes de la firme (Galliano et Orozco, 2013).

La théorie de la supermodularité (Milgrom et Roberts, 1990, 1995) suppose de manière implicite l'hypothèse d'un changement organisationnel planifié (« *goal-oriented* »), dans une approche dans laquelle la firme vise à optimiser ses pratiques organisationnelles, stratégiques et technologiques (Milgrom et Roberts, 1990; Bocquet et al., 2007).

L'approche évolutionniste considère le lien entre pratiques d'innovation et pratiques organisationnelle dans une conception qui considère le changement organisationnel comme « *endogenously induced change of organizational routines* » (Becker et Lazaric, 2003). Dans l'analyse du comportement éco-innovateur des firmes, il s'agit pour la firme de développer des compétences de nature organisationnelle « *that improve responsiveness to sustainability challenges* » (Wagner et Llerena, 2011), ce qui renvoie à une conception adaptative du changement organisationnel. Dans cette

perspective, l'adoption d'innovations environnementales va donc de pair avec une évolution des routines et des compétences relatives aux questions environnementales, qui conduit à une transformation de l'organisation de la firme.

Dans la littérature visant à l'analyse des déterminants microéconomiques à l'adoption d'innovations environnementales, la complémentarité entre innovations techniques et/ou organisationnelles et innovations environnementales est mise en évidence dans différents contextes industriels nationaux (Mazzanti et al., 2007; Rehfeld et al., 2007; Wagner, 2007; Horbach et al., 2013) ou sectoriels (l'imprimerie allemande par Rothenberg et Zyglidopoulos, 2007).

Les travaux portant sur les changements dans l'organisation du travail et de la production associés au développement d'innovations environnementales par les firmes mettent notamment en évidence le rôle du manager (Wagner et Llerena, 2011; Robertson et Barling, 2013), de la formation des salariés (Horbach, 2008, Cainelli et al., 2012) et de leur implication (Delmas et Pekovic, 2013) dans la mise en place de pratiques environnementales. L'étude de Delmas et Pekovic (2013) met en lumière qu'une augmentation des standards environnementaux au sein de la firme va de pair avec une hausse de la productivité du travail. Les auteurs postulent que cette amélioration de la productivité du travail résulte d'un plus grand engagement du salarié dans la firme. Ils montrent que les firmes « proactives » en matière environnementale ont tendance à fournir à leurs salariés plus de formation et de contacts inter-personnels. L'argument environnemental semble ainsi agir tel un « principe de justification » (Boltanski et Thévenot, 1991) à même de pouvoir se répercuter sur l'organisation du travail et de la production (Nadel, 2013).

Horbach et al. (2012), dans le cas des firmes industrielles allemandes, mettent en lumière l'existence de complémentarités différentes entre selon le type de changement organisationnel (i.e. dans l'organisation de la production, du travail, ou dans les relations inter-firmes) et selon le type d'innovation environnementale mise en place. Si l'adoption d'innovations environnementales destinées à réduire la pollution de l'air s'avère être complémentaire avec le changement dans l'organisation de la production, la réduction de de matières et d'énergie s'accompagnent de changements dans

l'organisation du travail. Quant à l'adoption d'innovations environnementales relatives à la gestion de la pollution (air, eau, sols), ils sont plus spécifiquement corrélés aux changements des relations inter-firmes.

S'agissant de la littérature portant sur le lien entre changement de l'organisation de la production et l'innovation environnementale, de nombreux travaux soulignent notamment l'interaction entre l'introduction de systèmes de management environnementaux (SME) et le développement d'innovations environnementales (Frondel et al., 2007; Mazzanti et al., 2007; Rehfeld et al., 2007; Wagner, 2008).

Mazzanti et al. (2013) mettent en évidence des logiques de complémentarités entre le développement de nouvelles technologies de l'information et l'adoption d'innovations environnementales au sein des firmes industrielles tchèques, allemandes et portugaises, en considérant que le développement d'innovations environnementales participe d'une stratégie globale de dématérialisation et de décarbonisation. Ils mettent en évidence, lors de la mise en œuvre d'une innovation environnementale qui porte sur la réduction de l'énergie, ou lors de la mise en place d'un SME, une relation de complémentarité entre changement organisationnel et adoption de système de management de l'information, dans le cas des firmes appartenant au district industriel d'Emilie Romagne.

L'interaction entre changement dans l'organisation de la production et éco-innovation est confirmée par Horbach (2008), qui montre un lien avec l'évolution des structures organisationnelles beaucoup plus fort pour les éco-innovations qu'avec les innovations *standard*, pour l'industrie allemande, et Horbach et al. (2013), qui mettent en avant que la flexibilisation de la production a un effet positif à l'adoption d'éco-innovations pour les firmes industrielles françaises et allemandes.

Une autre étude d'Antonioli et al. (2013) met en évidence l'existence de complémentarités entre pratiques de gestion de ressources humaines et pratiques organisationnelles de type « *High Performance Work Practices* » (HPWP), lorsque l'éco-innovation adoptée porte sur la réduction des émissions de CO₂. L'émergence de complémentarités dépend fortement de l'appartenance sectorielle, ces complémentarités ne se constituant que pour les firmes des secteurs polluants, soumises à des réglementations environnementales fortes.

Les changements de relations inter-firmes associés au développement d'innovations environnementales renvoient aux questions liées à l'écologie industrielle, d'économie circulaire ou de la fonctionnalité (Gaglio et al., 2011). Ces reconfigurations des relations inter-firmes renvoient aussi à une évolution des liens entre la firme et son territoire (Maillefert et Robert, 2014), notamment lorsqu'il s'agit d'innovations environnementales destinées à l'amélioration du recyclage et de la gestion des déchets (Brouillat et Oltra, 2012).

3.2.3 Méthodologie

Cette section présente la démarche économétrique suivie, qui mobilise des modèles de type probits bivariés pour mettre en évidence les relations de complémentarité. Elle expose ensuite les différentes variables expliquées et la série de variables explicatives introduites dans les différents modèles.

3.2.3.1 Tester la complémentarité entre innovation technique, organisationnelle, et environnementale : le modèle

Trois approches ont été utilisées dans la littérature pour étudier la complémentarité (Mazzanti et al., 2008). La première méthode « *reduced form approach* » analyse la complémentarité à travers la corrélation entre deux facteurs (Arora, 1996). La seconde méthode étudie la complémentarité à travers la construction et l'optimisation d'une fonction de production augmentée (Milgrom et Roberts, 1995; Bocquet et al., 2007). Une troisième approche consiste à tester la complémentarité à travers des probits bivariés ou multivariés. L'existence de relations de complémentarités dans cette approche est identifiée si l'hypothèse de non-corrélation des résidus est rejetée (Galia et Legros, 2004; Laursen et Mahnke, 2001). Nous choisissons de mobiliser cette troisième approche pour étudier les relations de complémentarités entre

adoption d'innovations organisationnelles, techniques et environnementale, grâce à des probits bivariés²¹.

Milgrom et Roberts (1990) introduisent la notion de supermodularité, désignant l'optimisation d'une fonction complémentaire, qui intègre des facteurs stratégiques et organisationnels dans la fonction objective de la firme, en sus des traditionnels facteurs capital et travail. Il y a supermodularité et complémentarité si, suivant Topkis (1995, 1998), Milgrom et Roberts (1990, 1995) et Milgrom et Shannon (1994) on établit deux variables x' et x'' dans une *lattice* X compléments si une fonction augmentée $f(x', x'')$ dans la *lattice* X est supermodulaire dans ses arguments. C'est-à-dire si et seulement si :

$$f(x') + f(x'') \leq f((\min(x', x'')) + f(\max(x', x'')))$$

D'où, dans le cas de choix binaires, la condition suivante :

$$f(1,0) + f(0,1) \leq f(0,0) + f(1,1)$$

Ce qui signifie qu'adopter une pratique x' va être associé à un bénéfice plus grand si la pratique x'' est présente au sein de la firme ; inversement abandonner la pratique x' est plus bénéfique si la pratique x'' a déjà été abandonnée.

Etant donné que l'innovation environnementale s'intègre nécessairement à une technologie (pour une innovation de produits et de procédés) ou à un dispositif organisationnel (s'il s'agit d'une innovation organisationnelle), l'analyse des formes de complémentarités doit prendre en compte les problèmes d'endogénéité inhérents à l'adoption d'innovations environnementales. Pour répondre aux problèmes d'endogénéité liés à l'adoption jointe de pratiques, Wooldridge (2002, p.623) suggère d'estimer des modèles de choix binaires à travers des modèles de type probit bivarié. Ainsi, si par exemple une innovation organisationnelle (ou de produits / ou de procédés) et une innovation environnementale sont adoptées de manière complémentaire, il y aura une forte probabilité qu'une firme adoptant l'une adopte aussi l'autre. Nous considérons

²¹ Un modèle probit trivarié a été estimé, qui ne donne pas des résultats convergents

alors la probabilité jointe associée à l'adoption d'une innovation organisationnelle (ou de produits / ou de procédés) et environnementale grâce à un modèle de type probit bivarié.

Il est spécifié sous la forme suivante (Greene, 2003) :

$$\begin{cases} y^*_{i1} = x_{i1}\beta_1 + \mu_{i1} \\ y^*_{i2} = x_{i2}\beta_2 + \mu_{i2} \end{cases}$$

- avec $E[\mu_{i1}] = E[\mu_{i2}] = 0$,
- $\text{Var}[\mu_{i1}] = \text{Var}[\mu_{i2}] = 1$,
- $\text{Cov}[\mu_{i1}, \mu_{i2}] = \rho$

Les deux variables latentes y^*_{i1} et y^*_{i2} sont expliquées par une combinaison linéaire de x_{i1} et x_{i2} respectivement et on observe les variables y_{i1} et y_{i2} telles que : $y_{i1} = 1$ et $y^*_{i1} > 0$ et 0 sinon et de la même manière, $y_{i2} = 1$ si $y^*_{i2} > 0$ et 0 sinon.

Le probit bivarié permet d'estimer l'occurrence de deux événements simultanés, étant donnés les termes μ_{i1} et μ_{i2} normalement distribués et avec ρ le coefficient de corrélation entre ces termes d'erreur.

L'ajustement du modèle se fait par la méthode du maximum de vraisemblance.

Nous allons estimer ainsi plusieurs séries de probits bivariés. Les trois premiers modèles testent respectivement la complémentarité dans l'adoption jointe entre innovation environnementale et innovation de produit, dans l'adoption jointe entre innovation environnementale et innovation de procédé et dans l'adoption jointe entre innovation environnementale et innovation organisationnelle. Les trois modèles suivants visent à tester la complémentarité entre innovation environnementale et le type de changement organisationnel : changement dans l'organisation de la production, changement dans l'organisation du travail, changement dans les relations externes. Ensuite nous allons appliquer ces six modèles en fonction de chacun des 9 types d'éco-

innovation et de l'appartenance sectorielle de la firme. Nous décomposons l'appartenance sectorielle en fonction des cinq grands secteurs qui composent l'industrie manufacturière française : industrie agro-alimentaire, biens de consommation, biens d'équipement, transports et biens intermédiaires.

3.2.3.2 *Présentation des données*

Le travail s'appuie sur l'exploitation des deux enquêtes mobilisées dans le chapitre II. The Community Innovation Survey (CIS 8), enquête déclarative portant sur le comportement d'innovation des firmes industrielles de plus de 20 salariés, au cours de la période 2006-2008. Cette base fournit des informations sur les pratiques d'innovations au sein des firmes (innovations de produits, procédés, de marketing) et d'identifier les changements organisationnels à l'œuvre au niveau individuel (changements dans l'organisation du travail, de la production ou dans les relations externes). Elle permet d'indiquer les pratiques d'innovations environnementales des firmes en fonction de neuf types d'éco-innovation. Cette enquête est appariée avec l'Enquête Annuelle d'Entreprise de 2007 (EAE 2007) qui fournit également des informations générales sur les structures et les performances de l'entreprise. Nous disposons ainsi d'une base de données de 4686 entreprises de plus de 20 salariés et plus, représentative de la population industrielle manufacturière française.

3.2.3.3 *Les variables dépendantes*

Nous établissons plusieurs variables expliquées. Dans un premier temps, les variables relatives à la probabilité d'adoption d'une innovation environnementale, d'une innovation de produits, d'une innovation de procédés, et d'une innovation organisationnelle sont introduites. Puis, nous décomposons l'innovation organisationnelle pour approfondir l'étude des complémentarités entre changement organisationnel et éco-innovation, en trois types de changement organisationnel : le changement dans l'organisation de la production, dans l'organisation du travail et dans

les relations externes des firmes. Enfin, nos neuf dernières variables expliquées correspondent aux variables associées à chacun des neuf types d'innovation environnementale.

La probabilité d'adopter une innovation environnementale

La première variable expliquée est la probabilité d'adopter au moins une innovation environnementale. On estime la probabilité pour la firme d'être ou non innovante en matière environnementale par la variable dichotomique « AdopteIE ». Celle-ci est créée à partir de l'enquête CIS 2008 et prendra la valeur 1 si au moins une des 9 modalités d'éco-innover (proposées par l'enquête CIS, cf tableau 14) est répondue par « Oui », et la valeur 0 sinon. Le tableau 14 montre que les entreprises éco-innovantes auront tendance à privilégier les éco-innovations au cours du processus de production relativement à celles dont le bénéfice environnemental a lieu pendant la consommation finale du produit. Le recyclage des déchets, de l'eau et des matières premières est la forme d'éco-innovation la plus adoptée par les entreprises françaises. En termes sectoriels, il apparaît que les firmes de l'agroalimentaire et des biens de consommation sont en moyenne moins éco-innovantes que dans les autres secteurs.

Tableau 14 : Fréquence d'adoption des différents types d'innovation environnementale selon le secteur d'appartenance (en %)

Types d'innovations environnementales	Ensemble industrie	IAA	Biens de conso	Biens d'équipement	Transport	Biens intermédiaires
<i>IE lors du processus de production</i>						
Réduction de l'utilisation de matières par unité produite	28,47	24,97	21,74	34,45	38,24	30,79
Réduction de la consommation d'énergie par unité produite	26,44	25,09	19,59	30,35	32,35	29,30
Réduction des émissions de CO ₂ générées par l'entreprise	17,88	14,73	14,52	19,78	24,79	20,05
Remplacement de matières premières polluantes	29,49	15,65	24,74	39,93	39,08	33,77
Réduction de la pollution des sols, de l'eau ou de l'air	26,76	25,78	20,53	28,73	33,19	29,86
Recyclage des déchets, de l'eau ou des matières premières	35,83	33,95	32,30	38,06	40,34	37,62
<i>IE lors du processus de consommation</i>						
Réduction de la consommation d'énergie par unité produite consommée	20,61	12,54	14,60	32,71	31,51	21,66
Réduction de la pollution des sols, de l'eau ou de l'air	16,71	12,54	12,29	21,52	23,11	18,81
Recyclage du produit amélioré après usage généré par le consommateur	18,18	14,38	16,49	22,26	24,79	18,44
Innovation environnementale	50,23	44,53	41,58	60,57	53,78	53,88

Source : CIS 2008

La probabilité d'adopter une innovation de produits : elle prend la valeur 1 la firme a introduit un produit nouveau pour la firme et / ou pour le marché, 0 sinon

La probabilité d'adopter une innovation de procédés : elle prend la valeur 1 si la firme a introduit un nouveau procédé de production, une nouvelle méthode de distribution ou d'une activité de soutien, 0 sinon.

La probabilité d'adopter une innovation organisationnelle est estimée à partir de trois modalités de changement organisationnel fournis dans l'enquête CIS. Celles-ci constituent les trois variables expliquées dans l'étude des complémentarités entre éco-innovation et forme de changement organisationnel. Ces trois variables sont :

- *le changement dans l'organisation du travail* (= 1 si introduction de nouvelles méthodes d'organisation du travail : nouvelle répartition des responsabilités / du

pouvoir de décision parmi les salariés, travail d'équipe, décentralisation, intégration ou autonomisation de différents services de l'entreprise, systèmes de formation, etc., 0 si non

- *le changement dans l'organisation de la production* (=1 si introduction de nouvelles méthodes de décision : système de gestion de la chaîne d'approvisionnement, reconfiguration des processus, système de gestion des connaissances, production sur commande, système de gestion de la qualité, etc.)
- *le changement dans les relations externes* (=1 si introduction de nouvelles méthodes d'organisation des relations externes avec d'autres entreprises ou organismes : mise en place pour la première fois d'alliances, de partenariats, d'externalisation d'activités ou de sous-traitance, 0 si non)

Le tableau suivant présente la fréquence des différentes formes de changement organisationnel pour l'ensemble de l'industrie française et pour ses 5 grands secteurs.

Tableau 15 : Les formes de changement organisationnel selon le secteur d'appartenance (en %)

Type de changement organisationnel	Ensemble industrie	IAA	Biens de conso°	Biens d'équipement	Transport	Biens intermédiaires
Changement dans l'organisation de la production	35.51	33.83	30.33	45.02	40.76	34.64
Changement dans l'organisation du travail	34.21	31.65	31.27	41.54	39.92	33.21
Changement dans les relations externes	17.11	13.46	16.75	21.27	22.69	16.45

Source : CIS 2008

On décompose ensuite l'innovation environnementale selon le type d'impact environnemental pour construire neuf variables expliquées, afin de tester les complémentarités qui se forment pour chaque type d'innovation environnementale avec l'innovation de produit, procédé, organisationnelle et selon le type de changement

organisationnel (i.e. changement dans l'organisation de la production, du travail, et dans les relations externes).

Ces neuf variables dernières expliquées, discrètes et binaires, sont donc les suivantes (cf. tableau 14) : la probabilité de *réduction de l'utilisation de matières par unité produite* ; la probabilité de *réduction de la consommation d'énergie par unité produite* ; la probabilité de *réduction des émissions de CO₂ générées par l'entreprise* ; la probabilité de *remplacement de matières premières polluantes* ; la probabilité de *réduction de la pollution des sols, de l'eau ou de l'air* ; la probabilité de *recyclage des déchets, de l'eau ou des matières premières* ; la probabilité de *réduction de la consommation d'énergie par unité produite consommée* ; la probabilité de *réduction de la pollution des sols, de l'eau ou de l'air* ; la probabilité de *recyclage du produit amélioré après usage généré par le consommateur*.

Chacune de ces 9 variables expliquées prend la valeur 1 si la firme déclare avoir introduit l'innovation environnementale en question, 0 sinon.

3.2.3.4 Les variables indépendantes

Le premier ensemble de variables concerne les caractéristiques internes de la firme. Les variables de taille, d'appartenance à un groupe de sociétés et de taux de R&D sont introduites pour approximer son potentiel technologique. L'information porte par ailleurs sur son profil d'innovation, c'est-à-dire sur le développement de différentes formes d'innovation au sein de la firme : l'adoption d'innovations produits (radicale, incrémentale, ou les 2), les innovations de procédés, et les différents types d'innovations organisationnelles. Les variables d'innovations de produit et de procédé sont introduites dans les modèles visant à tester la complémentarité entre innovation environnementales et changements organisationnels, celles portant sur le changement organisationnel dans les modèles testant les formes de complémentarités entre éco-innovation et changement technique.

La seconde série de variables concerne les variables associées à l'environnement externe de la firme. L'environnement sectoriel est capté par le secteur d'appartenance

(au niveau 2 de la Naf 2008 rev.2) et le taux d'adoptants du secteur (au niveau 3 de la Naf 2008 rev.2), qui permet permettant d'approximer le caractère épidémique de l'innovation environnementale (introduite uniquement pour l'éco-innovation). Les variables retenues pour approximer l'environnement marchand sont la structure de marché (C4) et la localisation du marché principal. Par ailleurs, pour mesurer l'effet de la localisation de la firme sur son intensité à éco-innover et au changement organisationnel, on retiendra la zone de localisation du siège. L'environnement informationnel constitue une autre dimension de l'environnement externe auquel les firmes font face. Dans la lignée de plusieurs auteurs, on fait l'hypothèse que les sources d'informations que l'entreprise déclare avoir utilisées pour innover constituent une proxy pertinente des opportunités technologiques (Arvanitis et Hollenstein, 1994; Klevorick et al., 1995; Becker et Peters, 2000). On distingue les variables indicatives des sources d'information industrielles (clients, fournisseurs et concurrent), des variables reflétant les sources d'information non industrielles (Université ou organisme public de recherche).

3.2.4 Les résultats

Cette section présente les résultats des différents tests de complémentarités afin de mieux comprendre les processus intra-organisationnels associés à l'éco-innovation dans les firmes industrielles françaises²². Le premier travail porte sur les formes de complémentarité qui se nouent entre changement technique, changement organisationnel et innovation environnementale (3.2.4.1). Dans un second temps, on approfondi ce modèle général selon la nature des innovations environnementales. Les résultats permettent de mieux saisir les processus les complémentarités entre chaque type d'éco-innovation et les changements dans l'organisation de la firme (3.2.4.2).

²² Notons, que la présentation des résultats du tableau 16 met en évidence l'ensemble des coefficients entre les variables expliquées et la variable explicative de chaque modèle. Ces résultats sont intéressants en eux même mais ne constituent pas l'objet de ce chapitre qui cherche à tester les processus de complémentarité. On présentera, par la suite, seulement le terme d'interaction (ρ) qui rend compte de ces complémentarités entre innovations environnementales et innovations standard.

3.2.4.1 Complémentarités entre changement technique, changement organisationnel et innovation environnementale

Le modèle général (tableau 16) a pour objectif de tester l'existence d'une complémentarité entre les grands types d'innovation (produits, procédés et organisationnelles) et l'innovation environnementale. Le premier résultat de ce modèle général découle du signe positif du terme d'interaction (rho positif, et significatif) qui traduit l'existence d'un processus de complémentarité entre les trois types d'innovation, que ce soit produits, procédés et organisation, et l'innovation environnementale. Ce résultat est *a priori* attendu dans la mesure où les innovations environnementales s'appuient par définition sur les innovations produits, processus ou organisationnelles à l'œuvre au sein de la firme. Moins attendues sont les valeurs du terme d'interaction qui traduisent une intensité différente de complémentarité entre les types d'innovation. Les résultats mettent en évidence l'existence d'une complémentarité plus intense entre l'innovation organisationnelle et l'innovation environnementale (0.659) dans l'industrie française. Parallèlement et contrairement à ce que l'on pouvait attendre, le processus de complémentarité entre innovations techniques et innovations environnementales est nettement plus faible et plus particulièrement pour l'innovation produits (0.256). Alors que la littérature s'attache surtout à analyser les interactions entre innovations techniques et innovations environnementales (cf. la littérature sur les innovations techniques de types *cleaner production* et *end of pipe*, Rehfeld et al., 2007), ces résultats tendraient à montrer l'importance spécifique des processus organisationnels dans l'accompagnement des innovations environnementales.

Tableau 16 : Complémentarités entre éco-innovation, changement technique et changement organisationnel

	M1		M2		M3	
	IEnv	IProduit	IEnv	Iprocédés	IEnv	IOrga
<i>Caractéristiques internes de la firme</i>						
<i>Profil innovateur</i>						
Taux de R&D	0.43***	0.33***	0.74***	2.32***	0.49***	0.30***
Innovation de produit radicale	-----	-----	0.57***	-0.22***	0.23***	-0.01
Innovation de produit incrémentale	-----	-----	0.24***	-0.23***	0.14***	0.06***
Innovation de produit incrémentale/radicale	-----	-----	0.52***	0.04	0.24***	0.13***
Innovation de procédés	0.22***	-0.02	-----	-----	0.31***	0.28***
Changement organisation de la production	0.18***	0.04***	0.20***	0.19***	-----	-----
Changement organisation du travail	0.23***	0.03**	0.23***	0.76***	-----	-----
Changement relations externes	0.10***	0.02	0.11***	0.09***	-----	-----
<i>Autres ressources de la firme</i>						
Taille						
20 à 49 salariés	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
50 à 249 salariés	0.09***	0.01	0.09***	0.01	0.08***	0.15
250 à 500 salariés	0.16***	0.02	0.15***	-0.01	0.15***	0.06**
Plus de 500 salariés	0.25***	0.14***	0.25***	0.09***	0.22***	0.04*
L'entreprise fait partie d'un groupe	0.01	0.02**	0.01	0.06***	0.02*	0.06***
<i>Environnement externe des firmes</i>						
<i>Environnement sectoriel</i>						
Taux d'adoptants d'éco-innovation du secteur	0.81***	-----	0.80***	-----	0.69***	-----
Secteurs						
Industrie agroalimentaire	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
Biens de consommation	0.01	0.01	0.01	0.04**	-0.02	-0.04***
Biens d'équipement	-0.03	0.09***	-0.05**	-0.07***	-0.03*	0.01
Transports	-0.06*	-0.02	-0.08**	-0.08***	-0.05	0.03
Biens Intermédiaires	0.05***	0.01	0.06***	0.03*	0.05***	-0.01
<i>Environnement marchand</i>						
Concentration de marché	-0.01	0.01	-0.01	-0.02**	-0.01	0.01
Zone principale de marché						
Marché régional	Ref.	Ref.			Ref.	Ref.
Marché national	0.06***	0.07***	0.04***	-0.06***	0.04***	-0.01
Marché étranger	0.09***	0.11***	0.07***	-0.01	0.06***	-0.01
<i>Environnement spatial</i>						
Zone de localisation du siège						
Urbain	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
Péri-urbain	0.04***	0.03**	0.04***	-0.01	0.04***	0.02*
Rural	0.03**	-0.01	0.03**	0.03*	0.02*	-0.01
<i>Environnement informationnel</i>						
Sources d'information						
Interne	0.17***	0.52***	0.19***	0.47***	0.03**	0.08***
Fournisseur	0.10***	-0.01	0.16***	0.28***	0.08***	0.11***
Client	0.08***	0.26***	0.04**	0.01	0.01	0.03**
Concurrent	-0.01	0.04**	-0.01	0.01	0.01	-0.03
Université	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02*	0.04*
Organisme de recherche	-0.07**	-0.04*	-0.06**	0.04	0.11***	-0.03
Associations professionnelles, foires, revues	0.15***	0.17***	0.14***	0.07***	0.03*	0.14***
Observations	4686		4686		4686	
Prob > chi2	0.000		0.000		0.000	
Rho	0.256***		0.373***		0.659***	

Source : CIS 2008

Sur la base de ce premier résultat, le modèle suivant (cf. tableau 17) permet d'approfondir l'analyse de l'interaction entre changements organisationnels et innovations environnementales en déclinant les types de changements organisationnels selon qu'ils concernent l'organisation de la production, l'organisation du travail ou l'organisation des relations externes de la firme. Les résultats montrent que les trois types de changements organisationnels jouent un rôle dans le processus d'engagement dans l'innovation environnementale mais que les processus de complémentarité sont plus marqués avec l'organisation du travail (0.567) et l'organisation de la production (0.528) relativement aux changements dans les relations externes de la firme (0.423).

L'influence des structures industrielles n'est pas neutre dans ces résultats qui mettent en évidence les spécificités des secteurs en matière d'éco-innovation. Contrairement à la moyenne, le secteur des transports se démarque par la plus forte complémentarité qu'il génère entre innovations environnementales et innovation produits (0.617). Cette interaction est confortée par une forte influence des changements dans l'organisation de la production. Les innovations environnementales dans les secteurs des biens intermédiaires et d'équipement sont plus axées sur les innovations procédés et surtout organisationnelles. Les biens de consommation ont le même profil de complémentarité avec un rôle très marqué des changements dans l'organisation du travail (0.668). Quant à l'agroalimentaire, son profil est spécifique, marqué par les innovations produits et surtout d'organisation avec un terme d'interaction supérieur à la moyenne pour les changements dans les relations externes (0.551).

Tableau 17 : Innovation environnementale et structures sectorielles

Secteurs	Inno produits	Inno procédés	Inno orga			
			Inno orga prod	Inno orga du travail	Inno relations externes	
Agroalimentaire	0.414***	0.215***	0.696***	0.604***	0.593***	0.551***
Biens de consommation	0.195***	0.506***	0.783***	0.566***	0.668***	0.516***
Biens d'équipement	0.119*	0.283***	0.633***	0.566***	0.571***	0.303***
Transports	0.617***	0.268*	0.430***	0.549***	0.347***	0.215*
Biens intermédiaires	0.245***	0.380***	0.666***	0.516***	0.564***	0.431***
Total	0.256***	0.373***	0.659***	0.528***	0.567***	0.423***

Source : CIS 2008

Clé de lecture : pour les firmes appartenant au secteur agroalimentaire, le terme d'interaction entre la probabilité d'innover en produits et la probabilité d'adopter une innovation environnementale est de 0.414***

3.2.4.2 Les formes de complémentarité selon le type d'éco-innovation

Au-delà du modèle général, l'objectif est d'analyser les processus de complémentarité selon la nature de l'innovation environnementale et notamment de distinguer les éco-innovations qui ont lieu lors du processus de production de celles qui ont lieu lors de la consommation des produits (ou de services) de l'entreprise (tableau 18). Le tableau suivant complète le modèle général en approfondissant le rôle des spécificités sectorielles dans ces processus (tableaux 19 et 20).

Tableau 18: Complémentarité selon le type d'impact environnemental de l'éco-innovation

Types d'innovations environnementales	Inno produits	Inno procédés	Inno orga	Inno orga de la	Inno orga	Inno
				prod	du travail	relations externes
<i>IE lors du Processus de production</i>						
Réduction de l'utilisation de matières par unité produite	0.139***	0.221***	0.401***	0.366***	0.354***	0.216***
Réduction de la consommation d'énergie par unité produite	0.106***	0.258***	0.396***	0.338***	0.377***	0.316***
Réduction des émissions de CO ₂ générées par l'entreprise	0.079***	0.194***	0.273***	0.240***	0.277***	0.258***
Remplacement de matières premières polluantes	0.193***	0.250***	0.420***	0.363***	0.385***	0.204***
Réduction de la pollution des sols, de l'eau ou de l'air	0.087***	0.343***	0.324***	0.321***	0.300***	0.245***
Recyclage des déchets, de l'eau ou des matières premières	0.177***	0.298***	0.512***	0.428***	0.454***	0.302***
<i>IE lors du processus de consommation</i>						
Réduction de la consommation d'énergie par unité produite consommée	0.222***	0.147***	0.316***	0.273***	0.317***	0.223***
Réduction de la pollution des sols, de l'eau ou de l'air	0.117***	0.213***	0.260***	0.260***	0.295***	0.209***
Recyclage du produit amélioré après usage généré par le consommateur	0.151***	0.204***	0.318***	0.295***	0.309***	0.251***
<i>Total des IE</i>	0.256***	0.373***	0.659***	0.528***	0.567***	0.423***

Les premiers résultats (tableau 18) confirment l'importance centrale de l'innovation organisationnelle qui présente des coefficients d'interaction avec l'innovation environnementale supérieurs aux autres formes d'innovation et ceci quel que soit le type d'innovation environnementale. Ces **innovations organisationnelles** sont plus particulièrement mobilisées pour les éco-innovations réalisées lors du processus de production. Le recyclage des déchets, eaux et matières premières est la forme la plus fréquente d'éco-innovations et celle qui mobilise le plus fortement les complémentarités basées sur les innovations organisationnelles (0.512). Si tous les secteurs sont concernés par cette complémentarité (recyclage / changement organisationnel), celui des transports mobilise plus fortement les complémentarités avec l'organisation de la production, et celui des biens de consommation celles liées à l'organisation du travail et les relations externes. Viennent ensuite les innovations environnementales relatives au remplacement des matières premières polluantes (0.420, avec un poids fort des transports 0.628) et celles liées à la réduction de l'utilisation de

matières et à la réduction de l'énergie par unité produite (0.401 et 0.396 avec un rôle marqué de l'agro-alimentaire dans les deux cas). Ces résultats rejoignent les travaux existants qui montrent que, au-delà des coûts et de la réglementation, certaines innovations environnementales sont plus particulièrement corrélées à des changements organisationnels. Les processus de recyclage sont souvent interactifs et réalisés avec les autres firmes ou les consommateurs (Horbach et al., 2012; Doran et Ryan, 2014). Les innovations environnementales relatives aux économies de matières ou d'énergie s'accompagnent plus particulièrement de changements dans l'organisation du travail du fait de la réorganisation ou rationalisation des liens entre les différents départements de la firme (Horbach et al., 2012 dans le cas de l'Allemagne).

Concernant **l'innovation produit**, les résultats montrent qu'elle est beaucoup moins active que l'innovation organisationnelle et ceci quelle que soit la nature de l'innovation environnementale. Elle est particulièrement peu active concernant la réduction des émissions de CO₂ (0.079) ou de la pollution (0.087), laissant la place à l'innovation procédés et organisationnelle pour assoir ces innovations environnementales. L'innovation produit présente une base de complémentarité un peu plus active en matière d'éco-innovations générées lors du processus de consommation. Ceci est particulièrement marqué pour la réduction de la consommation d'énergie par unité consommée (0.222), processus qui s'appuie sur les secteurs des biens d'équipement et intermédiaires (0.402 et 0.257) et le recyclage après consommation (0.151) porté par le secteur des transports (0.601). Ce secteur des transports est le secteur le plus concerné par les processus de complémentarité entre innovations environnementales et innovations produit. Ainsi, bien que les processus de complémentarité soient moins forts, l'innovation produit est plus particulièrement active au niveau du remplacement en amont des matières premières polluantes (0.193, surtout dans les transports 0.357 et l'agroalimentaire, 0.337) et le recyclage des déchets (0.177, aussi dans transports 0.618)

L'intensité des processus de complémentarité est plus importante avec **l'innovation procédés**, pour tous les secteurs à l'exception des transports qui appuient peu leur éco-innovation sur la modification des procédés (sauf pour la réduction de

l'utilisation de matières par unités produites). Ces complémentarités entre innovation environnementale et innovation de procédé se nouent particulièrement pour les innovations permettant la réduction de la pollution des sols, eaux et air (0.343), le recyclage (0.298) et la réduction de la consommation d'énergie par unité produite (0.258). Ce type de complémentarité caractérise surtout le secteur des biens de consommation qui présente souvent les taux d'interaction les plus élevés quel que soit le type d'éco-innovation.

Tableau 19: Les complémentarités entre innovations standard et innovations environnementales dégagées lors du processus de production selon les secteurs

Secteurs	Inno produits	Inno procédés	Inno Organisations	Org. de la production	Org. du travail	Org. des relations externes
Réduction de l'utilisation de matières par unité produite						
Agroalimentaire	0.207***	-0.0183	0.498***	0.416***	0.503***	0.234***
Biens de consommation	0.0354	0.295***	0.441***	0.395***	0.396***	0.267***
Biens d'équipement	0.0419	0.314***	0.481***	0.362***	0.403***	0.290***
Transports	0.363**	0.341**	0.142	0.286**	0.268**	0.0501
Biens intermédiaires	0.199***	0.173***	0.370***	0.379***	0.313***	0.173***
Total	0.139***	0.221***	0.401***	0.366***	0.354***	0.216***
Réduction de la consommation d'énergie par unité produite						
Agroalimentaire	0.299***	0.0871	0.624***	0.534***	0.552***	0.509***
Biens de consommation	0.0815*	0.413***	0.467***	0.335***	0.391***	0.367***
Biens d'équipement	-0.0607	0.237***	0.359***	0.347***	0.390***	0.270***
Transports	0.372**	0.0919	0.120	0.225*	0.311***	-0.00542
Biens intermédiaires	0.0559	0.231***	0.348***	0.302***	0.353***	0.289***
Total	0.106***	0.258***	0.396***	0.338***	0.377***	0.316***
Réduction des émissions de CO₂ générées par l'entreprise						
Agroalimentaire	0.134*	0.188***	0.304***	0.233***	0.186***	0.247***
Biens de consommation	0.0983*	0.299***	0.283***	0.255***	0.325***	0.268***
Biens d'équipement	-0.0148	0.119*	0.270***	0.289***	0.308***	0.304***
Transports	0.432**	0.0272	0.0587	0.146	0.169	0.0737
Biens intermédiaires	0.00763	0.230***	0.299***	0.234***	0.305***	0.286***
Total	0.079***	0.194***	0.273***	0.240***	0.277***	0.258***
Remplacement de matières premières polluantes						
Agroalimentaire	0.337***	0.192***	0.287***	0.306***	0.253***	0.255***
Biens de consommation	0.134***	0.361***	0.451***	0.350***	0.381***	0.178***
Biens d'équipement	0.194***	0.243***	0.481***	0.394***	0.370***	0.0815
Transports	0.357**	0.00619	0.628***	0.681***	0.628***	0.130
Biens intermédiaires	0.178***	0.211***	0.455***	0.384***	0.459***	0.275***
Total	0.193***	0.250***	0.420***	0.363***	0.385***	0.204***
Réduction de la pollution des sols, de l'eau ou de l'air						
Agroalimentaire	0.213***	0.282***	0.416***	0.419***	0.334***	0.298***
Biens de consommation	0.125***	0.555***	0.233***	0.278***	0.200***	0.212***
Biens d'équipement	-0.0530	0.225***	0.313***	0.337***	0.325***	0.178***
Transports	0.345*	0.202	0.626***	0.605***	0.459***	0.128
Biens intermédiaires	0.0511	0.290***	0.359***	0.321***	0.360***	0.316***
Total	0.087***	0.343***	0.324***	0.321***	0.300***	0.245***
Recyclage des déchets, de l'eau ou des matières premières						
Agroalimentaire	0.299***	0.171***	0.557***	0.490***	0.488***	0.328***
Biens de consommation	0.179***	0.333***	0.601***	0.443***	0.509***	0.421***
Biens d'équipement	0.0795	0.375***	0.407***	0.353***	0.445***	0.0978*
Transports	0.618***	0.226*	0.646***	0.688***	0.495***	0.373***
Biens intermédiaires	0.157***	0.281***	0.532***	0.450***	0.466***	0.333***
Total	0.177***	0.298***	0.512***	0.428***	0.454***	0.302***

Source : CIS 2008

Tableau 20: Les complémentarités entre innovations standard et IE dégagées lors du processus de consommation selon les secteurs

Secteurs	Inno produits	Inno procédés	Inno Organisationnelles	Org. de la production	Org. du travail	Org. des relations externes
Réduction de la consommation d'énergie par unité produite lors de l'utilisation par le consommateur						
Agroalimentaire	0.0703	-0.00465	0.487***	0.422***	0.500***	0.449***
Biens de consommation	0.0540	0.384***	0.388***	0.300***	0.372***	0.189***
Biens d'équipement	0.402***	0.0523	0.302***	0.261***	0.243***	0.219***
Transports	Ns	-0.205	-0.0341	0.0377	0.128	ns
Biens intermédiaires	0.257***	0.142***	0.270***	0.228***	0.279***	0.207***
Total	0.222***	0.147***	0.316***	0.273***	0.317***	0.223***
Réduction de la pollution des sols, de l'eau ou de l'air lors de l'utilisation par le consommateur						
Agroalimentaire	0.197***	0.0891	0.443***	0.354***	0.472***	0.295***
Biens de consommation	0.0432	0.392***	0.282***	0.302***	0.270***	0.157***
Biens d'équipement	0.117*	0.0330	0.335***	0.352***	0.312***	0.152**
Transports	0.285	-0.206	0.349***	0.376**	0.477***	0.152
Biens intermédiaires	0.126***	0.252***	0.254***	0.189***	0.266***	0.275***
Total	0.117***	0.213***	0.260***	0.260***	0.295***	0.209***
Recyclage du produit amélioré après usage généré par le consommateur						
Agroalimentaire	0.164**	0.361***	0.240***	0.294***	0.348***	0.331***
Biens de consommation	-0.0246	0.260***	0.415***	0.387***	0.426***	0.259***
Biens d'équipement	0.0200	0.185***	0.314***	0.324***	0.253***	0.258***
Transports	0.601***	-0.272*	0.569***	0.491***	0.643***	0.0885
Biens intermédiaires	0.250***	0.175***	0.290***	0.230***	0.251***	0.255***
Total	0.151***	0.204***	0.318***	0.295***	0.309***	0.251***

Source : CIS 2008

Les résultats par secteurs peuvent permettre d'approfondir les profils de complémentarités par secteurs (tableaux 19 et 20). Ainsi pour l'agro-alimentaire, à l'exception de l'innovation produits très complémentaire avec les innovations relatives au remplacement des matières premières polluantes, l'innovation environnementale dans ce secteur s'appuie fortement sur les innovations organisationnelles, avec des indices de complémentarité souvent supérieurs à la moyenne des secteurs (cf. réduction des matières premières (0.498) et énergie (0.624) par unité produite ou réduction de la consommation d'énergie (0.487) ou de la pollution (0.443) lors de la consommation), avec une mobilisation conjuguée des changements dans l'organisation de la production et du travail et souvent une complémentarité plus forte que la moyenne des autres secteurs avec les changements dans les relations externes. Ce dernier point est particulièrement marqué pour la réalisation des éco-innovations destinées à réduire la consommation d'énergie par unité lors de sa production (0.509) et lors de sa consommation (0.449).

Concernant les autres secteurs, on note que le secteur des transports active plus spécifiquement les complémentarités avec l'innovation produit. Les processus de complémentarités avec les procédés de production sont très peu mobilisés, sauf pour réduire les matières premières par unités produites. Les firmes appartenant aux biens de consommation appuient leurs éco-innovations sur les innovations organisationnelles mais aussi sur les innovations procédés, notamment pour la réduction des pollutions et des consommations d'énergie et de matières premières lors du processus de production. Ce secteur est celui qui mobilise le plus les innovations de procédés pour améliorer l'impact environnemental (consommation d'énergie, pollutions et recyclage) lors de la consommation des produits. Les biens d'équipements et intermédiaires sont, quant à eux, très proches du modèle général et du profil moyen des firmes industrielles françaises. Pour les firmes du secteur des biens intermédiaires, constitué par des industries pour la plupart polluantes (chimie, plastique, métallurgie, etc.), la spécificité réside dans le fait qu'elles jouent sur les différentes innovations techniques et organisationnelles pour améliorer l'impact environnemental lors du processus de consommation de leurs produits, qui constituent de fait des consommations intermédiaires pour les autres industries.

3.2.5 *Conclusion et discussion*

L'objectif de cette étape était d'approfondir l'analyse des processus de complémentarité entre les innovations environnementales et les innovations *standard* sur lesquelles, par définition, elles s'appuient. L'imbrication de l'innovation environnementale aux innovations techniques et organisationnelles méritait une première attention afin d'identifier sur quels types d'innovations *standard* (produits, procédés et organisationnelles) s'appuient plus spécifiquement les innovations environnementales, en précisant la nature du changement organisationnel (changement dans l'organisation du travail, de la production, ou dans les relations externes) et la nature de l'innovation environnementale (selon neuf types d'éco-innovation).

Le premier résultat central de cette analyse réside dans la mise en évidence de l'influence majeure des dynamiques de changement organisationnel dans les processus d'innovation environnementale. Les résultats mettent en lumière le fait que les impacts environnementaux des innovations portées par la firme sont surtout produits par des dynamiques de changements relatifs à l'organisation de la production, l'organisation du travail et les changements dans les relations que la firme entretient avec ses partenaires plus que par des innovations de nature technique, qu'elles soient liés aux produits ou aux procédés.

Toujours dans l'objectif de tester les complémentarités, la seconde étape a consisté à introduire la nature de l'éco-innovation (économies d'énergie, recyclage etc..) et le rôle des secteurs afin de préciser la nature des complémentarités et de dessiner des profils sectoriels. Cette analyse nous a permis de montrer la diversité des formes de complémentarités qui se forment entre le développement d'innovations environnementales et les changements organisationnels selon les structures industrielles qui portent la firme et le type d'éco-innovations qu'elle met en œuvre.

3.3 Changement organisationnel et adoption d'un Système de Management Environnemental : le cas des firmes industrielles françaises

3.3.1 Introduction

Dans un contexte de contraintes croissantes concernant leurs performances environnementales, les firmes ont développé un ensemble de pratiques innovantes pour répondre aux exigences réglementaires mais aussi pour signaler leur engagement en faveur de l'environnement. L'adoption volontaire de Systèmes de Management Environnemental (SME) offre ainsi pour la firme le double avantage de constituer une pratique organisationnelle qui permet de rationaliser et d'améliorer le contrôle managérial, et, parallèlement, de fournir un outil de signal en direction de ses diverses parties prenantes de son engagement dans un management environnemental (Johnstone et Labonne, 2009).

Prenant souvent appui sur des normes certifiées telles que la norme ISO 14001, *« an EMS provide the requirements for an organization's structure, responsibilities, practices, procedures, processes and resources for environmental management, so that a firm can reduce its negative environmental impact while improving management control »* (Bansal et Bogner, 2002; Nishitani, 2009; Bansal et Hunter, 2003). La plupart des travaux se sont tournés vers l'étude des déterminants du SME (Darnall et al., 2008; 2009; Henriques et Sadorsky, 2007) et, dans la lignée de l'hypothèse de Porter (Porter et van der Linde, 1995) vers l'analyse du lien entre la mise en place de SME et la performance environnementale de la firme, ainsi que son effet sur sa performance économique (Bracke et al., 2008; Nishitani, 2011). En revanche, peu de travaux ont, à notre connaissance, étudié le lien entre SME et changements organisationnels. Avadikyan et al. (2001) et Lopez-Fernandez et Serrano-Bedia (2007) mettent en lumière des logiques organisationnelles associées à la mise en place de SME, sur la base respectivement d'une étude qualitative et sur un échantillon de PME d'une région espagnole.

L'objectif de cette seconde partie du chapitre est d'approfondir l'analyse des innovations environnementales organisationnelles (IEO) peu étudiées dans la littérature.

Il est plus précisément d'analyser le lien entre adoption d'un SME et les changements organisationnels à l'œuvre au sein des organisations sur la base d'un échantillon représentatif des firmes industrielles françaises. Notre hypothèse de travail est que cette question des modèles de changements organisationnels associés à l'adoption de SME doit tenir compte des processus de changement et d'adaptation à l'œuvre au niveau de l'organisation interne de la firme mais aussi des interactions entre l'organisation de la firme et son environnement (Delmas et Toffel, 2008).

Du point de vue empirique, cette question de l'impact de l'adoption d'un SME sur l'organisation, si elle a souvent été alimentée par des travaux en management, elle n'a été que rarement testée dans des modèles économiques car il existe notamment peu de données statistiques systématiques sur les caractéristiques du design organisationnel. Ici, nos hypothèses sont testées grâce à une base de données originale constituée par la fusion de l'enquête "Changements Organisationnels et Informatisation" (COI-TIC 2006) réalisée par l'INSEE et le CEE (Centre d'Etudes pour l'Emploi) et de l'enquête EAE 2005 (Enquête Annuelle Entreprise, INSEE). Cette base nous fournit un ensemble d'informations sur les structures et stratégies des firmes industrielles françaises ainsi que sur les processus de changements organisationnels qu'elles ont connu durant les trois dernières années (2003-2006). La base regroupe une population de 3 647 entreprises représentatives du système industriel français. Nous pouvons alors tester, à l'aide d'un modèle de type probit, les liens entre adoption d'un SME et les différents types de changements qui transforment l'organisation des firmes industrielles, en distinguant les changements organisationnels à l'œuvre dans les anciennes adoptantes (avant 2003) de ceux survenus pendant la période d'adoption (2003-2006).

La prochaine section présentera le cadre théorique et les hypothèses. La section 3.3.3 s'attachera à décrire les données et à présenter les variables et le modèle économétrique. Enfin, la section 3.3.4 sera consacrée à la présentation des résultats. La dernière section conclut cette première partie du chapitre.

3.3.2 Changement organisationnel et Système de Management Environnemental : cadre théorique et hypothèses

Cette section étudie la question des formes de changements organisationnels associés à l'adoption de SME, entendu comme une innovation environnementale organisationnelle (IEO). La plupart des travaux sur l'impact des SME s'est intéressée, dans la lignée de l'hypothèse de Porter (Porter et van der Linde, 1995) à l'analyse de la performance environnementale associée à l'adoption d'un SME et de son effet, souvent nuancé, sur la performance économique (cf. notamment Wagner, 2008; Rehfeld et al. 2007; Rennings et al., 2006). Or, comme le montrent différents auteurs, l'introduction d'un SME constitue une innovation organisationnelle porteuse de changements organisationnels. L'importance de ces changements varie selon l'intensité des objectifs environnementaux de la firme (Bloom et al., 2010), la nature du SME (qui passe par une certification ou non, cf. Johnstone et Labonne, 2009) ou le degré de complémentarité des innovations environnementales avec les autres innovations à l'œuvre au sein de l'entreprise (Milgrom et Roberts, 1995; Antonioli et al., 2013). Dans le même temps, un changement organisationnel peut être une condition nécessaire à la mise en place d'un SME et à la performance environnementale (Avadikyan et al., 2001 ; Antonioli et al., 2013; Lopez-Fernandez et Serrano-Bedia, 2007).

On définit un changement organisationnel comme tout changement dans la distribution des pouvoirs, compétences, dans le management de l'information et dans les lignes de communications (Greenan, 2003; Murphy, 2002) ainsi que dans les relations avec les partenaires externes (Benghozi, 2001). Les innovations, nouvelles pratiques ou nouvelles technologies, co-évoluent avec la structure et le fonctionnement de l'organisation (Lam, 2005; Teece, 2010). De plus, les interactions avec l'environnement externe, sont particulièrement importantes du fait du rôle central des exigences de la demande et des différentes parties prenantes dans les stratégies environnementales des firmes (Bracke et al., 2008; Nakamura et al., 2001; Nishitani, 2009).

A partir de cette littérature, nous regroupons deux ensembles de variables permettant d'appréhender le changement organisationnel : les changements organisationnels internes (3.3.2.1) ; les changements dans les modes de coordination de la firme avec les partenaires externes (relations inter-firmes) (3.3.2.2). En outre, des hypothèses relatives à l'environnement externe de la firme dans ses différentes dimensions, marchande, spatiale ou institutionnelle seront émises (3.3.2.3).

3.3.2.1 Adoption de SME et changements organisationnels internes

L'analyse du changement organisationnel renvoie aux différentes dimensions du design organisationnel de la firme : celles relatives aux structures de gouvernance et de l'organisation du travail, celles associées à la gestion de la connaissance et celles qui portent sur les changements dans les modes de coordination avec les partenaires extérieurs.

Concernant les changements organisationnels internes, la littérature met souvent en avant le fait que la baisse des niveaux hiérarchiques constitue un prérequis à l'introduction de nouvelles pratiques organisationnelles (Lam, 2005; Garicano et Wu, 2012; Cristini et al., 2003; Mookherjee, 2006). La décentralisation s'imposerait donc aux firmes devant le besoin de créer et accumuler de la connaissance associée à l'introduction d'un système de management environnemental. Ainsi, le SME, en tant que mécanisme de coordination (Avadykian et al., 2001), réduirait les coûts de communication, tout en favorisant la réduction de niveaux hiérarchiques. Pour certains auteurs, la mise en place de la norme environnementale requiert des changements organisationnels, notamment en termes de structures organisationnelles et de partage des responsabilités, mais aussi de formation et de prise de conscience des salariés en matière environnementale (Chin et Pun, 1999; Ángel del Brío et al., 2008; Fernández et al., 2003). Ce dernier aspect est particulièrement développé dans la littérature, qui montre un lien entre hausse de la productivité du travail et adoption de SME²³. Ainsi,

²³ Notons que selon la clause 4.3 de la définition de la norme ISO 14001, la mise en œuvre de la norme est associée à l'identification des rôles, des responsabilités et des formes d'autorités de chacun des membres de la firme.

Delmas et Pekovic (2013) montrent que l'introduction de standards environnementaux entraîne une hausse de la productivité du travail. Celle-ci résulterait d'une plus grande identification du salarié à la firme mais aussi d'une hausse de la formation et des contacts interpersonnels induits par la mise en place de la norme. A l'opposé, une étude qualitative menée au Japon par Takahashi et Nakamura (2005) montre que la norme ISO 14001 est fortement associée à la bureaucratisation de l'organisation, au sens de Max Weber. Toutefois, celle-ci peut prendre deux formes. Elle peut passer soit par une forte implication et prise en charge de la hiérarchie des questions environnementales (Nakamura et al., 2001; Banerjee et al., 2003), soit par la mise en place de procédures, de codification des connaissances et de partage des charges relatives à l'environnement à l'ensemble de la chaîne hiérarchique.

Hypothèse 1 : L'adoption de SME est associée positivement à une baisse du poids de la hiérarchie

Les travaux empiriques portant sur d'autres mécanismes de coordination tels que les Technologies de l'Information et de la Communication (TICs) tendent aussi à montrer que ceux-ci sont associés à une hausse de l'autonomie individuelle ainsi que collective, par l'introduction de pratiques de travail collectives (Brynjolfsson et Hitt, 2000; Garicano, 2000). Peu d'études quantitatives se sont attachées à mettre en avant les logiques en termes d'organisation du travail associées à la mise en place de SME (Antonioli et al., 2013; Lopez-Fernandez et Serrano-Bedia, 2007). En revanche, plusieurs études qualitatives (Avadikyan et al., 2001; Nadel, 2013; Reverdy, 2005) montrent que l'introduction d'une norme ISO 14001 ou EMAS engendre différentes formes de changement de l'organisation du travail. Elle peut induire, lorsque les décisions concernant les problèmes environnementaux sont centralisées, soit la création d'une unité environnementale, soit la mise en place de groupes de travail (Avadikyan et

La norme souligne de plus l'importance de l'implication des salariés, en particulier celle du top management (Norme ISO 14050, 2009).

al., 2001). Avadikyan et al. (2001) ainsi que Wagner (2008) postulent qu'un Système de Management Environnemental agit comme un mécanisme de coordination qui inciterait aux « *team-based approaches* », pouvant renforcer les « *structural linkages* » au sein de la firme (Koberg et al., 2003).

Hypothèse 2 : L'adoption de SME est positivement associée à la mise en place de pratiques collectives de travail au sein de la firme

Concernant les pratiques organisationnelles, la littérature met en évidence des relations de complémentarité entre changement organisationnel et changement technologique (Caroli et van Reenen, 2001; Bresnahan et al., 2002). De par le caractère systémique et cumulatif de l'adoption de pratiques de gestion, l'efficacité d'une pratique augmente avec l'adoption des autres. Ce phénomène renvoie à des logiques de complémentarités entre l'adoption de différentes pratiques organisationnelles (Milgrom et Roberts, 1990, 1995; Bocquet et al., 2007). En particulier, l'adoption de nouvelles pratiques telles que le management de la qualité (via notamment la certification ISO 9001), l'introduction de dispositifs logistiques (*Supply Chain Management*, réduction des délais par la mise en place de juste à temps, etc.) ou de traçabilité vont de pair avec les changements organisationnels et l'usage des TICs au sein des firmes (Greenan 2003; Galliano et Orozco, 2013). L'existence d'une norme ISO 9001 est ainsi dans les travaux empiriques positivement associée à l'adoption de SME. L'adoption de la norme ISO 9001 permet de réduire les coûts d'information et d'apprentissage de l'adoption de la norme ISO 14001, les deux systèmes étant fondé sur les mêmes principes de certification (Bansal et Hunter, 2003; Nakamura et al., 2001).

Hypothèse 3 : L'adoption de SME est liée à une augmentation des pratiques organisationnelles, telles que la certification qualité ou les dispositifs logistiques

3.3.2.2 *le rôle des modes de coordination avec les partenaires externes*

Les changements organisationnels n'impliquent pas uniquement la structure interne de la firme. Ils concernent aussi les relations avec les partenaires externes de la firme, en particulier dans le cas du SME, étant donné les incertitudes associées aux préoccupations environnementales. Dans ce contexte, la littérature met en évidence différents modes de coordination dans les relations inter-firmes, de contrats formels à des relations plus informelles (DiMaggio et Powell, 1983; Galliano et Nadel, 2013; Rosen et al., 2000).

L'incertitude qui porte sur les questions environnementales (Faucheux et Froger, 1995; Jaffe et al., 2002; Jaffe et al., 2005) renforce le caractère mimétique de l'adoption d'éco-innovations (DiMaggio et Powell, 1983; Galliano et Nadel, 2013) et de SME (Delmas, 2002). Dans ce contexte, le rôle des relations externes dans l'adoption de SME est mis en évidence à travers la théorie des *stakeholders* (Freeman, 1984; Post et al., 2002), la théorie du signal (Spence, 1973) et par le cadre conceptuel néo-institutionnel (DiMaggio et Powell, 1983; Delmas et Toffel, 2008).

La pression diffuse exercée par les *stakeholders*, et notamment par les acteurs de la filière, renvoie à l'idée d'« isomorphisme institutionnel », développée par DiMaggio et Powell (1983) qui met en évidence les processus d'homogénéisation des comportements des firmes au sein d'un même secteur par des mécanismes mimétiques, coercitifs et normatifs. Dans l'adoption et la diffusion d'un SME, les effets de mimétisme sont particulièrement mis en évidence (Bansal et Clelland, 2004; Boiral, 2007), ainsi que le mécanisme d'isomorphisme normatif (Delmas, 2002; Delmas et Toffel, 2004; Levy et Rothenberg, 2002). Kollman et Prakash (2001) expliquent la différence des comportements d'adoption de SME des firmes états-uniennes, britanniques et allemandes par l'hétérogénéité des pressions informelles provenant des associations sectorielles.

Darnall et al. (2010) montrent une relation positive entre la perception d'une pression provenant des *stakeholders* et les pratiques environnementales de la firme.

Les parties prenantes de la firme sont des « *stakeholders* » : « *individu ou groupe d'individus qui peut affecter ou être affecté par les décisions de l'entreprise* » (Freeman, 1984, p.37). Dans sa dimension normative, cette théorie renvoie au fait que la firme doit prendre en compte les relations avec ses stakeholders. Dans sa dimension managériale et instrumentale, la gestion des stakeholders est source d'avantage concurrentiel (Post et al., 2002). Dans ce contexte, l'adoption d'un SME constitue un instrument de « signal » (Spence, 1973), informant les parties prenantes, notamment ceux de la filière, fournisseurs et clients, de la bonne gestion de la firme en termes environnementaux. Cet aspect est mis en évidence dans l'adoption de SME par Nishitani (2009) et Johnstone et Labonne (2009) qui mobilisent la théorie du signal avec la vision selon laquelle, du fait que la qualité environnementale soit difficilement observable, les enjeux qui lui sont associés font l'objet de fortes asymétries d'information (Boiral et Sala, 1998; Rondinelli et Vastag, 2000; Bansal et Bogner, 2002; Jiang et Bansal, 2003).

De nombreux travaux montrent que la demande de qualité environnementale parcourt l'ensemble de la filière (Darnall et al., 2010, Henriques et Sadowsky, 2007; Rosen et al. 2000). D'une part, la responsabilité étendue des producteurs et les objectifs de recyclage des produits de fin de vie est à la source d'adoption de SME. D'autre part, la mise en place de SME est motivée par le développement de marchés accessibles sous conditions de performance environnementale (Brouillat et Oltra, 2012). Ainsi, Bansal et Bogner (2002) soulignent le rôle de la pression des clients comme déterminant de l'adoption de SME. Cette influence des clients et des fournisseurs est aussi montrée par Delmas et Toffel (2008) et par Alberti et al. (2010) qui mettent en évidence la pression exercée par ces acteurs dans l'adoption de normes ISO 14001 par les firmes industrielles italiennes. De plus, Rosen et al. (2000) montrent que les firmes tendent à se fier à des méthodes relationnelles informelles pour inciter leurs fournisseurs à améliorer leur pratiques de management environnemental (tels que le SME), plus qu'à des contrats formels.

Hypothèse 4 : L'adoption de SME est associée à des pressions informelles des partenaires externe, plutôt qu'à des contraintes contractuelles.

3.3.2.3 L'influence de l'environnement externe

La littérature met en évidence la capacité des organisations à créer de nouvelles formes organisationnelles (afin de résoudre les problèmes d'inertie) à s'adapter aux changements dans leur environnement externe (Dosi et Marengo, 1994, 2007; Hoffman, 2001). Dans ce contexte, les propriétés du marché, de l'espace et de la réglementation influencent l'adoption de SME par les firmes.

L'influence de la structure et de la taille du marché a été étudiée par la littérature portant sur les déterminants de l'innovation environnementale. Toutefois, les travaux se sont focalisés principalement sur les innovations environnementales de produits et de procédés (Horbach, 2008). Par ailleurs, plusieurs travaux mettent en évidence l'influence de la taille du marché, et notamment le rôle positif des échanges internationaux sur l'éco-innovation. Dans différents travaux (Conceição et al. 2006; Horbach, 2008 ou Galliano et Nadel, 2013), une forte propension à exporter joue et le fait d'être fortement exposé à la concurrence internationale a un effet positif sur la probabilité de développer des innovations environnementales. Le lien entre adoption de SME et le fait d'exporter est mis en évidence dans les travaux empiriques à travers notamment la théorie du signal énoncée plus haut (cf. Johnstone et Labonne, 2009; Nishitani, 2009).

Hypothèse 5 : la concentration de marché et l'ouverture à l'international sont positivement liées à l'adoption de SME

Le rôle de l'environnement spatial renvoie à un cadre conceptuel au sein duquel l'environnement dans lequel la firme est localisée influence son comportement d'innovation et d'adoption de SME. Il s'agit ici de prendre en considération la présence d'économies externes associées à l'agglomération des firmes ainsi qu'aux effets épidémiques spatiaux liées au spillover informationnels sur le SME. On distingue deux types d'économies d'agglomération : les économies liées à une concentration urbaine et

celles relatives à la concentration spatiale d'une activité industrielle spécifique (Malmberg et al., 2000). Les effets d'agglomération urbaine permettent l'accès à une main d'œuvre qualifiée et diverse, ainsi qu'à une variété et une qualité d'infrastructures et de services favorisant l'adoption de SME. Inversement, l'absence de ces facteurs dans les zones rurales expliquerait le retard dans l'adoption d'innovations des firmes rurales (Gale, 1998). Les effets d'agglomération industrielle renvoient au degré de spécialisation des firmes de la zone et à l'existence de main d'œuvre spécialisée. Aucun travail n'a à notre connaissance étudié son rôle dans le cas d'adoption de Système de Management Environnemental.

***Hypothèse 6 :** les économies d'agglomération ont une influence positive sur l'adoption de SME*

Les changements dans la pression réglementaire, ou « *environmental dynamism* » (Koberg et al., 2003) conduisent à des changements organisationnels internes (Lam, 2000; Wagner et Llerena, 2011). Selon Anton et al. (2004), la mise en œuvre croissante de réglementations environnementales sur la base d'instruments de type « *market-based* » (taxes, permis d'émissions etc., cf. Pigou, 1920; Desrochers, 2008) conduit les firmes à adopter des stratégies proactives impliquant l'adoption volontaire de SME, entendu comme instrument de « *self regulation* ». Ainsi l'adoption d'un SME constitue un signal aussi destiné aux régulateurs (Johnstone et Labonne, 2009; Cañón-de-Francia et Garcés-Ayerbe, 2009). Khanna et al. (2009) mettent empiriquement en évidence le rôle positif de la pression réglementaire existante, et anticipée, à l'adoption de SME. Johnstone et Labonne (2009) montrent un impact positif de la sévérité de la réglementation environnementale, en particulier pour les firmes de grande taille, pour l'adoption de SME.

***Hypothèse 7 :** Les changements dans la réglementation influent positivement à l'adoption de SME*

Tableau 21 : Synthèse des hypothèses et signes attendus

	Hypothèses	Signes attendus
Hypothèse 1	<i>Baisse de la hiérarchie</i>	Positif
Hypothèse 2	<i>Pratiques collectives de travail</i>	Positif
Hypothèse 3	<i>Augmentation des pratiques organisationnelles</i>	Positif
Hypothèse 4	<i>Pression des partenaires externes informelle plus que contractuelle</i>	Positif
Hypothèse 5	<i>Concentration des marchés et ouverture internationale</i>	Positif du marché national et étranger par rapport au marché régional
Hypothèse 6	<i>Economies d'agglomération</i>	+ de la zone urbaine / périurbaine par rapport à zone rurale
Hypothèse 7	<i>Changements dans la réglementation</i>	Positif

3.3.3 Données et méthode

3.3.3.1 Les données

La base de données principale est issue de l'enquête *Changements Organisationnels et Informatisation - Technologies de l'information et de la Communication* (COI-TIC 2006) conduite par l'INSEE et le Centre d'études de l'emploi (CEE). L'enquête porte sur l'organisation interne de la firme, les formes d'organisation du travail et la diffusion des Tics sur la période 2003-2006. L'échantillon comporte 3647 firmes représentatives des firmes de l'ensemble de l'industrie manufacturière française (plus de 21 000 firmes) en prenant en compte la taille et le secteur d'appartenance ; chaque firme de notre échantillon ayant au moins un effectif de

20 salariés. Les caractéristiques structurelles (taille, secteur, chiffre d'affaires) sont issues de l'Enquête Annuelle Entreprise 2005 (EAE 2005), aussi réalisée par l'INSEE.

Afin de mieux mettre en évidence le type de profil organisationnel et surtout le type de changements organisationnels générés ou complémentaires à l'adoption des SME, on distinguera les changements à l'œuvre dans les anciennes adoptantes (firmes ayant mis en place un SME avant 2003) de ceux survenus pendant la période d'adoption (2003-2006).

Des statistiques descriptives portant sur les changements organisationnels sont présentées en tableau 22 et permettent de comparer les caractéristiques de l'ensemble des firmes industrielles de celles qui ont adopté un SME. On peut observer que les firmes ayant adopté après 2003 ont plus largement augmenté leurs niveaux hiérarchiques (14.54%, comparé à 7.06% de l'ensemble des firmes et 6.35% des firmes adoptantes avant 2003). Le poids des firmes qui ont introduit des groupes de travail transversaux, que ce soit pour la conception de nouveaux produits ou la R&D, pour l'amélioration de la production ou la qualité, ou pour améliorer la relation client, est significativement plus élevé pour les adoptants de SME que pour l'ensemble des firmes. La hausse des dispositifs logistiques et la certification qualité sont associées à l'adoption de SME (pour les adoptants après 2003, leur poids respectif est de 36.12% et de 25.43%). Ces tendances sont confirmées par le haut pourcentage d'adoptants de SME qui ont mis en place un dispositif de certification avec leurs clients et consommateurs (87.28% et 83.55% du total des adoptants de SME).

Tableau 22 : Caractéristiques organisationnelles des firmes industrielles françaises : statistiques descriptives de la population (en %)

		Total firmes industrielles	Total adoptants SME	Adoptants de SME avant 2003	Adoptants de SME entre 2003 et 2006
Nombre de firmes		21 151	3 221	2 417	926
%		100	15.23	11.43	4.38
Niveaux hiérarchiques:	Stable	87.50	83.06	84.15	80.38
	Hausse	7.06	8.58	6.35	14.54
	Baisse	5.44	8.35	9.51	5.09
Implication de la hiérarchie:	Stable	93.15	92.54	94.57	87.58
	Hausse	3.55	2.73	2.03	4.84
	Baisse	3.30	4.73	3.40	7.58
Groupe de travail transversal pour:					
	-La conception d'un nouveau produit et R&D	34.68	50.58	53.55	45.74
	-L'amélioration de la qualité ou de la production	48.65	64.40	64.31	64.23
	-L'amélioration de la relation client	29.80	42.40	42.60	44.02
Hausse des dispositifs logistiques		13.99	18.57	12.06	36.12
Certification qualité (durant 2003-2006)		5.74	8.55	2.17	25.43
Hausse des fonctions informatisées		8.80	18.57	6.08	11.10
Hausse des contrats avec les clients		4.08	2.71	1.77	4.81
Hausse des contrats avec les fournisseurs		8.11	8.43	6.70	12.45
Dépendance aval		38.16	47.82	48.00	48.68
Dépendance amont		31.00	30.09	31.27	26.90
Le plus gros client exige une norme de qualité		63.87	87.28	89.55	79.39
Le plus gros fournisseur se conforme avec une norme de qualité		65.32	83.55	84.54	79.42
Délocalisation		7.98	13.02	14.46	12.41
Taille :	20 – 49 salariés	54.12	31.79	32.27	33.56
	50 – 249	35.63	38.82	37.80	41.01
	250 – 499	5.82	13.03	12.63	13.30
	500 ou plus	4.42	16.37	17.30	12.14
Groupe		50.74	68.79	68.78	67.14
Secteur :	Agroalimentaire	11.48	15.09	14.29	15.30
	Biens de consommation	19.74	12.71	11.28	18.38
	Automobile	2.59	5.30	5.70	3.57
	Biens d'équipement	22.66	16.25	17.57	15.59
	Biens intermédiaires	43.54	50.65	51.16	49.16

Sources: COI-TIC 2006 et EAE 2005

3.3.3.2 *Le modèle empirique*

Pour analyser les changements organisationnels associés à l'adoption de SME, on utilise un modèle de type probit binaire. Dans un premier temps nous estimons les facteurs caractérisant l'adoption de SME (modèle général), puis l'adoption de SME avant 2003, et ensuite l'adoption après 2003, i.e. sur la période de changements organisationnels 2003-2006.

Le modèle consiste en une équation (1) qui désigne la probabilité d'adopter un Système de Management Environnemental ($SME_i = 1$), par une firme i , avec un vecteur de variables relatives aux changements organisationnels internes, COI_i , aux changements inter-firmes, IF_i , aux caractéristiques de l'environnement externe de la firme, EE_i , aux autres caractéristiques de la firme, x_i , et aux facteurs inobservés ε_i ; avec $\varepsilon_i \rightarrow N(0,1)$. Les modèles probits sont employés pour expliquer une variable dépendante dichotomique à partir d'un modèle latent (Greene, 2003). L'équation probit est de la forme suivante :

$$SME_i = \beta_1 COI_i + \beta_2 IF_i + \beta_3 EE_i + \beta_4 x_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

Ou

$$SME_i = \begin{cases} 1 & \text{si } SME_i^* > 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Les modèles probit suivent une fonction de répartition de la loi normale centrée réduite. La distribution des erreurs autour de la loi Normale constitue la principale différence avec par exemple les modèles logit, dont la fonction de répartition suit une loi logistique. Les résultats des deux types de modèles sont similaires et on peut obtenir les coefficients d'un logit en multipliant ceux du probit par $\pi/\sqrt{3}$. Néanmoins, les modèles probit sont plus appropriés au calcul des effets marginaux. Les deux modèles ont été testés et les résultats de modèle logit sont semblables.

3.3.3.3 *Les variables*

Variable dépendante. A partir de la base de données COI-TIC nous pouvons tester la variable dépendante « certification environnementale », qui indique si la firme a introduit une certification environnementale et notamment la norme ISO 14001. L'enquête se réfère explicitement à la norme ISO 14001. Néanmoins, nous devons prendre en compte le fait que la variable peut aussi inclure des réponses pour une certification « éthique » ou « responsable ». Comme nous l'avons présenté en tableau 22, 15.23% des firmes industrielles françaises ont adopté une certification environnementale en 2006, une majorité l'ayant mise en oeuvre avant 2003 (11.43% contre 4.38% après 2003).

Variables indépendantes. La description détaillée des variables est présentée en tableau 23. Les variables correspondent d'une part aux changements organisationnels internes relatifs à la structure de gouvernance (changements dans les *niveaux hiérarchiques* et dans *l'implication de la hiérarchie*), à l'organisation du travail (*création de groupes de travail transversaux*) et aux structures logistiques, managériales et informationnelles (*dispositifs logistiques, certification qualité, fonctions informatisées*). D'autre part, nous capturons les changements au niveau inter-organisationnel à travers *la hausse des contrats avec les clients* et *la hausse des contrats avec les fournisseurs*, *la dépendance aval* et *la dépendance amont*, et *l'exigence de norme de qualité par le client* ou *exigé au fournisseur*. Enfin, nous mesurons les diverses influences de l'environnement externe à travers le ratio C4 de *concentration de marché*, *le taux d'export*, *la délocalisation*, *les effets d'agglomération industrielle* et *la zone de localisation du siège* ainsi que par *les changements dans la réglementation et dans les normes*. Nous introduisons de surcroît une série de variables de contrôle.

Tableau 23 : Description des variables

Variables	Definition
Variables dépendantes	
SME	= 1 si la firme a un Système de Management Environnemental, 0 si non
SME03	= 1 si la firme a adopté un Système de Management Environnemental avant 2003, 0 si non
SME06	= 1 si la firme a adopté un Système de Management Environnemental après 2003, 0 si non
Variables indépendantes	
<i>Changements organisationnels internes</i>	
Niveaux hiérarchiques	Variable qualitative à 3 modalités : stable (en référence), hausse ou baisse du nombre de niveaux hiérarchiques durant la période 2003-2006
Hausse de l'implication hiérarchique	Variable qualitative à 3 modalités : stable (en référence), hausse ou baisse de l'implication de la hiérarchie dans les tâches et le contrôle des résultats sur la période 2003-2006
Création d'un groupe de travail transversal pour améliorer :	
La conception du produit et R&D	= 1 si la firme déclare avoir eu recours à un groupe de projet interne pour améliorer la conception d'un nouveau produit et la R&D, 0 si non
La qualité et la production	= 1 si la firme déclare avoir eu recours à un groupe de projet interne améliorer la production ou la qualité, 0 si non
Les relations avec les clients	= 1 si la firme déclare avoir eu recours à un groupe de projet interne pour améliorer la relation client, 0 si non
Certification qualité	= 1 si la firme déclare avoir mis en oeuvre une certification qualité (ex. ISO 9001) sur la période 2003-2006, 0 si non
Hausse des dispositifs logistiques	= 1 si le nombre de pratiques managériales (traçabilité, juste à temps, analyse de la valeur, supply chain management) a crû durant la période 2003-2006, 0 si stable ou en baisse.
Hausse des fonctions gérées par informatisation	= 1 si le nombre de fonctions gérées par informatisation a augmenté (conception, vente, finance, gestion des ressources humaines, etc.), 0 si stable ou en baisse
<i>Relations inter-firmes</i>	
Hausse des contrats avec les clients	= 1 si la firme a augmenté les pratiques contractuelles avec ses clients (contrats de long terme, délais ou spécifications), 0 si stable ou en baisse
Hausse des contrats avec les fournisseurs	= 1 si la firme a augmenté les pratiques contractuelles avec ses fournisseurs (contrats de long terme, délais ou spécifications), 0 si stable ou en baisse
Dépendance aval	= 1 si les 3 premiers clients représentent plus de 50 % des ventes totales de la firme, 0 si non
Dépendance amont	= 1 si les 3 premiers fournisseurs représentent plus de 50 % des achats totaux de la firme, 0 si non
Plus gros client exige une norme de qualité	= 1 si le plus gros client exige une norme de qualité à la firme, 0 si non
Plus gros fournisseur se conforme à une norme de qualité	= 1 si le plus gros fournisseur se conforme à une norme de qualité exigée par la firme, 0 si non
<i>Environnement externe</i>	
Concentration de marché	Le logarithme du ratio de concentration C4: somme cumulée de parts de marché de quatre premières firmes du secteur (au niveau NAF 700, version 2003)
Exports	Logarithme du taux d'export: exportations / chiffre d'affaires total
Délocalisation	= 1 si délocalisation à l'étranger d'une partie de l'activité sur la période 2003-2006, 0 si non
Effets d'agglomération industrielle	Le logarithme du rapport du poids des effectifs salariés de l'activité dans les effectifs totaux du département, sur le même ratio calculé pour la France
Localisation du siège social	Variable qualitative à trois modalités : zone urbaine (en référence) ; périurbaine et rurale
Changements de réglementation ou de normes	= 1 si l'activité de la firme a été fortement ou très fortement affectée par un changement de réglementation ou de normes, 0 si peu ou pas d'effet
<i>Variables de contrôle</i>	
Taille	Variables qualitative à 4 modalités : 20 à 49 salariés (en référence); 50 à 249 ; 250 à 499 et plus de 500
Groupe	= 1 si la firme est une filiale d'un groupe, 0 si non

3.3.4 Résultats : Système de Management Environnemental et changement organisationnel

L'enquête *Changements Organisationnels et Informatisation* (COI-TIC 2006) analyse les changements survenus durant la période 2003-2006 dans l'ensemble des entreprises industrielles françaises. Ces changements organisationnels sont relatifs à la structure organisationnelle interne (structures hiérarchiques et décisionnelles, pratiques managériales et portant sur les systèmes d'information et externe (relations inter-firmes) de la firme. La base de données permet également de tester le rôle des changements dans l'environnement externe sur le comportement d'adoption des SME. Les trois modèles testent les variables dépendantes $TotalSME = 1$ (comportement d'adoption de tous les adoptants, modèle 1), $SME03 = 1$ (processus d'adoption des adoptants avant 2003, modèle 2) et $SME06 = 1$ (adoptants après 2003, modèle 3).

Tableau 24: Système de Management Environnemental et Changement organisationnel

Variable dépendante:	Modèle 1		Modèle 2		Modèle 3	
	SME		SME avant 2003		SME 2003-2006	
	E.M	E.T	E.M	E.T	E.M	E.T
<i>Changements organisationnel internes</i>						
Niveaux hiérarchiques: Stable	Ref.		Ref.		Ref.	
Augmente	0.061***	(0.012)	0.014	(0.012)	0.045***	(0.009)
Baisse	0.023	(0.013)	0.044***	(0.012)	-0.023***	(0.007)
Contrôle hiérarchique : Stable	Ref.		Ref.		Ref.	
Augmente	-0.026	(0.016)	-0.045**	(0.015)	0.021	(0.011)
Baisse	0.034*	(0.017)	-0.002	(0.016)	0.009	(0.010)
Création d'un groupe de travail transversal pour améliorer:						
Conception d'un nouveau produit	0.022**	(0.008)	0.048***	(0.007)	-0.010	(0.005)
Production et qualité	-0.007	(0.008)	-0.017*	(0.007)	0.005	(0.005)
Relation avec le client	0.046***	(0.008)	0.027***	(0.007)	0.021***	(0.005)
Adoption de certification qualité	0.126***	(0.014)	-0.085***	(0.011)	0.187***	(0.014)
Hausse des dispositifs logistiques	0.016	(0.009)	-0.043***	(0.008)	0.060***	(0.007)
Hausse des fonctions gérées par informatisation	-0.050***	(0.010)	-0.023*	(0.010)	-0.012*	(0.006)
<i>Changements dans les relations inter-firmes</i>						
Hausse des contrats clients	-0.074***	(0.014)	-0.068***	(0.014)	-0.027***	(0.007)
Hausse des contrats avec les fournisseurs	-0.016	(0.010)	-0.023*	(0.010)	0.000	(0.006)
Dépendance aval	0.038***	(0.006)	0.029***	(0.006)	0.015***	(0.004)
Dépendance amont	0.001	(0.007)	0.008	(0.006)	-0.010*	(0.004)
Plus gros client exige une norme de qualité	0.144***	(0.007)	0.131***	(0.006)	0.022***	(0.004)
Plus gros fournisseur se conforme à une norme de qualité	0.042***	(0.007)	0.034***	(0.007)	0.013**	(0.004)
<i>Environnement externe</i>						
Concentration de marché	0.034***	(0.005)	0.034***	(0.005)	-0.001	(0.003)
Exports (EU)	0.102***	(0.016)	0.069***	(0.015)	0.060***	(0.010)
Délocalisation	0.034**	(0.011)	0.051***	(0.010)	0.015*	(0.007)
Agglomération industrielle	0.000	(0.000)	-0.001*	(0.000)	0.001***	(0.000)
Localisation: Zone urbaine	Ref.		Ref.		Ref.	
Péri-urbain	-0.013	(0.008)	-0.014	(0.008)	0.011	(0.006)
Pole Rural	-0.006	(0.008)	-0.011	(0.007)	0.015**	(0.005)
Changements normes et règlementation	0.063***	(0.006)	0.048***	(0.006)	0.020***	(0.004)
<i>Variables de contrôle</i>						
Taille	0.072***	(0.003)	0.055***	(0.003)	0.016***	(0.002)
Groupe	0.026***	(0.007)	0.005	(0.006)	0.023***	(0.004)
Secteurs						
Industrie agro-alimentaire	Ref.		Ref.		Ref.	
Biens de consommation	-0.059***	(0.011)	-0.074***	(0.009)	0.017*	(0.008)
Automobile	0.059**	(0.021)	0.044*	(0.019)	0.002	(0.012)
Biens d'équipement	-0.093***	(0.010)	-0.071***	(0.009)	-0.024***	(0.006)
Biens intermédiaires	-0.013	(0.009)	-0.021*	(0.009)	0.010	(0.006)
Observations	3647		3647		3647	
Pseudo R ²	0.173		0.169		0.160	

*E.M: Effet Marginal ; E.T : Ecart-type ; * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001*

Sources: COI-TIC 2006 et EAE 2005, INSEE et CEE

L'adoption d'un Système de Management Environnemental est associée à différentes tendances en termes de gouvernance. Si globalement, l'augmentation du nombre de niveaux hiérarchiques constitue la tendance dominante, la prise en compte de la période d'adoption met en évidence un double mouvement de croissance de l'épaisseur hiérarchique durant la période d'adoption et de réduction pour les firmes ayant adopté dans le passé.

Ainsi, pour les adoptantes durant la période 2003-2006, l'adoption est associée à une hausse des niveaux hiérarchiques. Certains travaux font l'hypothèse que cette hausse renvoie à des changements organisationnels provisoires, tels que l'introduction d'un responsable environnement (Reverdy, 2005). Quant aux anciennes adoptantes (avant 2003), on observe que les changements dans les formes de gouvernance qui sont significativement associées à l'adoption d'un SME sont une baisse des niveaux hiérarchiques et une certaine stabilité (voire un effet négatif de la croissance) du contrôle hiérarchique sur l'organisation du travail. Ces différents résultats tendent à mettre en évidence le rôle des SME comme mécanisme de réduction des coûts d'information, dans une logique de réduction des coûts de « *problem solving* » à la Garicano (2000) et qui se traduit par une plus grande *flattness* des structures hiérarchiques associée à un processus d'apprentissage organisationnel (Feng et al., 2014).

Enfin, les résultats montrent que cette évolution du nombre de niveaux hiérarchiques est associée à la mise en place des dispositifs collectifs formalisés de type « *team-based* » dont l'objectif est variable selon les problèmes productifs à résoudre (Garicano et Wu, 2012). Ainsi, l'adoption d'un SME est positivement liée, pour les nouvelles adoptantes, à la mise en place de groupes de travail destinés à améliorer les relations externes avec les clients. Pour les anciennes adoptantes, la mise en place de groupes de travail est plus large et orientée à la fois vers l'amélioration de la conception et la R&D de nouveaux produits et les relations clients. Ainsi, l'évolution des niveaux hiérarchiques (*hypothèse 1*) induite par l'introduction d'un SME est aussi complémentaire avec le développement de pratiques collectives de travail au sein de la firme (*hypothèse 2*).

Les autres effets concernent la création de dispositifs organisationnels formalisés tels que le processus de certification de la qualité, qui est positivement lié à l'adoption de SME pour l'ensemble de la population et surtout qui accompagne le processus d'adoption des nouvelles adoptantes. Les résultats montrent aussi l'effet conjoint d'adoption (durant la même période) d'un processus de certification de la qualité et d'un SME (*hypothèse 3*). Pour les anciennes adoptantes, l'adoption d'une certification qualité joue négativement. On peut supposer que leur certification qualité a été réalisée avant 2003 en même temps que celle de leur SME.

S'agissant des autres dispositifs informationnels, les résultats tendent à montrer la corrélation entre la mise en place d'un SME et les processus de formalisation des pratiques (effet significatif d'une hausse des dispositifs logistiques) cohérent avec une logique de complémentarité dans l'adoption de divers dispositifs organisationnels au sein de la firme durant la période d'observation.

En ce qui concerne les modes de relations avec les partenaires externes, qui paraissent de plus en plus structurantes pour la gestion de la problématique environnementale (*hypothèse 4*), ils sont fortement tirés par la relation aval avec les clients. Le processus d'adoption d'un SME des nouvelles adoptantes (modèle 3) est particulièrement influencé par le fait que la firme est très dépendante de son aval (les trois principaux clients représentent plus de 50 % de leur chiffre d'affaires). Les résultats montrent également la forte influence de l'exigence d'une norme de qualité par le principal client. Cet effet est présent pour l'ensemble de la population des adoptantes de SME. Plus globalement, on note que cette dépendance ne passe pas par un accroissement des relations contractuelles (comme dans Rosen et al., 2000), avec un effet négatif de la hausse des contrats avec les clients, que l'on retrouve aussi, mais dans une moindre mesure, pour les fournisseurs.

Concernant l'environnement externe comme facteur de l'adoption du SME, l'enquête nous permet d'identifier si l'activité de l'entreprise a été affectée par des changements concernant son environnement institutionnel, marchand ou son environnement spatial. Ainsi, que l'adoption ait eu lieu avant ou durant la période

d'enquête, on observe que l'environnement institutionnel constitue le principal facteur qui détermine l'adoption d'un SME avec un effet positif et très significatif des changements dans les normes et la réglementation sur le choix d'adoption d'un SME (*hypothèse 7*). La localisation de la firme joue également un rôle significatif (*hypothèse 6*). Pour les nouvelles adoptantes, on note un effet positif des externalités sectorielles relatives à l'agglomération industrielle et un effet positif des firmes localisées dans les espaces ruraux que l'on ne retrouve pas pour les anciennes adoptantes (effet négatif). L'adoption d'un SME est de plus fortement associée à l'ouverture internationale de la firme (*hypothèse 5*). Cette dimension d'ouverture internationale s'exprime sous deux formes. D'une part, le fait d'exporter joue positivement, renvoyant à la théorie du signal, le SME étant considéré comme une innovation environnementale organisationnelle permettant de signaler la qualité environnementale de la firme. D'autre part, la délocalisation d'une partie de l'activité de la firme est positivement associée à l'adoption de SME. Si on prend en considération le fait que les changements organisationnels sont influencés par le contexte institutionnel (Lam, 2000), plus strict en termes d'environnement dans les pays développés tel que la France, on peut supposer que la mise en œuvre d'un SME peut amener la firme à délocaliser ses activités les plus polluantes afin de répondre notamment à la pression en termes de réglementation environnementale.

3.3.5 Conclusion et discussion

L'objectif de ce travail était d'apporter une contribution à l'analyse des innovations environnementales organisationnelles et, plus précisément, aux modèles de changement organisationnel associé à l'adoption de SME par les firmes. Notre hypothèse de travail étant que cette question doit s'appuyer sur une analyse conjointe des processus de changement et d'adaptation à l'œuvre au niveau de l'organisation interne de la firme mais aussi sur celle des interactions entre l'organisation de la firme et son environnement. La démonstration empirique s'appuie une enquête originale sur les changements organisationnels et les processus d'informatisation (COI-TIC) survenus dans les entreprises industrielles françaises, menée par les Instituts Statistiques

français sur une population de 3 647 entreprises représentatives de l'ensemble des entreprises qui composent le système industriel national.

Les résultats de l'analyse empirique que nous avons présentés mettent en évidence différentes formes de changements organisationnels associés à l'adoption d'un système de management environnemental. Ceux-ci concernent à la fois le design organisationnel interne des firmes et leurs modes de coordination avec leur environnement. En termes de gouvernance, les processus d'adoption sont notamment corrélés à une tendance à la baisse de l'épaisseur hiérarchique associée à un développement de pratiques collectives de travail. On rejoint en cela la littérature qui montre le rôle de l'engagement collectif et de l'implication des agents en matière d'innovation environnementale. La formalisation des pratiques influe également au niveau des dispositifs logistiques et de l'adoption des systèmes de certification qui sont très complémentaires avec l'adoption des SME. Le modèle 3, qui permet d'observer de manière simultanée l'adoption et les changements organisationnels dans la firme, met particulièrement bien en évidence cette interaction avec les parties prenantes amont et aval de la filière et l'engagement simultané dans un processus de formalisation des pratiques tels que l'adoption de certifications qualité ou d'autres dispositifs logistiques.

L'adoption d'un SME semble donc particulièrement liée à des dynamiques organisationnelles orientées vers la réponse à des demandes externes, des clients et de la filière. Le fort effet des clients et de l'insertion dans des marchés internationalisés, corrélé à la forte sensibilité aux changements dans les normes et la réglementation, renvoie à la volonté de la firme de signaler sa qualité environnementale sur le marché international et à ses divers *stakeholders* (pouvoirs publics, clients, etc). Les dynamiques organisationnelles associées au processus d'adoption d'un SME semblent bien liées à des mécanismes coercitifs, normatifs et mimétiques, qui mettent en lumière le poids des processus d'isomorphisme institutionnel dans l'adoption de SME (Di Maggio et Powell, 1983; Delmas et Toffel, 2008).

3.4 Conclusion du chapitre

L'objet de ce chapitre était d'approfondir l'étude des processus intra-organisationnels associés à l'adoption par les firmes d'innovations environnementales, qui découlent de la spécificité de l'innovation environnementale qui réside dans le fait qu'elle s'appuie sur une technologie, ou un dispositif organisationnel.

Dans la première partie du chapitre, on a cherché à étudier les formes de complémentarités qui se nouent entre les différents types de changements dans l'organisation de la firme et l'adoption d'éco-innovations, grâce à l'enquête CIS 2008. Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés à mettre en évidence les complémentarités à l'œuvre entre changements techniques, changements organisationnels et innovations environnementales, quel que soit le type d'impact environnemental que génère l'éco-innovation adoptée. L'objectif était d'identifier sur quels types d'innovations *standard* (produits, procédés et organisationnelles) s'appuient plus spécifiquement les innovations environnementales.

Ensuite, sur la base des résultats de ce modèle général qui montre l'influence majeure des dynamiques de changement organisationnel dans les processus d'innovation environnementale, on a approfondi l'analyse du lien entre les changements organisationnels et les innovations environnementales. Il est alors possible d'approcher plus précisément la nature du changement organisationnel (changement dans l'organisation du travail, de la production, ou dans les relations externes de la firme) et du type d'innovation environnementale (selon neuf types d'éco-innovation). Cette analyse nous a permis de montrer la diversité des types de complémentarités qui se forment entre le développement d'innovations environnementales et les changements organisationnels selon les structures industrielles qui portent la firme et le type d'éco-innovation qu'elle met en œuvre.

Dans la seconde partie de chapitre, l'objectif était d'approfondir l'analyse des interactions entre changements organisationnels et processus d'innovations

environnementales en analysant les liens qui unissent l'adoption d'une innovation organisationnelle (un SME) et les modèles de changements organisationnels à l'œuvre au sein de la firme. L'enquête COI-TIC 2006 (Changements Organisationnels et Informatisation), permet d'approfondir les modèles de changements organisationnels en s'intéressant plus particulièrement à l'évolution des structures de gouvernance et d'organisation ainsi que les formes de changement inter-firmes associées à mise en œuvre d'une innovation environnementale. Nous montrons que l'adoption de cette innovation environnementale accompagne la transformation de l'organisation du travail de la firme, à travers la mise en place de mécanismes de type « *team based* » et « aplatit » la hiérarchie en favorisant la mise en place de pratiques collectives de travail. On note aussi, s'agissant des relations inter-firmes, la faible importance de la dimension contractuelle associée à la mise en place de SME et la forte influence de la pression informelle provenant de la filière et du secteur dans l'adoption de l'IEO, montrant une nouvelle fois les mécanismes d'isomorphisme institutionnel dans l'adoption et la diffusion des innovations environnementales.

En conclusion, le travail réalisé dans ce chapitre a permis de mettre en évidence le fait que les innovations environnementales ne sont pas neutres vis-à-vis de l'évolution du design organisationnel des firmes industrielles. Une des pistes d'approfondissement réside dans l'examen du caractère planifié ou adaptatif du changement organisationnel associé au différents types d'innovations environnementales. Plus précisément, il s'agirait d'étudier ce qui relève d'évolutions organisationnelles voulues et ce qui relève de logiques adaptatives, relatives notamment à l'acquisition de compétences ou l'évolution des routines, dans le changement organisationnel associé à l'adoption de ces innovations environnementales.

Ainsi, ces innovations environnementales produisent et/ou accompagnent du changement organisationnel dont l'intensité doit être variable selon l'intensité de l'innovation environnementale (Bloom et al., 2010). Cette question de l'intensité de l'innovation environnementale et de son effet sur le design organisationnel des firmes,

encore peu modélisée en économie, constitue une perspective de recherche et un enjeu de politique industrielle majeur dans le contexte économique et écologique actuel.

Chapitre IV :

Structures industrielles et innovations environnementales²⁴

4.1 Introduction

Les approches en termes de « système sectoriel d'innovation » Malerba (2002, 2005) et de régime technologique (Malerba et Orsenigo, 1996, 1997) mettent l'accent non seulement sur l'intensité technologique des activités et la nature des connaissances qu'elles recouvrent, mais aussi sur les modes de coordination entre acteurs et les conditions institutionnelles qui les soutiennent. Un des enjeux principaux, dans l'analyse et la compréhension des processus d'innovations environnementales, réside alors dans l'analyse des interactions entre les caractéristiques micro-économiques des firmes et les caractéristiques de leur environnement au-delà de la réglementation et des conditions d'offre et de demande mis en évidence régulièrement par la littérature.

²⁴ Ce chapitre reprend des éléments issus d'un chapitre d'ouvrage et d'un article écrits en collaboration (Galliano et Nadel, 2014a, 2014b).

La nécessaire inscription de l'innovation environnementale à un produit ou dispositif organisationnel conduit en effet à ce que celle-ci soit fortement liée aux structures industrielles et aux conditions technologiques propres à chaque secteur. Aussi, le spillover environnemental qu'elle génère implique un renforcement des relations entre la firme et les différentes facettes de son environnement mésoéconomique.

Ce chapitre est consacré à l'étude de la co-évolution entre les systèmes sectoriels de l'innovation et l'intensité de l'innovation environnementale²⁵. A cette fin on mobilise les approches théoriques de système sectoriel d'innovation (SSI, Malerba, 2002, 2005) et de régime technologique (Malerba et Orsenigo, 1996; Malerba et Orsenigo, 1993; Malerba et Orsenigo, 1997) avec des bases de données individuelles issues de l'enquête CIS 2008. L'idée est d'articuler la dimension mésoéconomique et la dimension microéconomique des processus d'éco-innovation, afin de rendre compte de l'interaction entre le comportement microéconomique de la firme et les dynamiques sectorielles dans les processus d'éco-innovation.

A l'échelle de la firme, l'économie de l'innovation met en évidence la nature cumulative et interactive de l'innovation, les contraintes de sentiers dans lesquelles les firmes s'inscrivent et l'importance de leur base technologique dans leur capacité d'innovation (Dosi, 1988). Le potentiel technologique existant de la firme est donc fondamental car il constitue la base de sa capacité d'innovation mais aussi de sa capacité d'absorption. Cette dernière renvoie à l'aptitude de la firme à acquérir des savoirs et technologies de leur environnement externe constitué, en premier lieu, par l'environnement sectoriel et l'ensemble des conditions technologiques, institutionnelles ou marchandes, qui le supporte (Cohen et Levinthal, 1990). Toutefois, pour éco-innover, l'entreprise doit articuler ses bases de connaissances internes et une mobilisation des informations et connaissances externes. Cette approche met au premier plan l'analyse des systèmes sectoriels d'innovation dans la lignée des analyses en termes de systèmes d'innovation (Edquist, 1997; Lundvall, 1992) et de leur déclinaison

²⁵ Ce qui est rarement fait dans la littérature empirique, qui s'est surtout attachée à analyser le comportement d'adoption et non l'intensité de l'éco-innovation (Pereira et Vence, 2012).

sectorielle (Malerba, 2002; Malerba et Orsenigo, 1993) pour comprendre les sources de l'intensité de l'éco-innovation des firmes. Comme le note Malerba (2005b), « *Sectoral systems of innovation have a knowledge base, technologies, inputs and a (potential or existing) demand. They are composed of a set of agents carrying out market and non-market interactions for the creation, development and diffusion of new sectoral products* ». Comme pour les systèmes nationaux d'innovation, les relations et réseaux au sein du secteur constituent des éléments clefs dans les processus d'innovation. Au-delà de la base technologique propre de la firme, le mode de circulation des informations et les formes de coordination entre acteurs pour innover constituent alors des variables clefs pour analyser les comportements innovateurs. Dans ce cadre, le travail a pour objectif de tester l'influence respective des capacités d'absorption firmes et de leurs modes de coordinations externes déterminés notamment par les conditions sectorielles de l'innovation.

Notre approche vise à appréhender la spécificité des processus d'innovations environnementales en cherchant à articuler l'échelle d'analyse microéconomique à l'échelle mésoéconomique. L'idée étant que le système sectoriel dans lequel s'inscrit l'activité de la firme et au sein duquel des relations propres se construisent entre la mobilisation des bases technologiques internes à la firme et les savoirs externes provenant de son environnement technologique et industriel, joue un rôle dans son comportement éco-innovateur.

Sur le plan empirique, les travaux issus de l'économie de l'environnement ont surtout cherché à tester l'effet de la réglementation environnementale sur l'intensité de l'innovation environnementale. La plupart ont mesuré cette intensité au travers des dépenses de R&D ou du nombre de brevets (Jaffe et Palmer, 1997; Popp, 2006; Brunnermeier et Cohen, 2003; Johnstone et al., 2009; Lee et al., 2011). Les économistes de l'innovation se sont principalement intéressés aux processus d'adoption (Horbach et al., 2012, 2013; Horbach, 2008; Triguero et al., 2013; Ziegler, 2013; Cuerva et al., 2014) et ont développés peu d'études sur l'intensité de l'innovation environnementale. Nous construisons ici un proxy de l'intensité éco-innovation sur la base d'un score

compris entre 0 et 9 types d'éco-innovations. Nous supposons que plus le score est élevé, plus l'éventail (« *scope* ») de l'innovation environnementale et son intensité seront élevés.

L'objectif du traitement économétrique est de tester, par un modèle binomial négatif, les déterminants de l'intensité éco-innovatrice de la firme, dans une approche issue des systèmes sectoriels de l'innovation. Afin de tester nos hypothèses, l'étude empirique s'appuie sur une base de données individuelles issues de l'enquête « Community Innovation Survey 2008 », réalisée par l'INSEE en 2008, appariée à l'enquête annuelle entreprise 2007 (EAE 2007). Un premier modèle général permettra de montrer les tendances globales de l'ensemble des firmes industrielles françaises. On testera ensuite cinq modèles partiels pour chacun des cinq grands secteurs qui composent l'industrie manufacturière française : les industries agro-alimentaires, les biens de consommation, biens d'équipement, transport et les biens intermédiaires.

Ce chapitre est organisé en quatre sections. La prochaine section présente le cadre théorique et les hypothèses qui en découlent. La section 4.3 présente les données, variables et le modèle économétrique. Enfin, la section 4.4 présentera les résultats pour l'industrie française et ses différents secteurs. Une dernière section conclut le chapitre.

4.2 Les déterminants de l'intensité de l'innovation environnementale des firmes : cadre d'analyse et hypothèses

4.2.1 *L'approche par les systèmes sectoriels d'innovation et les régimes technologiques*

La littérature évolutionniste s'est très tôt intéressée à la dimension sectorielle des processus d'innovation (Nelson et Winter, 1982; Pavitt, 1984; Winter, 1984). Winter (1984), dans une optique Schumpéterienne, distinguent deux types de *régime technologique* : un « régime entrepreneurial », au sein duquel la concentration de marché est faible, la base de connaissance s'accroissant par l'arrivée de nouveaux entrants et l'érosion rapide des avantages technologiques des firmes installées dans le secteur, et un régime « routinisé », qui caractérise les secteurs au sein desquels la concentration de marché est forte, la cumulativité de l'innovation forte et les comportements innovateurs des firmes établies dépendent fortement de leur accumulation de capacités technologiques. Malerba et Orsenigo (1993, 1996, 1997) proposent d'approfondir cette approche en fondant la nature des *régimes technologiques* qui portent les comportements innovateurs des firmes sur la base de quatre critères : les opportunités technologiques, la cumulativité de l'innovation, la base de connaissances et les conditions d'appropriabilité de l'innovation.

L'approche par les systèmes sectoriels d'innovation est issue du concept de Système National d'Innovation (SNI) développé par Freeman (1987), Lundvall (1992) et Nelson (1993), qui met l'accent sur les configurations institutionnelles à l'échelle macroéconomique et leurs effets sur les processus microéconomiques d'innovation. Nelson définit un SNI comme « *a set of institutions whose interactions determine the interactive performance of national firms* » a montré notamment que les performance à l'innovation des pays européens diffèrent selon l'organisation des marchés financiers, du système éducatif, des formes d'interaction entre Université et entreprises...

L'approche par les systèmes d'innovation, entendus comme « *a system of innovation can be thought of as a set of actors or entities such as firms, other*

organisations and institutions, that interact in the generation, use, and diffusion of new and economically useful knowledge » (Fischer, 2001) conçoit l'innovation comme résultant des formes d'interaction marchandes, et aussi non marchandes associées aux institutions formelles ou informelles qui composent le système (nation, région, ou secteur). C'est dans cette logique que s'inscrit Malerba, qui introduit le concept de système sectoriel d'innovation (SSI) et propose d'aller au-delà de la dimension technologique mise en exergue par l'heuristique des régimes technologiques, dans l'explication du caractère sectoriel des processus d'innovation. Comme le note Moati (2013), au-delà des simples rapports marchands et concurrentiels, les firmes appartenant à un même secteur se forment en « *communautés régulées par des institutions formelles et informelles canalisant leur mode de pensée et d'action* ».

Ainsi, les approches en termes de systèmes sectoriels d'innovation diffèrent des cadres conceptuels qui affirment que l'innovation environnementale serait poussée par des dynamiques d'offre (*technology push*), de demande (*demand pull*) ou réglementaires (*regulatory push-pull*), qui supposent implicitement que l'influence de la réglementation, et des déterminants issus de l'offre et la demande peuvent être généralisables à tous les secteurs.

4.2.2 Intensité de l'innovation environnementale et SSI : les facteurs explicatifs

Au-delà de la base technologique propre de la firme, on considère ici que le mode de circulation des informations et les formes de coordination entre acteurs pour innover constituent des variables clefs pour analyser les comportements éco-innovateurs. L'adoption et la diffusion des innovations environnementales forment un processus complexe et interactif, articulant les bases technologiques internes de la firme (4.2.2.1) avec les opportunités technologiques (4.2.2.2) et les conditions d'appropriabilité (4.2.2.3) portées par l'environnement.

4.2.2.1 Les capacités d'absorption et les bases technologiques internes de la firme

Les ressources internes de la firme jouent un rôle fondamental dans la littérature sur l'innovation et la diffusion des technologies, dans la mesure où elles constituent la base du potentiel technologique et de la capacité d'absorption de la firme, i.e. de sa capacité à pouvoir acquérir et assimiler des connaissances (Cohen et Levinthal, 1990). L'hypothèse est que la firme dispose d'un ensemble de ressources internes qui influencent sa propension à innover ainsi que les bénéfices escomptés de l'usage des technologies (Karshenas et Stoneman, 1993).

Différents auteurs mettent en évidence le fait que les firmes qui peuvent s'appuyer sur des ressources internes importantes ont moins de problèmes ou d'échecs face à l'innovation. Une grande taille, mais aussi l'appartenance à un groupe et une forte intensité en R&D peuvent favoriser la capacité d'innovation, et surtout la capacité d'absorption de la firme, et ainsi l'aider à dépasser les difficultés rencontrées dans le processus d'innovation (Lhuillery et Pfister, 2009). La grande taille permet théoriquement un accès privilégié aux ressources financières, aux rendements d'échelle et à une main d'œuvre plus diversifiée en termes de compétences. Elle favorise également l'accès à l'information et génère un pouvoir de négociation plus important notamment par rapport aux fournisseurs. Dans le même ordre d'idée, l'appartenance de la firme à un groupe de société constitue un élargissement potentiel des ressources internes à des ressources portées par l'organisation d'appartenance. Les travaux montrent que ces facteurs sont particulièrement sensibles dans l'étape de l'engagement dans un processus d'innovation (Lhuillery et Pfister, 2009; Galliano et al., 2011). Par contre, la petite taille est plus favorable en termes d'intensité et de radicalité des innovations du fait notamment des plus faibles irréversibilités de structure et d'une plus grande capacité d'apprentissage. Celle-ci peut être également associée à l'appartenance à un secteur de forte intensité technologique (Astebro, 2004). Dans l'agroalimentaire, différents travaux montrent aussi que les grandes firmes agro-alimentaires ont des ressources humaines et financières qui leur permettent un plus grand engagement environnemental (Gallaud et al., 2012; Grolleau et al., 2007). Par ailleurs, il est

largement acquis dans la littérature que la R&D constitue un déterminant majeur de la capacité d'innovation de la firme (Mairesse et Mohnen, 2010) et une source centrale de sa capacité d'absorption (Nieto et Quevedo, 2005). Le fait d'avoir une équipe de R&D permanente au sein de la firme semble notamment plus efficace relativement au choix de faire appel à de la R&D externe ou de développer des projets de R&D de manière occasionnelle, car elle reflète l'effort continu de l'entreprise de développer cette capacité d'absorption (Becker et Peters, 2000; Huet et Lazaric, 2008; Veugelers, 1997).

Dans le cas de l'analyse des déterminants de l'éco-innovation, la plupart des études empiriques observent une relation positive entre la taille de l'entreprise et l'éco-innovation. Cet impact positif de taille de l'entreprise se trouve dans le cas des éco-innovations d'organisation, des produits et de procédés (Triguero et al., 2013) ainsi que pour l'éco-innovation à la fois incrémentale et radicale (Fronzel et al., 2007). Seuls Demirel et Kesidou (2011) trouvent une relation positive entre la taille de l'entreprise et sa propension à adopter des éco-innovations incrémentales, mais aucune influence sur l'éco-innovation radicale. En ce qui concerne le rôle de la R&D dans les performances en termes d'éco-innovation de la firme, la littérature se concentre davantage sur l'étude des dépenses de R&D que sur la R&D continue. Les investissements en R&D ont un impact positif sur l'éco-innovation pour Fronzel et al (2007) et Horbach (2008). Horbach et al. (2012) ont testé le fait d'avoir une équipe de R&D de manière permanente au sein de la firme sur son comportement éco-innovateur. Ils trouvent un effet positif de la R&D interne sur l'adoption de l'éco-innovation uniquement quand celle-ci vise à réduire les émissions de gaz à effets de serre. Horbach et al. (2013) constatent un effet négatif de la R&D interne pour les entreprises industrielles françaises.

Hyp 1a : L'importance des ressources internes de la firme, liées à la taille, l'appartenance à un groupe ou l'effort en R&D, en permettant la construction de sa capacité d'absorption, jouent un rôle favorable à l'intensité éco-innovatrice

L'innovation environnementale prend appui, par définition, sur une innovation technologique ou organisationnelle, qui présente la spécificité de produire un bénéfice environnemental. Les complémentarités, entre innovations techniques et / ou organisationnelles et innovations environnementales est ainsi mise en évidence dans le chapitre III et dans différents travaux (Antonioli et al., 2013; Mazzanti et al., 2013). Dans l'agro-alimentaire, la complémentarité est particulièrement mise en évidence entre l'adoption des normes ou système de management environnemental et l'adoption d'autres normes de qualités (Caswell et al., 1998; Grolleau et al., 2007). Ces différents travaux suggèrent une interdépendance entre les formes d'innovation (technique, organisationnelle et environnementale) qui est également à l'œuvre quant au degré de radicalité de l'innovation. L'agro-alimentaire est ainsi particulièrement marqué par l'importance de l'innovation incrémentale que ce soit du fait du comportement conservateur des consommateurs face aux changements alimentaires (Galizzi et Venturini, 2008) ou de la recherche d'économies de gamme par les firmes (Tunzelmann et Acha, 2005).

Hyp 1b : Le profil d'innovation de la firme influence son intensité éco-innovatrice. La mise en place d'innovations produits, procédés ou organisationnelles est associée positivement à l'introduction d'éco-innovations.

4.2.2.2 Les opportunités technologiques

La nature et les formes des opportunités technologiques influencent, au niveau de la firme et au niveau des secteurs, l'activité de R&D et d'innovation (Castellacci, 2008; Chesbrough, 2003). Ces opportunités technologiques sont associées aux sources externes de connaissances de la firme. La littérature met en évidence différentes sources d'opportunités technologiques. Klevorick et al. (1995) considèrent que le niveau d'opportunité technologique sea d'autant plus élevé que les sources sont variées. Ils distinguent trois sources d'opportunités technologiques : celles qui proviennent des

avancées scientifiques, des avancées technologiques externes au secteur et des retours provenant des avancées technologiques antérieures au sein du secteur d'appartenance de la firme. Pour Becker et Peters (2000), les opportunités technologiques proviennent de sources industrielles (clients, fournisseurs, concurrents) et de sources non industrielles (institutions scientifiques, universités).

Les études empiriques portant sur les déterminants de l'éco-innovation mettent en lumière le rôle-clé des sources d'information dans le développement d'éco-innovations. L'article de Horbach et al. (2013) étudie le rôle des sources d'information sur le comportement éco-innovateur des firmes industrielles françaises et allemandes. Les auteurs montrent que pour les firmes françaises, ce sont les sources d'information internes au groupe, provenant de l'université ou des sources informelles (foires, associations professionnelles etc..) qui ont un effet positif à l'éco-innovation. Pour les firmes industrielles allemandes, l'adoption d'innovations environnementale est défavorisée par l'information interne au groupe et n'est pas influencée par les sources d'information informelles ou provenant des universités. Montresor et al. (2013) étudient l'influence de la largeur (*breadth*) et la profondeur (*depth*) des sources externes de connaissance dans l'analyse d'un « *open environmental innovation mode* ». La largeur (le nombre de sources externes d'informations), a un effet positif sur l'adoption d'éco-innovations. En revanche, ils montrent une relation de type « U inversé » entre la profondeur (l'intensité) des sources de connaissance avec l'adoption d'innovations environnementales, postulant qu'au dessus d'un certain seuil (6 sources différentes) une relation de substituabilité s'installe entre construction de connaissances et compétences au sein de la firme à travers l'effort de R&D, et l'ouverture à des sources externes de connaissance pour éco-innover (Montresor et al., 2013).

Hypothèse 2 : Les opportunités technologiques portées par l'environnement de la firme jouent un rôle important dans l'intensité de l'innovation environnementale des firmes.

4.2.2.3 Les conditions sectorielles de diffusion et d'appropriabilité des innovations environnementales et le rôle de l'environnement externe

L'influence des structures industrielles et des conditions sectorielles de l'innovation constituent un facteur clé dans les processus d'innovation (Dosi et Marengo, 1994). Du fait de ses spécificités, l'innovation environnementale est fortement influencée par des facteurs externes. Tout d'abord, une éco-innovation repose nécessairement sur un produit ou un dispositif organisationnel, et donc sur les structures sectorielles. Deuxièmement, l'existence d'une « externalité environnementale » accroît l'incertitude et donc le rôle des facteurs externes et des mécanismes d'appropriabilité des innovations (Faucheux et Froger 1995, Jaffe et al., 2005). Les différentes facettes des conditions sectorielles (marchandes, spatiales ou liées à la réglementation) ont donc un rôle important dans le comportement éco-innovateur de l'entreprise.

Les mécanismes d'appropriabilité (Dosi et al., 2006) renvoient au problème de la transmission des innovations et des nouvelles connaissances entre leurs créateurs et les concurrents potentiels (Cohen, 2010). Il s'agit en particulier de la façon dont ces connaissances peuvent être intégrées dans de nouveaux produits et procédés concurrents, par copie ou imitation, à un coût relativement bas, et ainsi dissuader l'effort d'innovation de l'inventeur. Si en théorie le brevet permet de résoudre ce problème d'appropriabilité, la réalité économique montre qu'il n'est pas le seul moyen employé (mécanismes de protection tels que le secret, la coopération ou la position de monopole sur le marché, etc.) et surtout que chaque secteur présente des mécanismes différenciés de gestion des problèmes d'appropriabilité. Mais au-delà de la mise en évidence des différences sectorielles dans les mécanismes d'appropriabilité, Cohen (2010) montre qu'il n'y a pas de consensus sur l'efficacité relative de ces mécanismes face au rôle incitatif des spillover de connaissance sur la performance innovatrice des secteurs. Une croissance de l'intensité des spillovers (vs. décroissance de l'appropriabilité) a des effets ambigus sur l'innovation sectorielle. Les externalités de connaissance qui peuvent réduire l'incitation à investir en R&D d'une firme, peuvent augmenter la productivité de la R&D des autres firmes et les inciter à accroître leur

investissement, notamment pour accroître leur capacité d'absorption (Cassiman et Veugelers, 2002; Cohen et Levinthal, 1990).

La littérature sur l'innovation environnementale met en évidence l'influence des caractéristiques de l'environnement marchand sur le comportement éco-innovateur des firmes. Horbach (2008) considère qu'une situation de monopole constitue un mécanisme d'appropriabilité qui inciterait la firme à éco-innover en réduisant les risques d'imitation au sein de son secteur d'appartenance. Plusieurs travaux mettent en lumière le rôle de la taille du marché et de l'ouverture international dans le comportement éco-innovateur des firmes (Conceição et al., 2006; Horbach, 2008).

Concernant l'environnement spatial, l'idée généralement admise dans la littérature sur l'innovation *standard* est que la localisation de la firme n'est pas neutre sur les processus de diffusion des innovations et que les processus de proximité spatiale influent sur la diffusion des connaissances. On distingue plusieurs types de spillover de connaissances liés à l'agglomération d'activités sur un même espace. Quand l'agglomération renvoie à la spécialisation industrielle du site, elle permet aux entreprises de construire un réseau de fournisseurs dédiés, de disposer d'une main-d'œuvre spécialisée et de favoriser la diffusion des informations et des innovations entre firmes concurrentes (Glaeser et al., 1992). Aussi, l'agglomération urbaine peut générer des externalités découlant de l'agglomération des activités et des agents : facilité d'accès à un capital humain dense et diversifié, aux relations inter-firmes plus intenses et à l'amélioration de la transmission des informations et des connaissances (Massard et al., 2004; Galliano et Roux, 2008). Les espaces ruraux sont caractérisés par une proximité au niveau des matières premières, une main-d'œuvre plus stable et moins chère et de faibles coûts fonciers. L'agroalimentaire est particulièrement sensible à ces différents aspects et est plus présente dans les espaces ruraux. Toutefois, la capacité d'absorption et le besoin d'informations de chaque firme jouent un rôle moteur dans son rapport à l'espace (Martin et al., 2006). Galliano et Roux (2006) montrent que le gap technologique entre firmes rurales et urbaines est étroitement lié au degré de qualification de la main-d'œuvre de la firme et qu'à niveau de compétences égal, les

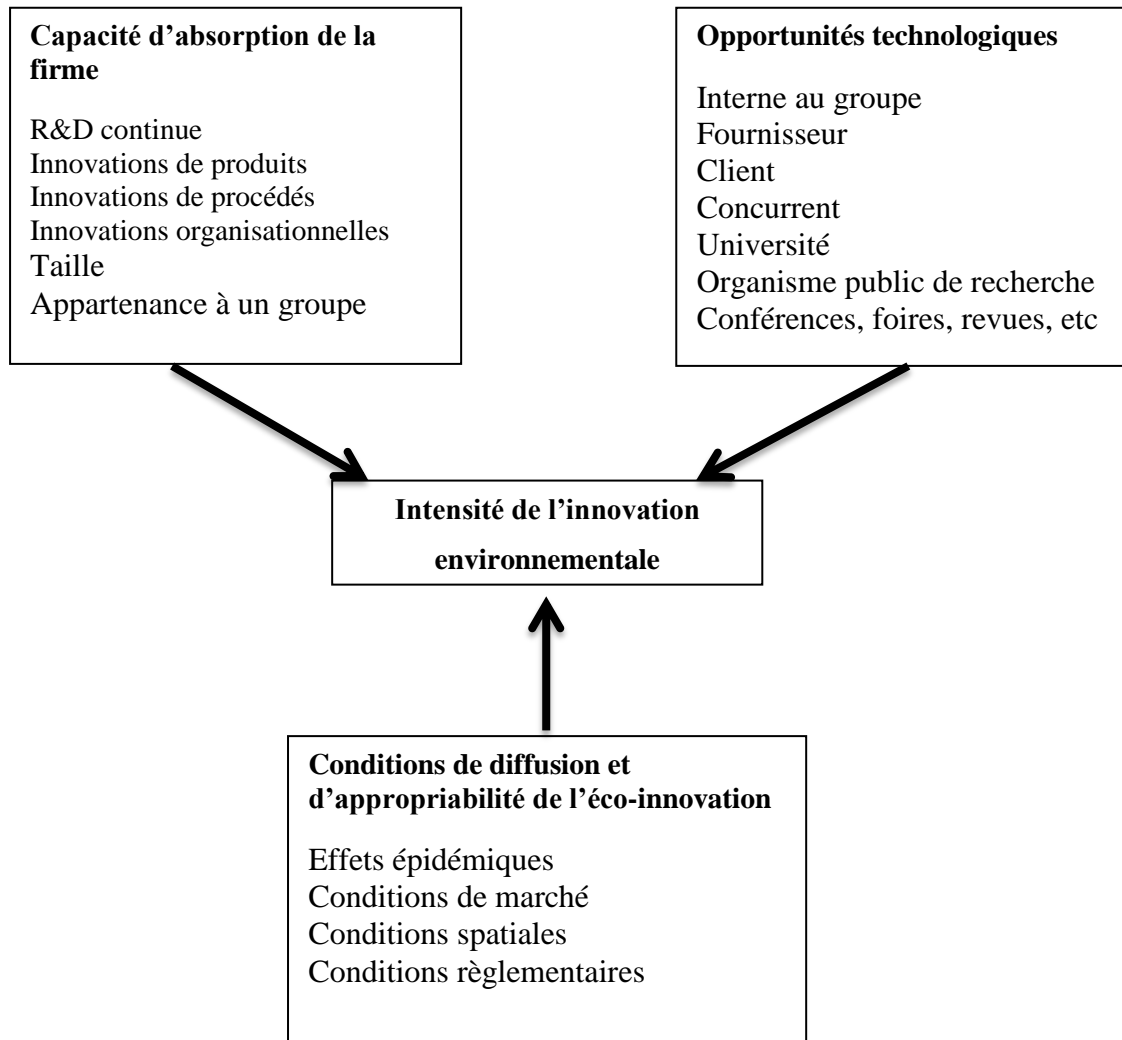
firmes rurales ont la même probabilité d'adopter des technologies que les firmes urbaines. Par ailleurs, Audretsch et Feldman (1996) mettent en évidence l'existence de spillovers technologiques spatiaux entre les firmes agroalimentaires de leur échantillon.

Cette question de la diffusion des connaissances et des conditions d'appropriabilité découlant des caractéristiques de la localisation des firmes est peu recherchée dans la littérature de l'éco-innovation. Les travaux visent notamment à étudier un effet de type district industriel (Cainelli et al., 2012; Mirata et Emtairah, 2005) et la diffusion de la réglementation environnementale parmi les firmes d'un même secteur (Mohr, 2002; Greiner, 2006).

Enfin, le problème d'appropriabilité qui découle de la « double externalité » propre aux innovations environnementales met au premier plan la question de politiques réglementaires. Une stricte et adéquate réglementation pouvant favoriser l'engagement dans un processus d'éco-innovation et compenser, par les bénéfices qu'elle génère, les coûts de mise en conformité aux normes. Dans la lignée de ces travaux portés par Porter et van der Linde (1995) et Rennings (« *regulatory push-pull effect* », 2000), les mécanismes réglementaires, souvent contingents aux contextes sectoriels, constituent un déterminant central des éco-innovations. De nombreuses études empiriques mettent en évidence cette relation dans différents secteurs (Oltra et Saint Jean, 2009, dans l'automobile française ; Kammerer, 2009, sur l'équipement électrique allemand) ou différents contextes industriels nationaux (cf. survey de Pereira et Vence, 2012). Certains travaux récents distinguent aussi l'impact de la pression réglementaire existante de l'anticipation d'une réglementation future et confirment l'importance de cette anticipation (cf. Khanna et al., 2009 ou Horbach et al., 2012).

Hypothèse 3 : Les conditions d'appropriabilité, ou de diffusion des connaissances dans l'environnement, ont un rôle important dans l'intensité de l'éco-innovation.

Figure 5 : Cadre analytique de l'intensité de l'innovation environnementale



4.3 Données et méthode

4.3.1 Les données

Le travail s'appuie sur l'exploitation de deux enquêtes publiques obligatoires réalisées par l'Insee. The Community Innovation Survey (CIS 8) est une enquête déclarative qui vise à appréhender les innovations réalisées par l'entreprise au cours de la période 2006-2008. Elle fournit des informations sur la nature et les comportements des firmes en matière d'innovation et sur les sources d'information pour innover (Patel, 1998; Mairesse et Mohnen, 2002; Smith, 2005). Elle permet ainsi de caractériser les différents processus d'innovation à l'œuvre à l'intérieur de l'entreprise tout en prenant en compte l'influence de l'environnement. Cette enquête est appariée avec l'Enquête Annuelle Entreprise de 2007 qui fournit également des informations générales sur les structures et les performances de l'entreprise notamment en matière d'innovation. Nous disposons ainsi d'une base de données originale de 4686 entreprises, de 20 salariés et plus, représentative de la population industrielle manufacturière française, à l'échelle des cinq grands secteurs qui la composent : l'industrie agro-alimentaire, les biens de consommation, les biens d'équipement, transport ainsi que le secteur des biens intermédiaires.

4.3.2 Les variables

La variable expliquée : l'intensité de l'éco-innovation

L'économie de l'environnement a surtout cherché à tester l'effet de la réglementation environnementale sur l'intensité de l'innovation environnementale, notamment par le biais des dépenses de R&D ou le nombre de brevets (Jaffe et Palmer, 1997; Brunnermeier et Cohen, 2003; Popp, 2006; Johnstone et al., 2009; Lee et al., 2011). Peu d'études sur l'intensité de l'innovation environnementale ont été réalisés dans le champ de l'économie de l'innovation, qui s'est principalement concentré sur le processus d'adoption (Horbach, 2008; Horbach et al., 2012, 2013; Triguero et al., 2013; Ziegler, 2013; Cuerva et al., 2014). Notre proxy d'intensité éco-innovation est un score

de 0 à 9 types d'éco-innovations. Nous supposons ici que plus le score est élevé, plus l'étendue de l'innovation environnementale et son intensité sont élevées.

L'enquête CIS 2008 définit l'innovation environnementale sous neuf modalités sur la base desquelles notre score indiquant le degré d'intensité est construit. Six formes d'innovations environnementales peuvent être adoptées lors du processus de production : la réduction de l'utilisation de matières premières ; de la consommation d'énergie, des émissions de CO₂ ; le remplacement de matières premières polluantes ; la réduction de la pollution des sols, de l'eau ou de l'air ; recyclage. Trois éco-innovations ont lieu lors du processus de consommation, i.e. lors de l'usage du bien par le consommateur : la réduction de la consommation d'énergie ; la réduction de la pollution des sols, de l'eau ou de l'air générée par le consommateur et enfin, le recyclage du produit amélioré après usage.

A partir de ces différents types d'éco-innovation va être construite une variable de type score, qui va nous permettre d'analyser les fondements microéconomiques de l'intensité de l'éco-innovation. Ainsi, la variable score IE, endogène, qui prend une valeur comprise entre 0 et 9, est de la forme suivante :

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_i = 0 \text{ si pas d'innovation environnementale} \\ Y_i = 1 \text{ si une innovation environnementale,} \\ Y_i = 2 \text{ si deux innovations environnementales} \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_i = 9 \text{ si tous les types d'innovations environnementales} \end{array} \right.$$

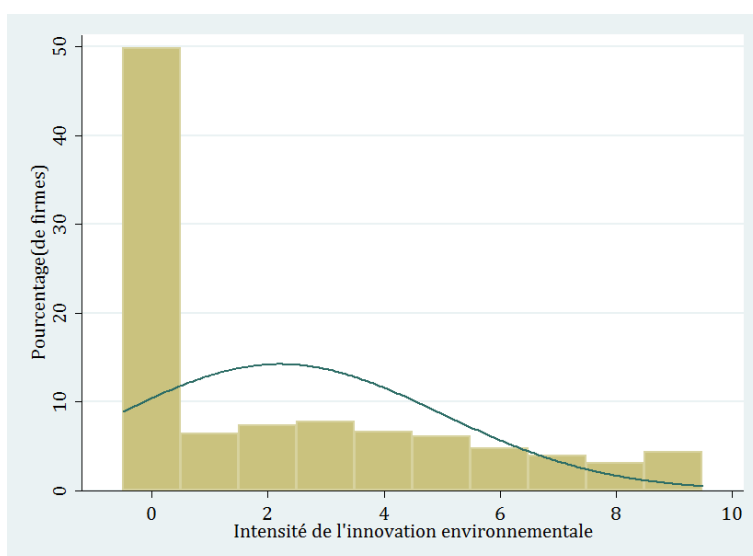
Tableau 25: Distribution de l'intensité de l'innovation environnementale par secteur (en %)

Intensité de l'IE	Ensemble industrie	Agroalimentaire	Biens de consommation	Biens d'équipement	Transport	Biens intermédiaires
0	49.77	55.47	58.42	39.43	46.22	46.22
1	6.42	6.56	5.50	7.59	2.94	6.95
2	7.34	6.10	6.79	9.70	7.56	7.20
3	7.75	7.71	6.70	9.08	6.30	8.07
4	6.59	8.06	5.07	7.09	5.04	6.89
5	6.08	4.83	5.67	6.59	6.30	6.77
6	4.76	3.34	3.18	6.34	6.30	5.65
7	3.93	4.26	3.09	4.73	3.36	4.03
8	3.05	1.61	1.61	3.98	6.30	3.66
9	4.31	2.07	3.61	5.47	9.66	4.66
Score	2.41	1.79	1.78	2.69	2.86	2.41

Source : CIS 2008

Les statistiques descriptives montrent que près de la moitié des firmes de l'ensemble de l'industrie française (50,23%) sont éco-innovantes. Les firmes appartenant à l'industrie agroalimentaire apparaissent être, avec celles relevant des biens de consommation, comme les moins éco-innovantes, en nombre d'entreprises et en score moyen, du système productif français. Les secteurs ayant la plus forte intensité de l'innovation étant le secteur du transport, avec des firmes qui ont adopté en moyenne 2,69 éco-innovations et celui des biens intermédiaires, avec un score de 2,86.

Figure 6 : Distribution du score de l'intensité de l'innovation environnementale



Les variables explicatives

L'intensité de l'éco-innovation est analysée par le biais de trois ensembles de variables explicatives : les variables associées à la capacité d'absorption de la firme, celles liées aux opportunités technologiques et celles relatives aux conditions d'appropriabilité de l'éco-innovation (cf. tableau en annexe).

Le premier ensemble de variables concerne la capacité d'absorption de la firme et les bases technologiques qui la fondent. Les variables de taille, d'appartenance à un groupe de sociétés et de R&D continue sont introduites pour approximer son potentiel technologique. L'information porte par ailleurs sur son profil d'innovation, c'est-à-dire sur le développement d'autres formes d'innovations par la firme : l'adoption d'innovations produits (radicale, incrémentale, ou les 2), de procédés, portant sur les changements organisationnels (d'organisation de la production, du travail ou des changements des relations externes), ainsi que sur la mise en place d'un Système de Management Environnemental (préparation d'audits environnementaux, certification ISO 14001, etc.), avant 2006 ou durant la période d'observation, entre 2006 et 2008. Ces variables associées au profil innovateur de la firme permettent d'analyser les

relations de complémentarité qui peuvent émerger entre les différents types d'innovation.

La seconde série de variables vise à mesurer les opportunités technologiques du secteur, associées aux sources d'information mobilisées par l'entreprise dans son processus d'innovation. Dans la lignée de plusieurs auteurs, on fait l'hypothèse que les sources d'information que l'entreprise déclare avoir utilisées pour innover constituent une proxy pertinente des opportunités technologiques (Arvanitis et Hollenstein, 1994; Klevorick et al., 1995; Becker et Peters, 2000). On distingue les variables indicatives des sources d'information industrielles (clients, fournisseurs et concurrents), des variables reflétant les sources d'information non industrielles, provenant d'Universités, d'organismes publics de recherche ou de dispositifs sectoriels informels tels que les foires, conférences, les revues professionnelles, etc.

Le troisième ensemble de variables concerne les conditions d'appropriabilité et de diffusion de l'éco-innovation. Le régime concurrentiel et les conditions de marché permettent d'approximer le degré d'appropriabilité dans la mesure où peuvent en résulter des barrières à la diffusion des connaissances (Cohen, 2010). En ce sens, les variables retenues sont la structure de marché (C4) et la localisation du marché principal. Par ailleurs, pour tester l'effet de la localisation de la firme sur son intensité à éco-innover, on retiendra la zone de localisation du siège. Le taux d'adoptants du secteur est choisi en tant que variable permettant d'approximer le caractère épidémique et le degré d'appropriabilité de l'éco-innovation. Enfin, quatre variables dichotomiques vont permettre d'analyser les différentes dimensions de la pression réglementaire. Elles concernent le fait d'avoir éco-innové en réponse à une réglementation environnementale existante, à l'anticipation d'une réglementation future, à une aide ou subvention en matière d'environnement, et enfin d'avoir éco-innover consécutivement à la mise en place d'un code de bonnes pratiques au sein du secteur.

4.3.3 Le modèle

Nous étudions l'intensité de l'éco-innovation grâce à un modèle de type binomial négatif. Un modèle de comptage est employé lorsque la variable dépendante est une variable discrète qui décrit un nombre d'événements survenus durant une période donnée. Un modèle binomial négatif est particulièrement adapté à l'étude de l'intensité de l'éco-innovation car en tant que modèle de comptage, il permet l'étude d'une variable aléatoire discrète et positive, ce qui est le cas du nombre d'éco-innovations. Ce modèle introduit dans la moyenne du modèle de Poisson un terme d'hétérogénéité individuelle, qui permet de résoudre le problème dit de sur-dispersion (des zéros, c'est-à-dire des non-adoptants), lorsque que la variance est plus élevée que la moyenne.

La distribution conditionnelle des y_i est une distribution de Poisson de la forme :

$$f(y_i, |x_i, u_i) = \frac{e^{-\lambda_i u_i} (\lambda_i u_i)^{y_i}}{y_i!}$$

avec

$$\ln(\mu_i) = x'_i \beta + \varepsilon_i = \ln(\lambda_i) + \ln(u_i)$$

Où μ_i est la moyenne conditionnelle et la variance de la loi de Poisson

Ainsi, l'intensité de l'innovation environnementale résulte d'une combinaison de facteurs internes et externes à la firme tel que :

Intensité de l'éco-innovation = $ECO-INNOV_i = \alpha_1 CA_i + \alpha_2 OT_i + \alpha_3 CDA_i + \varepsilon_i$
avec la firme notée $i (i, \dots, n)$ et un ensemble de variables explicatives relatives aux trois dimensions qui fondent son intensité éco-innovatrice : les capacités d'absorption de la firme (CA), les opportunités technologiques qu'elle tire de son environnement (OT) et les conditions de diffusion et d'appropriabilité (CDA) et ε_{ij} le terme d'erreur.

4.4 Intensité de l'innovation environnementale de la firme et système sectoriel de l'innovation : résultats

Le modèle général, concernant l'ensemble de l'industrie française, permet de mettre en évidence les tendances globales de l'éco-innovation afin de mettre en perspective, dans un second temps, les modèles sectoriels. Plusieurs résultats majeurs tendent à émerger de cette analyse d'ensemble.

4.4.1 *Modèle général*

Le premier résultat réside dans la confirmation de l'importance centrale des structures technologiques de la firme et de sa capacité d'absorption sur son intensité éco-innovante. Le profil innovateur et le processus de complémentarité de l'innovation environnementale avec les autres formes d'innovation au sein de la firme joue un rôle très significatif dans le modèle. On note tout particulièrement l'influence de l'innovation produit et de son intensité (une innovation produit radicale joue plus fortement que l'innovation incrémentale), celle de l'innovation en procédés qui joue très significativement et enfin et surtout, la forte influence des changements organisationnels dans l'organisation du travail et de la production. Les résultats confirment également l'impact de la présence au sein de la firme d'une R&D continue (une équipe de R&D interne permanente) qui traduit bien selon certains auteurs la capacité d'absorption de la firme (Veugelers, 1997; Becker et Peters, 2000; Huet et Lazaric, 2008). L'existence de certaines pratiques organisationnelles telles que le Système de Management Environnemental a également un rôle positif sur l'intensité de l'éco-innovation et plus particulièrement si ce SME a été adopté dans le passé, traduisant un processus d'apprentissage plus ancien des pratiques environnementales favorable à l'intensité actuelle.

Tableau 26: Les déterminants de l'intensité de l'innovation environnementale dans l'industrie française : modèle général

		Industrie française	
		Effet Marginal	Ecart-type
Capacités d'absorption de la firme			
R&D continue		0.46 ^{***}	0.07
Innovation de produit :	radicale	1.28 ^{***}	0.13
	incrémentale	0.6 ^{***}	0.1
	incrémentale/radicale	0.75 ^{***}	0.09
Innovation de procédés		1.23 ^{***}	0.06
Changement dans :			
	l'organisation de la production	0.64 ^{***}	0.06
	l'organisation du travail	1.14 ^{***}	0.07
	les relations externes	0.22 ^{**}	0.07
SME :	mis en place avant 2006	1.14 ^{***}	0.09
	entre 2006 et 2008	0.97 ^{***}	0.08
Taille :	20 à 49 salariés	Ref.	Ref.
	50 à 249 salariés	0.51 ^{***}	0.07
	250 à 500 salariés	0.31 [*]	0.12
	Plus de 500 salariés	-0.01	0.13
Appartenance à un groupe		-0.1	0.06
Opportunités technologiques			
Sources d'information :	internes	0.85 ^{***}	0.07
	fournisseur	0.47 ^{***}	0.06
	client	-0.01	0.07
	concurrent	-0.07	0.07
	université	-0.24 [*]	0.1
	Orga. public de recherche	-0.15	0.11
	Conférences, foires, revues scientifiques, etc	0.39 ^{***}	0.07
Conditions de diffusion et d'appropriabilité			
Concentration de marché		-0.05	0.05
Secteur :			
	Agroalimentaire	Ref.	Ref.
	Biens de consommation	-0.16	0.09
	Biens d'équipement	-0.11	0.1
	Transport	0.01	0.15
	Biens intermédiaires	0.44 ^{***}	0.09
Zone principale de marché:	Marché régional	Ref.	Ref.
	Marché national	0.37 ^{***}	0.07
	Marché étranger	0.5 ^{***}	0.1
Zone du siège :			
	Urbain	Ref.	
	Péri-urbain	0.11	0.07
	Rural	0.04	0.07
Eco-innovation en réponse à :			
	- Réglementation existante	1.7 ^{***}	0.07
	- Anticipation réglementation future	0.42 ^{***}	0.08
	- Aide ou subvention envir.	0.6 ^{***}	0.12
	- Code de bonnes pratiques	1.7 ^{***}	0.08
environnementales du secteur			
Observations		4686	
Pseudo R ²		0.182	
Prob>=chibar2		0.000	

*Sources : CIS 2008 et EAE 2007 ; * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001*

Quant aux ressources organisationnelles plus génériques, liées à la taille ou à l'appartenance à un groupe, leur rôle est peu ou pas significatif. La grande taille ne favorise pas l'intensité ni le fait d'appartenir à un groupe. Le profil innovateur et les processus de complémentarité entre innovations restent donc au centre de la capacité d'absorption de la firme et de son intensité de l'innovation environnementale.

Le second résultat renvoie plus spécifiquement au rôle de l'environnement et à l'influence des spillover de connaissance sur le comportement éco-innovateur de la firme. Les sources d'information internes, au sein des réseaux organisationnels de la firme, et celles en provenance des fournisseurs semblent déterminantes pour l'industrie française prise dans son ensemble. On montre également l'importance des sources informelles de connaissance issues de dispositifs informels tels que les foires, expositions, associations professionnelles ou d'outils tels que les revues scientifiques ou professionnelles. Notons que l'influence des mécanismes d'appropriabilité liés à la structure de marché n'est pas non plus significative.

Un autre résultat marquant concerne la réglementation. Conformément à la littérature sur les innovations environnementales (Porter et van der Linde, 1995; Rennings, 2000), les résultats mettent en évidence l'importance de la contrainte réglementaire en matière d'environnement sur les comportements des firmes en termes d'innovation environnementale. La recherche d'adéquation à la réglementation existante domine dans les motifs à l'éco-innovation mais on note également que l'anticipation d'une réglementation future garde un rôle incitatif important tout comme la recherche d'aides ou subventions en matière environnementale.

On montre par ailleurs l'effet particulièrement marqué d'une recherche d'adhésion et de respect vis-à-vis des bonnes pratiques environnementales mises en place au sein de son propre sous-secteur d'appartenance. L'interprétation de ce résultat est complexe. Il peut renvoyer à une recherche d'adéquation et de mise en conformité des pratiques nécessaires aux échanges inter-firmes au sein des filières, ou plus largement à un effet de réputation au sein du secteur et vis-à-vis des marchés. Ce résultat est conforté par l'effet très marqué du rôle des effets épidémiques liés aux taux

d'adoptants dans le sous-secteur de la firme. Le fait que beaucoup de firmes du secteur aient adopté favorise l'adoption par contact ou mimétisme des autres firmes du secteur (Galliano et Nadel, 2013; Nadel, 2013). La dimension sectorielle des spillover de connaissance apparaît donc particulièrement marquée pour les innovations environnementales et jouerait donc globalement plus que les processus d'appropriabilité. Cet aspect très sectoriel des spillover est également confirmé par la faiblesse du rôle des autres variables d'environnement et notamment des spillover spatiaux (effet non significatif des zones de localisation et effet négatif des marchés locaux et régionaux).

4.4.2 Intensité de l'éco-innovation de la firme des cinq grands secteurs

Dans cette seconde étape, les trois ensembles de variables sont testés à des fins comparatives dans le cas des cinq grands secteurs qui composent l'industrie française afin de mettre en évidence les tendances communes et les spécificités des systèmes sectoriels d'éco-innovation. Les résultats montrent une diversité des modèles sectoriels d'éco-innovation que recouvre le modèle général de l'industrie française. Les spécificités portent surtout sur la diversité sectorielle des modes de captation des opportunités technologiques et dans les modes d'interaction avec l'environnement, dans ces différentes facettes (sectorielle, marchande ou spatiale).

Tableau 27: L'intensité de l'éco-innovation des cinq secteurs de l'industrie manufacturière française

	IAA		Biens de consommation		Biens d'équipement		Transport		Biens intermédiaires	
	E.M*	ET**	E.M	E.T	E.M	E.T	E.M	E.T	E.M	ET
Capacités d'absorption de la firme										
R&D continue	1.13***	0.16	-0.06	0.15	0.69***	0.13	-0.26	0.60	0.48***	0.11
Innovation de produit :										
radicale	0.7**	0.27	1.15***	0.27	1.01***	0.28	7.83***	2.23	1.08***	0.19
incrémentale	0.94***	0.25	0.24	0.2	0.48	0.25	1.79	1.11	0.35*	0.15
incrémentale/radicale	0.46*	0.22	0.71***	0.21	0.7***	0.21	3.68**	1.29	0.55***	0.15
Innovation de procédés	0.69***	0.13	1.85***	0.12	0.97***	0.12	2.55***	0.58	0.99***	0.1
Changement dans :										
l'organisation de la production	0.68***	0.14	0.41**	0.14	0.64***	0.14	2.49***	0.64	0.8***	0.11
l'organisation du travail	0.99***	0.15	1.43***	0.15	0.99***	0.15	0.19	0.58	1.12***	0.11
les relations externes	0.58**	0.19	0.09	0.15	-0.11	0.15	-1.97**	0.63	0.49***	0.13
SME mis en place avant 2006	0.5*	0.21	1.65***	0.26	0.58**	0.18	-0.52	0.66	1.32***	0.15
entre 2006 et 2008	0.57***	0.16	1.23***	0.19	0.12	0.16	1.52*	0.67	1.06***	0.13
Taille :										
20 à 49 salariés	Ref.		Ref.		Ref.		Ref.		Ref.	
50 à 249 salariés	0.53***	0.16	0.47**	0.14	0.47**	0.16	6.56***	1.94	0.53***	0.11
250 à 500 salariés	0.4	0.28	0.54	0.28	-0.01	0.24	2.40*	1.2	0.26	0.2
Plus de 500 salariés	0.1	0.3	0.15	0.30	-0.02	0.25	2.89**	0.96	-0.16	0.2
Appartenance à un groupe	-0.03	0.13	-0.3*	0.13	-0.13	0.15	0.36	0.52	-0.05	0.1
Opportunités technologiques										
Sources d'information :										
internes	0.06	0.19	0.97***	0.13	1.17***	0.14	-0.01	0.99	0.91***	0.11
fournisseur	0.25	0.15	0.63***	0.14	0.48***	0.13	-0.52	0.56	0.47***	0.1
client	0.47**	0.16	-0.89***	0.17	-0.08	0.16	0.58	0.65	0.34**	0.11
concurrent	-0.49**	0.17	0.22	0.16	-0.09	0.13	-0.38	0.57	0.01	0.11
université	-0.35	0.25	0.13	0.22	0.15	0.19	-1.17	0.86	-0.53***	0.15
Orga. public de recherche	-0.84***	0.24	-0.38	0.21	0.21	0.23	0.09	0.78	0.03	0.21
Conférences, foires, revues scientifiques, etc	0.68***	0.15	0.59***	0.14	0.28*	0.13	1.49*	0.64	0.15	0.11
Conditions de diffusion et d'appropriabilité										
Taux d'adoptants sectoriel	5.42***	1.11	3.38***	0.73	0.209	0.99	10.06***	2.43	3.97***	0.55
Concentration de marché	-0.12	0.16	-0.14	0.09	-0.064	0.16	-0.23	0.32	-0.15	0.09
Zone principale de marché:										
Marché régional	Ref.		Ref.		Ref.		Ref.		Ref.	
Marché national	0.43**	0.14	0.14	0.13	0.74**	0.23	12.03**	4.01	0.32**	0.11
Marché étranger	-0.01	0.22	0.25	0.2	0.85***	0.23	8.46**	2.99	0.52***	0.16
Zone du siège :										
Urbain	Ref.		Ref.		Ref.		Ref.		Ref.	
Péri-urbain	0.5**	0.18	-0.77***	0.13	0.15	0.16	1.79*	0.88	0.57***	0.13
Rural	0.13	0.14	-0.53***	0.12	-0.41**	0.15	4.11**	1.37	0.5***	0.12
Eco-innovation en réponse à :										
- Réglementation existante	1.56***	0.17	2.12***	0.16	1.12***	0.15	1.29*	0.53	1.84***	0.12
-Anticipation réglementation future	0.79***	0.19	0.72***	0.18	0.41*	0.17	2.42***	0.72	-0.07	0.13
-Aide ou subvention envir.	-0.21	0.2	0.48	0.25	1.41***	0.32	-0.22	0.65	0.89***	0.19
- Code de bonnes pratiques environnementales du secteur	1.29***	0.18	1.6***	0.15	1.72***	0.15	3.82***	0.76	1.64***	0.12
Observations	869		1164		804		238		1611	
Pseudo R ²	0.194		0.22		0.181		0.232		0.181	
Prob>=chibar2	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	

Sources : CIS 2008; EAE 2007 EM* : Effet marginal ET** : écart-type ; * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001

Concernant *les bases technologiques et la capacité d'absorption* de la firme, le premier résultat réside dans la confirmation de l'importance centrale des caractéristiques internes des firmes et de leur capacité d'absorption sur leur intensité éco-innovatrice. Le profil innovateur et le processus de complémentarités 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. Concernant le profil d'innovation des firmes, on retrouve pour tous les secteurs ce rôle moteur de l'innovation de produit radicale au détriment de l'innovation incrémentale, à l'exception de l'agro-alimentaire. Ce résultat pourrait traduire, pour les IAA, l'importance des innovations incrémentales au niveau de la production et au niveau de la consommation des produits alimentaires. Parallèlement, pour les autres industries, on note l'influence de l'innovation en procédés qui joue très significativement et la forte influence des changements organisationnels dans l'organisation du travail comparativement aux changements organisationnels dans l'organisation de la production ou dans les relations externes. Pour les IAA, le profil est sensiblement différent montrant, au-delà du rôle moteur de l'innovation incrémentale, la plus faible influence de l'innovation en procédés et surtout un rôle plus marqué des changements organisationnels dans les relations externes du fait de la plus grande insertion de ces industries dans des relations verticales et des logiques de filières. Le lien de complémentarité est également fort entre la mise en place d'un SME et l'éco-innovation pour la plupart des secteurs. La différence réside dans le fait que pour les IAA, l'intensité de l'innovation environnementale est uniquement liée à une adoption d'un SME durant la période alors que pour les firmes appartenant aux autres industries, l'intensité de l'éco-innovation est fortement liée à une adoption passée de ces systèmes (avant 2006). Ceci marque des formes d'apprentissage et de cumulativité des innovations environnementales différentes entre les secteurs.

Les autres différences portent sur l'importance des changements organisationnels relatifs aux relations externes et à l'existence de la R&D interne. Les changements dans les relations externes sont non significatifs pour les biens de consommation et les biens d'équipement. Ils jouent en revanche positivement pour l'agroalimentaire et les biens intermédiaires, secteurs plus insérés dans des relations

verticales et des logiques de filières. Notons toutefois que les changements dans les relations externes ont un effet beaucoup plus faible que les changements dans l'organisation du travail et de la production pour l'ensemble des firmes. Enfin, la R&D interne différencie également les firmes de biens de consommation et de transport des autres. On remarque que ces deux secteurs associent l'absence d'impact de la R&D continue avec un effet non significatif de l'innovation incrémentale et une priorité à l'innovation radicale pour expliquer leur intensité de l'éco-innovation. La R&D continue semble de fait plus associée à des innovations de nature incrémentale. Ceci est directement le cas des secteurs des biens intermédiaires et surtout de l'industrie agroalimentaire. Quant aux ressources organisationnelles plus génériques, leur impact sur l'intensité de l'éco-innovation différencie peu les secteurs. Une taille moyenne est plus favorable à l'éco-innovation et l'appartenance à un groupe joue peu, voire joue négativement sur l'intensité. Seul le secteur des transports garde une relation positive entre taille et intensité qui pourrait être liée au statut fréquent de concepteur et de donneur d'ordre des grandes firmes des secteurs automobile et aéronautique, ainsi qu'aux fortes contraintes en termes de réglementation environnementale qu'elles rencontrent ou qu'elles anticipent.

Le profil innovateur et les processus de complémentarité entre innovations restent donc au centre de la capacité d'absorption de la firme et de son intensité éco-innovante.

Concernant *les opportunités technologiques*, les résultats montrent que les sources d'information ont des effets différents sur l'intensité de l'innovation environnementale des firmes. On distingue les secteurs plus orientés vers les clients (transport, IAA) et ceux orientés fournisseurs (BC, BE et BI). Ces derniers associant cette orientation fournisseurs avec une forte mobilisation des informations internes, dans leur groupe ou leurs réseaux. Les flux d'informations provenant des institutions porteuses de connaissances pour innover est globalement non significatif pour les organismes de recherche, voire négatif dans le cas des universités (pour IAA et BI). Enfin, les résultats mettent en évidence un fort effet sur l'éco-innovation des informations provenant des dispositifs sectoriels informels tels que les associations

professionnelles, les revues, foires, etc. Elles ont un rôle positif et significatif à l'intensité de l'éco-innovation pour l'ensemble des firmes industrielles à l'exception des biens intermédiaires (effet positif et non significatif).

Quant aux *conditions d'appropriabilité et de diffusion des innovations*, on observe pour l'ensemble de l'industrie l'impact déterminant (forts effets marginaux) du taux d'adoptants d'éco-innovations (calculé pour le sous-secteur de la firme) sur l'intensité de l'éco-innovation qui peut traduire un effet d'entraînement lié à l'environnement sectoriel et un processus d'isomorphisme institutionnel favorable à l'éco-innovation (DiMaggio et Powell, 1983). Cet effet est largement confirmé par l'importance des codes de bonnes pratiques sectorielles comme motif de l'éco-innovation. Ceci à l'exception des biens d'équipement qui constitue le secteur qui comporte le plus grand taux d'adoptants mais aussi le plus faible score moyen d'éco-innovation (cf. tableau 25). Le deuxième résultat marquant concerne l'impact de la pression réglementaire, qui, conformément à la littérature joue un rôle majeur tout en présentant des différences sensibles entre les secteurs. Ainsi, pour les secteurs des BE et des BI, l'intensité à éco-innover est positivement liée à une recherche d'adéquation à la réglementation existante associée à une recherche d'obtention d'aides ou de subventions à l'éco-innovation. A l'inverse, on trouve le profil des firmes du transport influencé par l'anticipation de la réglementation future et pour lesquelles la recherche d'aides et de subventions ne joue pas.

La diversité des conditions de diffusion des spillover de connaissance s'exprime également sur les autres variables d'environnement qu'il soit marchand ou spatial. Ainsi, les effets d'agglomération urbaine jouent négativement pour les firmes des transports et des biens intermédiaires et positivement pour les biens de consommation et d'équipement. L'effet positif des zones à faible densité pour le transport et les biens intermédiaires est par ailleurs associé à l'importance d'une orientation vers les marchés internationaux dans l'intensité de l'éco-innovation. On trouve des profils très différents pour l'agro-alimentaire (effet positif du péri-urbain et des marchés régionaux) et des biens de consommation avec un effet positif de la localisation urbaine et du marché régional sur l'intensité de l'éco-innovation.

Ainsi, si on retrouve les grandes tendances du modèle général concernant l'industrie française, les modèles sectoriels mettent en évidence une diversité des formes de mobilisation des ressources de l'environnement dans l'intensité environnementale des firmes.

4.5 Conclusion

L'objectif de chapitre était d'analyser l'influence des structures internes et les formes de mobilisation des ressources externes de la firme dans son intensité de l'innovation environnementale. Mobilisant le cadre d'analyse des systèmes sectoriels d'innovation, on a testé au niveau micro-économique, pour les firmes des cinq grands secteurs qui composent l'industrie française, l'influence respective de leurs capacités d'absorption, des opportunités technologiques portées par leur environnement et des conditions d'appropriabilité des innovations dans leur intensité à l'éco-innovation.

Les résultats montrent en premier lieu que, au-delà de la pression réglementaire confirmée par les modèles, la base technologique de la firme et les conditions d'appropriabilité et de diffusion de l'environnement externe jouent un rôle structurant dans l'intensité de l'innovation environnementale des firmes.

Concernant *la base technologique*, le profil innovateur et les processus de complémentarité avec les autres formes d'innovation, qui construisent la capacité d'absorption de la firme, sont globalement très actifs dans l'intensité de l'éco-innovation des firmes. Les spécificités des systèmes sectoriels jouent ensuite dans les combinaisons de facteurs et notamment par les types d'innovation et de changements organisationnels qui « accompagnent » l'éco-innovation. Un premier type de combinaison qui articule la présence de R&D permanente, l'engagement dans l'innovation de produit incrémentale et les changements dans les relations externes est observé dans le cas des firmes agroalimentaires et forme la base de leur intensité éco-innovante. Un second type de combinaison émerge, qui lie innovation de produit

radicale, innovation de procédés et changements dans l'organisation du travail et s'applique dans le cas des firmes du secteur des biens de consommation.

Concernant les *conditions d'appropriabilité et de diffusion*, elles sont caractérisées par une forte influence des effets mimétiques et des formes de régulation sectorielles plus ou moins formelles dans lesquelles les entreprises sont insérées. L'influence généralement très significative du taux d'adoptants du secteur d'appartenance, de ses codes de bonnes pratiques et des processus de réglementation est révélatrice de cet encastrement dans les dynamiques sectorielles. Chaque secteur a ses spécificités notamment dans son rapport à la réglementation (réponse à la réglementation existante pour les biens de consommation vs. anticipation de la réglementation pour les transports). La diversité des conditions de diffusion des spillover de connaissance s'exprime également à travers les variables d'environnement géographique avec des rapports très différenciés des firmes aux processus d'agglomération et à la localisation des marchés (régional vs. international). Enfin, concernant les *opportunités technologiques*, caractérisées en premier lieu par les sources d'information mobilisées pour innover, on trouve également une diversité des systèmes sectoriels allant des secteurs plus orientés information-clients pour éco-innover (transport, IAA) vers des secteurs orientés fournisseurs qui seraient plus poussés par la pression de l'amont (biens de consommation, d'équipement et intermédiaires).

Le cadre d'analyse issu des systèmes sectoriels d'innovation nous a permis de mettre en évidence l'hétérogénéité des acteurs, des réseaux et des dynamiques de coévolution entre comportement microéconomique des firmes et dynamiques sectorielles dans les processus d'innovations environnementales. Ce cadre conceptuel nous a permis d'analyser la manière dont le spillover environnemental généré par l'innovation environnementale renforce l'influence des différentes formes d'interaction entre la firme et son environnement externe dans les processus d'innovations environnementales, et ainsi de mettre en lumière, au-delà de l'aspect réglementaire, une diversité de déterminants de l'intensité de l'innovation environnementale selon les structures industrielles qui portent les firmes.

La « valeur environnementale » cristallisée dans l'innovation environnementale a une influence majeure dans les processus de sa diffusion. Ceci s'exprime à travers le fort effet du taux d'adoptants sectoriel et de la mise en place d'un code de bonnes pratiques sectoriel, souvent plus déterminant pour la firme que la mise en conformité à la réglementation existante. Ainsi, on peut supposer que cette valeur environnementale agit plus, en termes d'isomorphisme institutionnel (DiMaggio et Powell, 1983), sur les mécanismes mimétiques, exprimés ici par les effets épidémiques sectoriels, et sur les mécanismes normatifs, par un processus d'institutionnalisation d'une base de connaissance commune aux acteurs du secteur portant sur les questions environnementales, que sur les mécanismes coercitifs, relatifs à la pression réglementaire qui pèsent sur les firmes.

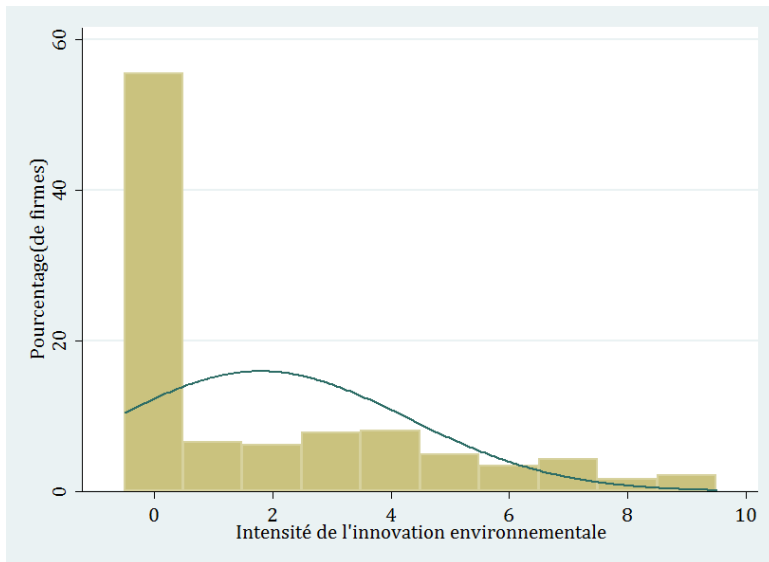
4.6 Annexes

Annexe 1 : description des variables

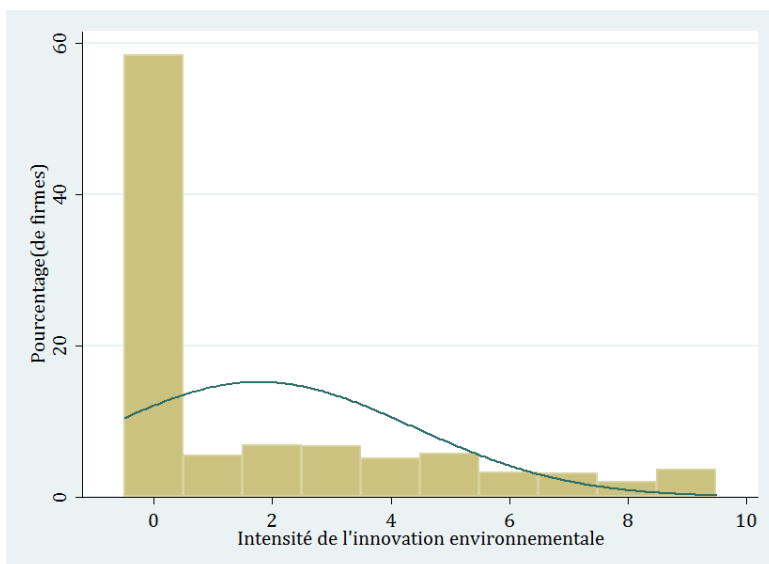
Variable	Description
Capacités d'absorption	
R&D continue	= 1 si la firme déclare avoir ces activités de R&D menées en interne de façon continue (équipe de R&D interne permanente), 0 si non
Innovation de produit :	
-Radicale	= 1 si l'innovation produit est nouvelle pour le marché
-Incrementale	= 1 si l'innovation est nouvelle uniquement pour l'entreprise
-Radicale / Incrementale	= 1 si l'entreprise innove dans les deux cas
Innovation de procédés	= 1 si l'entreprise a réalisé une innovation de procédés, 0 si non
Changement dans :	
-l'organisation de la production	= 1 si introduction de nouvelles méthodes de décision : système de gestion de la chaîne d'approvisionnement, reconfiguration des processus, système de gestion des connaissances, production sur commande, système de gestion de la qualité, etc., 0 si non
-l'organisation du travail	= 1 si introduction de nouvelles méthodes d'organisation du travail : nouvelle répartition des responsabilités / du pouvoir de décision parmi les salariés, travail d'équipe, décentralisation, intégration ou autonomisation de différents services de l'entreprise, systèmes de formation, etc., 0 si non
-les relations externes	= 1 si introduction de nouvelles méthodes d'organisation des relations externes avec d'autres entreprises ou organismes : mise en place pour la première fois d'alliances, de partenariats, d'externalisation d'activités ou de sous-traitance, 0 si non
SME :	
Avant 2006	= 1 si introduction d'un SME avant 2006, 0 si non
Entre 2006 et 2008	= 1 si introduction d'un SME entre 2006 et 2008, 0 si non
Taille (nombre de salariés)	Variables qualitatives à 4 modalités : 20 à 49 salariés (en référence) ; 50 à 249 salariés ; de 250 à 499 salariés ; + de 500 salariés
Appartenance à un groupe	= 1 si la firme est une filiale d'un groupe, 0 si non
Opportunités technologiques	
Information sources :	= 1 si la firme a identifié des sources d'information qui fournissent de l'information relative à des nouveaux projets d'innovation ou qui ont contribué à l'achèvement de projets d'innovation existants :
Internes au groupe	Internes au groupe, 0 sinon
Fournisseur	Provenant Fournisseurs d'équipements, matériel, composants ou logiciels, 0 sinon
Client	Provenant de clients ou consommateurs, 0 sinon
Concurrent	Provenant des concurrents, 0 sinon
Université	Provenant d'universités ou d'autres institutions d'enseignement de recherche supérieur, 0 sinon
Organisme public de recherche	Provenant d'un organisme public de recherche, 0 sinon
Conférences, foires, revues scientifiques, etc	Provenant de conférences, foires, revues scientifiques, associations professionnelles, 0 sinon
Conditions d'appropriabilité et de diffusion	
Taux d'adoptants sectoriel	Le logarithme du taux moyen d'adoption d'innovation environnementale par les firmes du secteur (niveau 3 de la Naf 2008 rev.2)
Concentration de marché	Le logarithme de l'indice de concentration C4 : somme cumulée des parts de marché des quatre premières firmes du secteur
Zone principale de marché	Variable qualitative à 3 modalités : Marché régional (en référence) ; Marché national ; Marché étranger
Zone du siège	Variable qualitative de la localisation du siège social à 3 modalités : zone urbaine (en référence) ; zone périurbaine ; zone rurale
Eco-innovation en réponse à :	
- Règlements environnementale existante	= 1 si la firme déclare avoir introduit une innovation environnementale en réponse à des réglementations environnementales existantes ou des taxes sur la pollution
- Anticipation d'une réglementation future	= 1 si la firme déclare avoir introduit une innovation environnementale en réponse à des réglementations ou des taxes dont elle attend une future application
- Aides ou subventions	= 1 si la firme déclare avoir introduit une innovation environnementale en réponse à l'existence d'aides gouvernementales, de subventions ou d'autres incitations financières
- Code de bonnes pratiques environnementales du secteur	= 1 si la firme déclare avoir introduit une innovation environnementale en réponse à la mise en place d'un code de bonnes pratiques environnementales dans son secteur d'activité

Annexe 2 : Distribution du score d'intensité de l'innovation environnementale selon les secteurs

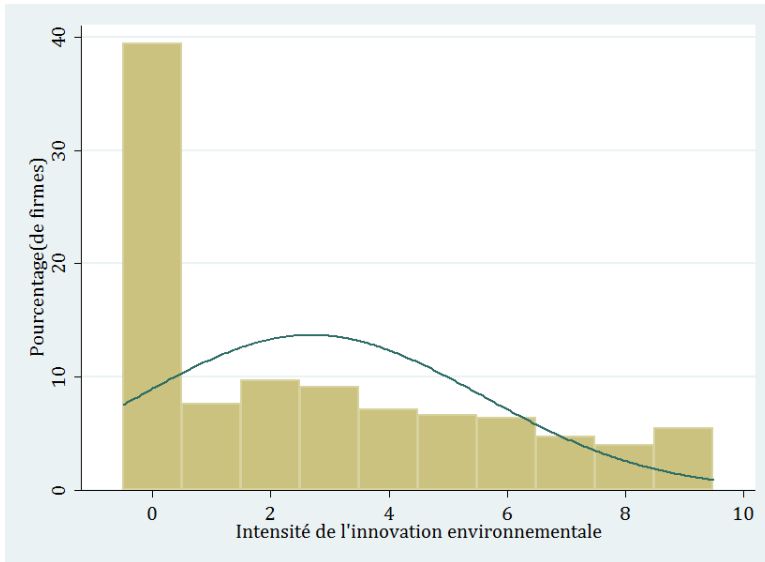
Agroalimentaire



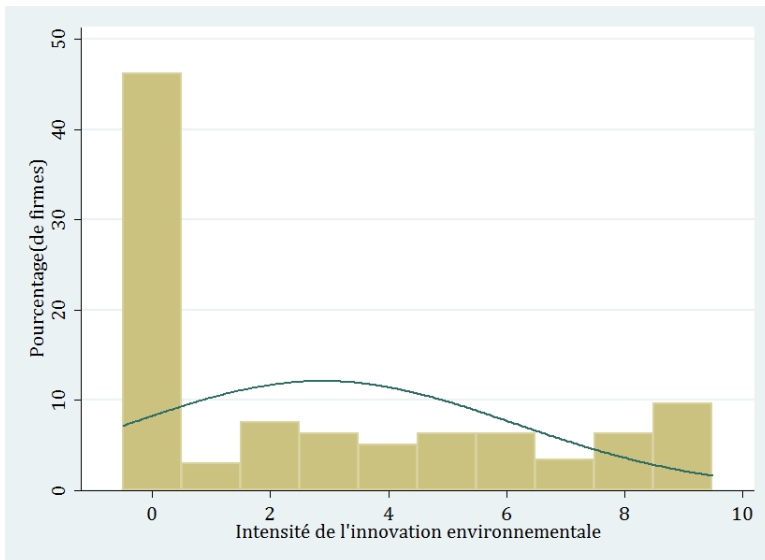
Biens de consommation



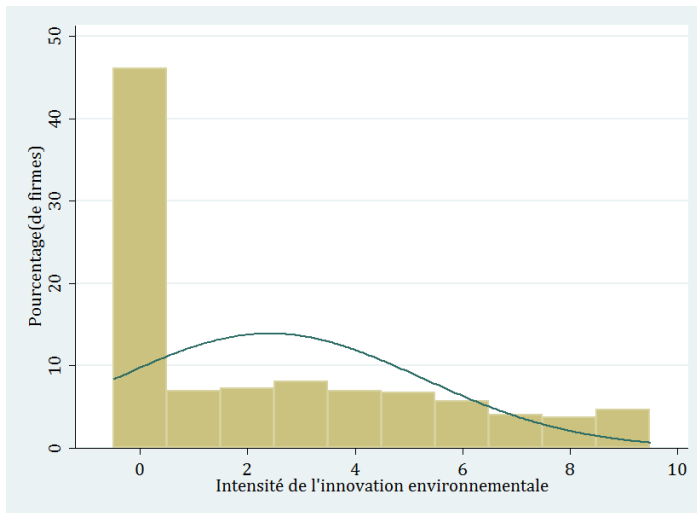
Biens d'équipement



Transports



Biens d'équipement



Conclusion générale

Le principal objet de cette thèse était de comprendre les déterminants de l'adoption des innovations environnementales par les firmes industrielles françaises. Plus précisément, nous avons exploré la façon dont ces innovations environnementales interagissent avec les changements organisationnels et les structures industrielles qui portent les firmes.

Notre contribution à la littérature économique a trait au fait que l'adoption de l'innovation environnementale, définie comme procédé, équipement, produit, technique ou système de gestion, nouveau ou amélioré, qui évite ou réduit l'impact environnemental, ne dépend pas seulement des stimuli réglementaires, des conditions d'offre et de demande, mais implique aussi des mécanismes de complémentarités intra-organisationnels et d'interaction avec les structures industrielles qui portent les firmes.

Cette thèse est structurée autour de quatre chapitres. Dans le premier chapitre, nous avons développé une revue de la littérature qui fonde l'analyse microéconomique de l'innovation environnementale et établi les principales propositions théoriques de la thèse. Les trois chapitres suivants ont visé à répondre à notre question de recherche et ces propositions théoriques. L'ensemble de ces chapitres a permis d'étayer notre proposition 4, qui soutenait que l'adoption d'innovations environnementales est un processus non linéaire et interactif, combinant éléments issus des caractéristiques internes des firmes et facteurs relatifs à leur environnement externe.

Le *chapitre I* s'est attaché, en premier lieu, à développer une revue de la littérature économique portant sur l'innovation environnementale. On a observé que l'innovation environnementale a été étudiée par deux branches de l'économie :

l'économie de l'environnement et l'économie de l'innovation. Les deux séries de travaux qui en sont issues ont mis en évidence plusieurs types de facteurs favorisant l'adoption d'innovations environnementales par les firmes. Les travaux des économistes de l'environnement, qui se sont structurés autour de l'étude de la validité de l'hypothèse de Porter, ont eu en commun de considérer implicitement la réglementation comme seul déterminant de l'innovation environnementale. Cette dimension réglementaire sera introduite ensuite dans le champ de l'économie de l'innovation par Rennings, par son triptyque de déterminants offre-demande-réglementation, qui va tendre à devenir le cadre analytique des travaux ultérieurs portés par l'économie de l'innovation s'intéressant aux déterminants de l'innovation environnementale. La deuxième partie du chapitre a eu pour but d'enrichir ce cadre conceptuel du triptyque en établissant des propositions théoriques qui insistent sur l'interaction des innovations environnementales avec les changements organisationnels à l'œuvre au sein des firmes et les structures industrielles qui les portent. Notre première proposition théorique a porté sur les mécanismes de complémentarités entre changements organisationnels et innovations environnementales. On a supposé que les processus d'innovations environnementales sont complémentaires avec une dynamique de changement organisationnel de nature planifiée, qui renvoie à la théorie de la supermodularité, ainsi qu'à des processus de changement organisationnel adaptatif, associés au développement de compétences organisationnelles relatives au développement d'innovations environnementales. Ensuite, notre seconde proposition est que l'adoption de l'innovation environnementale est spécifiée par l'importance des relations entre la firme et les différentes facettes de son environnement externe. On a alors approfondi le triptyque en prenant en compte les relations de la firme avec les différentes dimensions de son environnement : spatial, informationnel, marchand, sectoriel et réglementaire. Enfin, notre troisième proposition a insisté sur la diffusion de l'innovation environnementale. On a postulé que celle-ci est gouvernée par les mécanismes d'isomorphisme institutionnel suggérés par DiMaggio et Powell. Au-delà du mécanisme coercitif (mis en avant par les économistes de l'environnement) ayant trait à la pression réglementaire, il s'agissait d'avancer dans la prise en considération des processus normatifs et mimétiques qui favorisent la diffusion d'innovations environnementales parmi les firmes d'un même secteur.

Le *deuxième chapitre* a développé une première analyse empirique des déterminants microéconomiques de l'adoption de l'innovation environnementale. Ainsi, des hypothèses portant sur les facteurs provenant des caractéristiques internes des organisations et des différentes facettes de l'environnement externe des firmes ont été établies. Dans un premier temps, ces hypothèses ont été testées empiriquement sur les firmes industrielles françaises, sur la période 2006-2008. Plusieurs résultats importants issus de ce modèle général sont mis en évidence. D'un point de vue interne à l'organisation, les firmes éco-innovantes se caractérisent par une grande taille et une volonté de valoriser leur image de marque. L'influence du profil d'innovation de la firme se révèle être structurante : les innovations de produit radicales et les innovations de procédé apparaissent comme fortement associées à l'éco-innovation, ainsi que chacun des différents types de changement organisationnel (changement dans l'organisation du travail, de la production, des relations externes). On a aussi montré que les différentes dimensions de l'environnement externe ont une influence contrastée sur son comportement éco-innovateur. Ainsi, si la structure de marché n'a pas d'effet, la localisation de la firme et des marchés, ainsi que l'environnement sectoriel, influencent les processus d'innovations environnementales.

Dans une seconde étape, afin d'approfondir le cadre conceptuel du triptyque offre-demande-règlementation, on a étudié les déterminants de l'adoption de l'innovation environnementale selon l'orientation stratégique de la firme, i.e selon que son comportement éco-innovateur soit porté par des motifs d'offre, de demande ou réglementaires. Cette seconde étude a permis de mettre en lumière que les fondements microéconomiques de l'adoption des innovations environnementales diffèrent selon leur profil stratégique. Chaque type d'adoptant a des déterminants de l'éco-innovation spécifiques, en particulier au niveau de l'organisation de la firme et dans son rapport à son environnement externe.

Dans le *chapitre III*, on a montré, au-delà des déterminants microéconomiques, que l'innovation environnementale interagit avec l'organisation de la firme. Ce chapitre s'est principalement rapporté à notre première proposition théorique, en visant à approfondir la question des processus intra-organisationnels associés à l'adoption par

les firmes d'innovations environnementales. Dans un premier temps, notre objectif a été d'étudier les formes de complémentarités entre les différents types de changements dans l'organisation de la firme et l'adoption d'éco-innovations, grâce à l'enquête CIS 2008. Ce premier modèle général nous a permis de mettre en évidence le fait que les innovations environnementales se révèlent être plus complémentaires avec le changement organisationnel qu'avec le changement technique. Ensuite, nous avons alors pu étudier les complémentarités entre les différentes formes de changements organisationnels et les neuf différents types d'innovations environnementales, en fonction de l'appartenance sectorielle des firmes. Cette étude originale a permis de montrer que les processus d'éco-innovation s'appuient de manière différenciée sur les différentes formes de changements techniques et organisationnels, selon l'appartenance sectorielle de la firme et selon le type d'éco-innovation qu'elle met en œuvre.

La deuxième partie de ce chapitre a apporté un nouvel éclairage à la compréhension de la complémentarité entre changements organisationnels et innovations environnementales, par l'étude de l'adoption d'un Système de Management Environnemental. On a visé ainsi à mettre en évidence les interactions entre la mise en place d'un SME, considéré comme une innovation environnementale organisationnelle, et les modèles de de changements organisationnels qui lui sont associés. A cette fin, on s'est appuyé sur l'enquête COI-TIC 2006 (Changements Organisationnels et Informatisation), qui a permis de mettre plus précisément en évidence les changements des formes de gouvernance et d'organisation du travail associées à l'adoption d'un SME par les firmes, ainsi que la nature des changements inter-firmes associés à la mise en place d'un management vert. Nous avons montré que l'adoption d'un dispositif organisationnel environnemental affecte l'organisation du travail et les relations hiérarchiques au sein des firmes, en favorisant les groupes de travail horizontaux et en réduisant le nombre de niveaux hiérarchiques. La mise en place d'un SME, en tant qu'instrument de signal de la qualité environnementale de la firme auprès de ses *stakeholders*, a aussi un impact sur la localisation des activités et sur les relations inter-firmes. Les mécanismes informels, provenant de la filière et du secteur, se révèlent avoir une influence plus forte que les contraintes d'ordre contractuel dans le processus d'adoption et de diffusion du SME.

Dans le *chapitre IV*, nous avons cherché à étudier les processus d'imbrication entre les les comportements microéconomiques de développement d'innovations environnementales et les systèmes sectoriels d'innovation. En mobilisant les approches issues des travaux relatifs aux systèmes sectoriels d'innovation, le but était de mettre en lumière la dimension systémique des processus d'innovations environnementales. Nous avons montré que l'hétérogénéité des comportements en termes d'intensité de l'innovation environnementale réside dans les différentes combinaisons entre les types d'innovation et de changements organisationnels sur lesquels s'appuie l'éco-innovation, la nature des opportunités technologiques mobilisées pour innover et les conditions d'appropriabilité et de diffusion de l'innovation environnementale. Nous avons aussi mis en évidence, pour l'ensemble des firmes industrielles françaises, le rôle structurant des dispositifs informels dans la diffusion des éco-innovations au sein du secteur d'appartenance de la firme, traduisant des logiques mimétiques et normatives se révélant parfois être plus fortes que les logiques coercitives. Ce chapitre IV a apporté un éclairage important sur la proposition 3, qui postulait que les mécanismes qui gouvernent à l'isomorphisme institutionnel (coercitif, mimétique et normatif) ont une influence majeure dans les comportements éco-innovateur des firmes.

Ces résultats ne sont pas neutres en termes de politique publique. Ils incitent à prendre en compte non seulement les incitations pécuniaires et réglementaires mais aussi les processus de diffusion informels des connaissances et des pratiques. Par ailleurs, le renforcement et la redéfinition des incitations à l'innovation standard, qu'elle soit technique ou organisationnelle, constitue également un outil de politique publique favorable aux éco-innovations du fait des forts processus de complémentarité qu'ils recouvrent. A ces différents niveaux, se pose la question de la gestion de la double externalité, c'est-à-dire de la prise en compte de l'externalité environnementale induite par l'éco-innovation, et des différentes formes d'incitations à lui consacrer pour améliorer la performance environnementale de la firme.

Si le travail engagé dans cette thèse fournit des éléments de réponses théoriques et empiriques sur l'analyse de l'innovation environnementale, de ses liens avec les changements organisationnels et les structures industrielles, il fait apparaître des questions nouvelles et ouvre de nouvelles perspectives de recherche. Il s'agit d'établir ici des prolongements, au-delà de ceux proposés à l'issue de chaque chapitre.

La première piste de travail est celle d'une analyse plus approfondie des dynamiques d'innovations environnementales et des processus de diffusion de ces innovations. Cette analyse nécessiterait d'avoir accès à des informations plus qualitatives et portant sur une plus longue période. Ces informations permettraient d'identifier les trajectoires environnementales des firmes, les phénomènes de verrouillage et de dépendance au sentier ainsi que les freins institutionnels, techniques et organisationnels dans l'évolution des systèmes de production et de consommation existants. Il s'agirait d'étudier la nature des inerties, des déterminismes et de creuser les logiques institutionnelles qui gouvernent les processus de diffusion des innovations environnementales au sein du secteur. Les mécanismes coercitifs, normatifs et mimétiques sont en effet respectivement associés à des institutions règlementaires, normatives et cognitives. Une des perspectives de recherche future serait d'approfondir dans quelle mesure les processus d'innovations environnementales sont associés à des *institutions règlementaires* (règles explicites, réglementations..) qui sont des contraintes pour l'action et relèvent d'une logique instrumentale, ou impliquent-ils des *institutions normatives* (valeurs, normes sociales....), ou encore des *institutions cognitives* (systèmes de croyances, cartes mentales, représentations) ?

Une deuxième piste d'approfondissement réside dans l'étude de la relation entre la radicalité de l'innovation environnementale et la mutation des firmes et de leurs systèmes sectoriels d'innovation. Cette question de la radicalité de l'innovation environnementale, et des changements organisationnels profonds qu'elle peut générer,

participe à la discussion autour de la perspective faible ou forte de la soutenabilité. Elle renvoie plus fondamentalement à la question des changements, dans les modes de produire et de consommer, associés à une profonde transition écologique. Une telle transition peut impliquer de forts changements dans l'organisation interne des firmes, dans ses modes de coordination externes et, plus globalement, dans la structuration et le mode de régulation des systèmes sectoriels d'innovation.

Bibliographie

- Aggeri, F. (1999). Environmental policies and innovation: A knowledge-based perspective on cooperative approaches. *Research Policy*, 28, 699–717.
- Alberti, M., Caini, L., Calabrese, A., et Rossi, D. (2010). Evaluation of the costs and benefits of an environmental management system. *International Journal of Production Research*, 38(17), 4455–4466.
- Allen, R. (1968). *Macro-economic Theory: A Mathematical Treatment*. Ma, London.
- Ambec, S., et Barla, P. (2002). A theoretical foundation of the Porter hypothesis. *Economics Letter*, 75, 355–360.
- Ambec, S., et Barla, P. (2006). Can environmental regulations be good for business? An assessment of the Porter hypothesis. *Energy Studies Review*, 14(2).
- Ambec, S., Cohen, M. A., Elgie, S., et Lanoie, P. (2013). The Porter Hypothesis at 20: Can Environmental Regulation Enhance Innovation and Competitiveness? *Review of Environmental Economics and Policy*, 7(1), 2–22.
- Ambec, S., et Lanoie, P. (2008). Does it pay to be green? A systematic overview. *Academic Management Perspective*, 22(4), 45-62.
- Ángel del Brío, J., Junquera, B., et Ordiz, M. (2008). Human resources in advanced environmental approaches—a case analysis. *International Journal of Production Research*, 46(21), 6029–6053.
- Anton, W. R. Q., Deltas, G., et Khanna, M. (2004). Incentives for environmental self-regulation and implications for environmental performance. *Journal of Environmental Economics and Management*, 48(1), 632–654.
- Antonelli, C. (1999). The Evolution of the Industrial Organisation of the Production of Knowledge. *Cambridge Journal of Economics*, 23(2), 243–60.

- Antonioli, D., Mancinelli, S., et Mazzanti, M. (2013). Is environmental innovation embedded within high-performance organisational changes? The role of human resource management and complementarity in green business strategies. *Research Policy*, 42(4), 975–988.
- Antonioli, D., et Mazzanti, M. (2009). Techno-organisational strategies, environmental innovations and economic performances. Micro-evidence from an SME-based industrial district. *Journal of Innovation Economics*, 3, 145–168.
- Aoki, M. (1986). Horizontal vs. vertical information structure of the firm. *The American Economic Review*, 76(5), 971–983.
- Appold, S. (2005). Location Patterns of US Industrial Research: Mimetic Isomorphism and the Emergence of Geographic Charisma. *Regional Studies*, 39(1), 17–39.
- Aragon-Correa, J., et Sharma, S. (2003). A contingent resource-based view of proactive corporate environmental strategy. *Academy of Management Review*, 28(1), 71–88.
- Argyris, C., et Schön, D. A. (2002). *Apprentissage organisationnel: théorie, méthode, pratique*. De Boeck.
- Arimura, T., Hibiki, A., et Johnstone, N. (2007). An empirical study of environmental R&D: what encourages facilities to be environmentally innovative. In N. Johnstone (Ed.), *Corporate behaviour and environmental policy* (Cheltenham.). Edward Elgar in association with OECD.
- Arora, A. (1996). Testing for complementarities in reduced-form regressions: A note. *Economics Letters*, 50(1), 51–55.
- Arrow, K. (1962). Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention. *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, Harold M. Groves, Chairman, Universities-National Bureau Committee for Economic Research, 609–626.

- Arrow, K. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies*, 29, 155–173.
- Arrow, K. J., et Debreu, G. (1954). Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy. *Econometrica*, 22, 265.
- Arundel, A., et Kemp, R. (2009). Measuring eco-innovation. *United Nations University Working Paper*, (31), 1–40.
- Arundel, A., Kemp, R., et Parto, S. (2007). 21 Indicators for environmental innovation : What and How to measure. In *International handbook on environment and technology management* (pp. 324–339). Marinova D., Annandale D., Phillimore J., Edward Elgar, Cheltenham.
- Arvanitis, S., et Hollenstein, H. (1994). Demand And Supply Factors In Explaining The Innovative Activity Of Swiss Manufacturing Firms. *Economics of Innovation and New Technology*, 3(1), 15–30.
- Astebro, T. (2004). Key success factors for technological entrepreneurs R&D projects. *Engineering Management, IEEE Transactions*, 51(1), 314 – 321.
- Athey, S., et Stern, S. (1998). An empirical framework for testing theories about complementarity in organizational design. *Nber Working Paper Series*, 6600.
- Audretsch, D. B., et Feldman, M. P. (1996). R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production. *The American Economic Review*, 86, 630–640.
- Autant-Bernard, C., Billand, P., et Massard, N. (2010). “L’*économie industrielle depuis 30 ans : réalisations et perspectives*”. *Innovation et espace - des externalités aux réseaux. Revue D’économie Industrielle*, 129-130, 203–236.
- Autant-Bernard, C., Mangematin, V., et Massard, N. (2006). Creation of biotech SMEs in France. *Small Business Economics*, 26(2), 173–187.

- Avadikyan, A., Llerena, D., et Ostertag, K. (2001). Organizational mechanisms in environmental management : an evolutionary analysis confronted with empirical facts. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 1, 45–60.
- Balland, P.-A., De Vaan, M., et Boschma, R. (2013). The dynamics of interfirm networks along the industry life cycle: The case of the global video game industry, 1987-2007. *Journal of Economic Geography*, 13(5), 741–765.
- Banerjee, S., Iyer, B., et Kashyap, R. K. (2003). Corporate Environmentalism: Antecedents and Influence of Industry Type. *Journal of Marketing*, 67, 106–122.
- Bansal, P., et Bogner, W. C. (2002). Deciding on ISO 14001: Economics, Institutions, and Context. *Long Range Planning*, 35(3), 269–290.
- Bansal, P., et 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.
- Bansal, P., et Hunter, T. (2003). Strategic Explanations for the Early Adoption of ISO 14001. *Journal of Business Ethics*, 46(3), 289–299.
- Battisti, G., et Stoneman, P. (2003). Inter- and intra-firm effects in the diffusion of new process technology. *Research Policy*, 32(9), 1641–1655.
- Baumol, W., et Oates, W. (1988). *The theory of environmental policy*. Cambridge University Press.
- Bazillier, R., et Vauday, J. (2009). Greenwashing and CSR. In *Corporate Social Responsibility: from compliance to opportunity*. P. Crifo et J. P. Ponsard (Eds.) Editions de l'Ecole Polytechnique.

- Becker, M., Lazaric, N., Nelson, R. R., et Winter, S. (2005). Applying organizational routines in understanding organizational change. *Industrial and Corporate Change*, 14(5), 775–791.
- Becker, W., et Peters, J. (2000). University knowledge and innovation activities. In P. Saviotti, Nooteboom, B. (Eds.), Cheltenham, Northampton, *Technology and knowledge: from the firm to innovation systems*, 80–117.
- Beise, M., et Rennings, K. (2005). Lead markets and regulation: a framework for analyzing the international diffusion of environmental innovations. *Ecological Economics*, 52(1), 5–17.
- Belin, J., Horbach, J., et Oltra, V. (2009). Determinants and specificities of eco-innovations – An econometric analysis for France and Germany based on Community Innovation Survey. *Working Paper DIME*, (DIME Workshop on Environmental Innovation, industrial dynamics and entrepreneurship).
- Benghozi, P. (2001). Relations interentreprises et nouveaux modèles d'affaires. *Revue Économique*, 52(7), 165–190.
- Berrone, P., Fosfuri, A., Gelabert, L., et Gomez-Mejia, L. (2013). Necessity as the mother of “green” inventions: Institutional pressures and environmental innovations. *Strategic Management Journal*, 909, 891–909.
- Bikhchandani, S., Hirshleifer, D., et Welch, I. (1998). Learning from the Behavior of Others : Conformity, Fads, and Informational Cascades. *The Journal of Economic Perspectives*, 12(3), 151–170.
- Bloom, N., Genakos, C., Martin, R., et Sadun, R. (2010). Modern management : good for the environment or just hot air? *The Economic Journal*, 120, 551–572.

- Bocquet, R. et Brossard, O. (2008), Adoption des TIC, proximité et diffusion localisée des connaissances, *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, 3, 411-446.
- Bocquet, R., Brossard, O., et Sabatier, M. (2007). Complementarities in organizational design and the diffusion of information technologies : An empirical analysis. *Research Policy*, 36(3), 367–386.
- Boiral, O. (2007). Corporate Greening Through ISO 14001: A Rational Myth? *Organization Science*, 18(1), 127–146.
- Boiral, O., et Sala, J. (1998). Environmental management: should industry adopt ISO 14001? *Business Horizons*, 41(1), 57–64.
- Boltanski, L., et Thévenot, L. (1991). *De la justification. Les économies de la grandeur*. Paris, Gallimard.
- Bolton, P., et Dewatripont, M. (1994). The firm as a communication network. *The Quarterly Journal of Economics*, 109(4), 809–839.
- Bontems, P., et Rotillon, G. (2007). *L'économie de l'environnement*. La Découverte.
- Bound, J., Cummins, C., Griliches, Z., H. Hall, B., et Jaffe, A. (1984). What does R&D and who patents? *Nber Working Paper Series*, 908, 21–54.
- Bracke, R., Verbeke, T., et Dejonckheere, V. (2008). What Determines the Decision to Implement EMAS? A European Firm Level Study. *Environmental and Resource Economics*, 41(4), 499–518.
- Breschi, S., et Lissoni, F. (2001). Knowledge spillovers and local innovation systems: a critical survey. *Industrial and Corporate Change*, 10(4), 975–1005.
- Breschi, S., Malerba, F., et Orsenigo, L. (2000). Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities. *The Economic Journal*, 110, 388–410.

- Bresnahan, T., Brynjolfsson, E., et Hitt, L. (2002). Information technology, workplace organization, and the demand for skilled labor: Firm-level evidence. *The Quarterly Journal of Economics*, 117(1), 339–376.
- Brouillat, E., et Oltra, V. (2012). Extended producer responsibility instruments and innovation in eco-design: An exploration through a simulation model. *Ecological Economics*, 83, 236–245.
- Brunnermeier, S., et Cohen, M. (2003). The Determinants of Environmental Innovation in US Manufacturing Industries. *Journal of Environmental Economics and Management*, 45, 278–293.
- Brynjolfsson, E., et Hitt, L. (2000). Beyond computation: Information technology, organizational transformation and business performance. *The Journal of Economic Perspectives*, 14(4), 23–48.
- Cainelli, G., Mazzanti, M., et Montresor, S. (2012). Environmental Innovations, Local Networks and Internationalization. *Industry and Innovation*, 19(8), 697–734.
- Callon, M., Lascoumes, P., et Barthe, Y. (2001). *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*. Paris, Le Seuil.
- Cañón-de-Francia, J., et Garcés-Ayerbe, C. (2009). ISO 14001 Environmental Certification: A Sign Valued by the Market? *Environmental and Resource Economics*, 44(2), 245–262.
- Cappelli, R., Czarnitzki, D., et Kraft, K. (2014). Sources of spillovers for imitation and innovation. *Research Policy*, 43(1), 115–120.
- Capron, M., et Quairel-Lanoizelée. (2010). *La responsabilité sociale d'entreprise*. La Découverte.

- Caroli, E., et Van Reenen, J. (2001). Skill-biased organizational change? Evidence from a panel of British and French establishments. *The Quarterly Journal of Economics*, 116(4), 1449–1492.
- Cassiman, B., et Veugelers, R. (2002). R&D cooperation and spillovers: some empirical evidence from Belgium. *The American Economic Review*, 92(4), 1169–1184.
- 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.
- Caswell, J. A., Bredahl, M. E., et Hooker, N. H. (1998). How quality management metasystems are affecting the food industry. *Review of Agricultural Economics*, 20(2), 547–557.
- Cazals, C. (2009). Qualités et innovations environnementales dans la viticulture et l'arboriculture fruitière : l'apport des mondes de production. *Revue D'économie Industrielle*, 126, 31–52.
- Chandler, A. D. (1962). *Strategy and Structure. Chapters in the History of the Industrial Enterprise. Chapters in the history of the industrial enterprise* (Vol. 4). MIT Press.
- Chen, Y.-S., et Chang, C.-H. (2013). The Determinants of Green Product Development Performance: Green Dynamic Capabilities, Green Transformational Leadership, and Green Creativity. *Journal of Business Ethics*, 116(1), 107–119.
- Chesbrough, H. (2006). Open Innovation : A New Paradigm for Understanding Industrial Innovation. In *Open Innovation: Researching a New Paradigm*. Chesbrough H., Vanhaverbeke W. et West J., (eds) Oxford University Press, 1-12.
- Chesbrough, H. W. (2003). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. *Harvard business review* (Vol. 81). Harvard Business Press.

- Chin, K., et Pun, K. (1999). Factors influencing ISO 14000 implementation in printed circuit board manufacturing industry in Hong Kong. *Journal of Environmental Planning and Management*, 42(1), 123–134.
- Coase, R. H. (1960). The Problem of Social Cost. *The Journal of Law and Economics*, 3, 1–44.
- Cohen, W., Levin, R., et Mowery, D. (1987). Firm Size and R&D Intensity: A Re-Examination. *The Journal of Industrial Economics*, 35, 543–565.
- Cohen, W., et Levinthal, D. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128–152.
- Cohen, W. M. (2010). Fifty years of empirical studies of innovative activity. In *Handbook of the Economics of Innovation, Volume 1* (1st ed., Vol. 01). Elsevier B.V, 129–213.
- Cohen, W. M., et Klepper, S. (1996). A Reprise of Size and R&D. *The Economic Journal*, 106, 925–951.
- Cohendet, P., et Llerena, P. (1999). La conception de la firme comme processeur de connaissances. *Revue D'économie Industrielle*, 88(1), 211–235.
- Cohendet, P., et Llerena, P. (2003). Routines and incentives : the role of communities in the firm. *Industrial and Corporate Change*, 12(2), 271–297.
- Commission Européenne. (2011). *Feuille de route pour une Europe efficace dans l'utilisation des ressources*_ Communication de la commission au parlement européen, au conseil, au comité économique et social européen et au comité des régions.
- Conceição, P., Heitor, M. V., et Vieira, P. S. (2006). Are environmental concerns drivers of innovation? Interpreting Portuguese innovation data to foster

- environmental foresight. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(3), 266–276.
- Cornes, R., et Sandler, T. (1986). *The Theory of Externalities, Public Goods, and Club Goods*. Cambridge University Press.
- Costantini, V., et Crespi, F. (2008). Environmental regulation and the export dynamics of energy technologies. *Ecological Economics*, 66(2-3), 447–460.
- Costantini, V., et Mazzanti, M. (2012). On the green and innovative side of trade competitiveness? The impact of environmental policies and innovation on EU exports. *Research Policy*, 41(1), 132–153.
- Costantini, V., Mazzanti, M., et Montini, A. (2011). Environmental performance, innovation and regional spillovers. *Quaderno DEIT n.3*.
- Cowan, R., David, P., et Foray, D. (2000). The Explicit Economics of Knowledge Codification and Tacitness. *Industrial and Corporate Change*, 9(2), 211–253.
- Cowan, R., Jonard, N., et Zimmermann, J.-B. (2006). Evolving networks of inventors. *Journal of Evolutionary Economics*, 16(1-2), 155–174.
- Crespo, J. (2011). How Emergence Conditions of Technological Clusters Affect Their Viability? Theoretical Perspectives on Cluster Life Cycles. *European Planning Studies*, 19, 2025–2046.
- Cristini, A., Gaj, A., Labory, S., et Leoni, R. (2003). Hierarchical Structure, Bundles of New Work Practices and Firm Performance. *Rivista Italiana Degli Economisti*, 8(2).
- Cuerva, M. C., Triguero-Cano, Á., et Córcoles, D. (2014). Drivers of green and non-green innovation: empirical evidence in Low-Tech SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 68, 104–113.

- Cyert, R., et March, J. (1963). A behavioral theory of the firm. *Prentice-Hall*.
- Dalla Pria, Y., et 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 Sadorsky, P. (2010). Adopting Proactive Environmental Strategy: The Influence of Stakeholders and Firm Size. *Journal of Management Studies*, 47(6), 1072–1094.
- David, P. (1991). *Behind the Diffusion Curve*. Westview Press, Oxford.
- De Marchi, V. (2012). Environmental innovation and R&D cooperation : empirical evidence from Spanish. *Research Policy*, 41(3), 614–623.
- De Vries, F. P., et Withagen, C. (2005). Innovation and Environmental Stringency: The Case of Sulfur Dioxide Abatement. *Discussion Papers/CentER for Economic Research, Tilburg University*, 1–34.
- Debreu, G. (1959). Theory of Value: An Axiomatic Analysis of Economic Equilibrium. *Southern Economic Journal*. New Haven: Yale University Press.
- Delmas, M. (2002). The diffusion of environmental management standards in Europe and in the United States: An institutional perspective. *Policy Sciences*, 35, 91–120.
- Delmas, M., et Pekovic, S. (2013). Environmental standards and labor productivity: Understanding the mechanisms that sustain sustainability. *Journal of Organizational Behavior*, 34(2), 230–252.
- Delmas, M., et Toffel, M. (2004). Stakeholders and environmental management practices: an institutional framework. *Business Strategy and the Environment*, 13, 209–222.
- Delmas, M., et Toffel, M. (2008). Organizational responses to environmental demands: Opening the black box. *Strategic Management Journal*, 29, 1027–1055.

- Del Rio Gonzalez, P. (2005). Analysing the factors influencing clean technology adoption : a study of the spanish pulp and paper industry. *Business Strategy and the Environment*, 14, 20–37.
- Demirel, P., et Kesidou, E. (2011). Stimulating different types of eco-innovation in the UK : governments policies and firm motivations. *Ecological Economics*, 70(8), 1546–1557.
- Desrochers, P. (2008). Did the Invisible Hand Need a Regulatory Glove to Develop a Green Thumb? Some Historical Perspective on Market Incentives, Win-Win Innovations and the Porter Hypothesis. *Environmental and Resource Economics*, 41(4), 519–539.
- 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.
- Doran, J., et Ryan, G. (2014). The Importance of the Diverse Drivers and Types of Environmental Innovation for Firm Performance. *Business Strategy and the Environment*, on press.
- Dosi, G. (1988). Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation. *Journal of Economic Literature*, 26(3), 1120–1171.
- Dosi, G., Malerba, F., Ramello, G. B., et Silva, F. (2006). Information, appropriability, and the generation of innovative knowledge four decades after Arrow and Nelson: an introduction. *Industrial and Corporate Change*, 15(6), 891–901.
- Dosi, G., et 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., et Marengo, L. (2007). Perspective—On the Evolutionary and Behavioral Theories of Organizations: A Tentative Roadmap. *Organization Science*, 18(3), 491–502.
- Dosi, G., Teece, D., et Winter, S. (1990). Les frontières des entreprises : vers une théorie de la cohérence de la grande entreprise. *Revue D'économie Industrielle*, 51, 238–254.
- Edquist, C. (1997). *Systems of innovation*. Frances Pinter, Ed. London.
- EEA. (2013). *Towards a green economy in Europe*. EEA Report No 8/2013.
- Ellerman, D. (2007). Are cap-and-trade programs more environmentally effective than conventional regulation. In J. Freeman et C. Kolstad (Eds.), *Moving to markets in environmental regulation*. Oxford University Press, 48-62.
- Faucheux, S., et Froger, G. (1995). Decision-making under environmental uncertainty. *Ecological Economics*, 15(1), 29–42.
- Faucheux, S., et Nicolai, I. (1998). Les firmes face au développement soutenable : changement technologique et gouvernance au sein de la dynamique industrielle. *Revue D'économie Industrielle*, 83, 127–146.
- Feldman, D., et Audretsch, M. (1999). Innovation in cities: Science-based diversity, specialization and localized competition. *European Economic Review*, 43(2), 409–429.
- Feng, T., Zhao, G., et Su, K. (2014). The fit between environmental management systems and organisational learning orientation. *International Journal of Production Research*, 52(10), 2901–2914.
- Fernández, E., Junquera, B., et Ordiz, M. (2003). Organizational culture and human resources in the environmental issue: a review of the literature. *The International Journal of Human Resource Management*, 14(4), 634–656.

- Ferru M., Dépret MH., Guimond B., Libérat N. (2013). Environmental Innovations, Partnership strategies and Governance : A study case of Poitou-Charentes firms, *Ecological Economics and Institutional Dynamics, 10th biennial conference of the European Society for Ecological Economics*, 18-21 Juin, Lille.
- Fischer, M. M. (2001). Innovation, knowledge creation and systems of innovation. *The Annals of Regional Science*, 35, 199–216.
- Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance*. Pinter, London.
- Freeman, E. (1984). *Strategic management : a stakeholder approach*. Pitnam.
- Freeman, J., et Kolstad, C. (2006). Prescriptive environmental regulations versus market-based incentives. In J. Freeman et C. Kolstad (Eds.), *Moving to Markets in Environmental Regulation: Lessons from Twenty Years of Experience: Lessons from Twenty Years of Experience*. Oxford University Press.
- Frondel, M., Horbach, J., et Rennings, K. (2007). End-of-Pipe or cleaner production? An empirical comparison of environmental innovation decisions across OECD countries. *Business Strategy and the Environment*, 16, 571–584.
- Fudenberg, D., et Tirole, J. (1985). Preemption and Rent Equalization in the Adoption of New Technology, *The Review of Economic Studies*, 52(3), 383–401.
- Gaglio, G., Lauriol, J., et du Tertre, C. (2011). *L'économie de la fonctionnalité : une voie nouvelle vers un développement: durable ?*. Octarès Editions.
- Gale, H. F. (1998). Rural manufacturing on the crest of the wave: A count data analysis of technology use. *American Journal of Agricultural Economics*, 80, 347–359.
- Galia, F., et Legros, D. (2004). Complementarities between obstacles to innovation: evidence from France. *Research Policy*, 33(8), 1185–1199.

- Galizzi, G., et Venturini, L. (2008). Nature and Determinants of Product Innovation in a Competitive Environment of Changing Vertical Relationships. In *Handbook of Innovation of the Food and Drink Industry*, R. Rama (ed). 51–79.
- Gallaud, D., Martin, M., Reboud, S., et Tanguy, C. (2012). la relation entre innovation environnementale et réglementation : une application au secteur agroalimentaire français. *Journal of Innovation Economics*, 37(1), 155–175.
- Galliano, D., Magrini, M., et Garedew, L. (2011). Les déterminants organisationnels de l'innovation-produit : Les spécificités des firmes agro-alimentaires françaises. In *L'innovation dans les entreprises : moteurs, moyens et enjeux*. Collection Références, Ministère de l'Economie des Finances et de l'Industrie.
- Galliano, D., Magrini, M.B., et Triboulet, P. (2013). Performance à l'innovation, taille et environnement spatial: Le cas des firmes agroalimentaires. *Economies et Sociétés*, 47, 2033–2056.
- Galliano, D., Magrini, M.B., Triboulet, P., (2014). Marshall's vs Jacobs' externalities in firm innovation performance : The case of the French industry, à paraître in *Regional studies*.
- Galliano, D., et 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. et Nadel, S. (2014a). « Les Systèmes Sectoriels de l'Innovation-Produit : une approche comparative des cinq grands secteurs de l'industrie française ». in *Principes d'économie de l'innovation*, S. Boutillier, J. Forest, D. Gallaud, B. Laperche, C. Tanguy, L. Temri (dir), Peter Lang, Bruxelles.
- Galliano, D. et Nadel, S. (2014b). Firm's eco-innovation intensity and Sectoral System of Innovation : the case of French industry, *European Network on the Economics of Firm annual meeting*, Manchester, 11-12 septembre.

- Galliano, D., et Orozco, L. (2013). New Technologies and Firm Organization : The Case of Electronic Traceability Systems in French Agribusiness. *Industry and Innovation*, 20(1), 22–47.
- Galliano, D., et Roux, P. (2006). Les inégalités spatiales dans l’usage des TIC : Le cas des firmes industrielles françaises. *Revue Économique*, 57(6), 1449–1475.
- Garicano, L. (2000). Hierarchies and the Organization of Knowledge in Production. *Journal of Political Economy*, 108(5), 874–904.
- Garicano, L., et Wu, Y. (2012). Knowledge, communication, and organizational capabilities. *Organization Science*, 23(5), 1382–1397.
- Geffen, C. A., et Rothenberg, S. (2005). Suppliers and environmental innovation : the automotive paint process. *International Journal of Operations and Production Management*, 20(2), 166–186.
- Geroski, P. A. (2000). Models of Technology Diffusion. *Research Policy*, 29(4-5), 603–625.
- Gilli, M., Mancinelli, S., et Mazzanti, M. (2014). Innovation complementarity and environmental productivity effects: Reality or delusion? Evidence from the EU. *Ecological Economics*, 103, 56–67.
- Godard, O. (1990). Environnement, modes de coordination et systèmes de légitimité : analyse de la catégorie de patrimoine naturel. *Revue Économique*, 41(2), 215–242.
- Godard, O. (1993). Du développement durable au principe de précaution. *Réalités Industrielles, Une Série Des Annales Des Mines, Novembre, novembre*, 19–21.
- Godard, O., et Salles, J.-M. (1991). Entre nature et société : les jeux de l’irréversibilité dans la construction économique et sociale du champ de l’environnement. In *Les figures de l’irréversibilité en économie*. Paris, Éditions de l’École des hautes études en sciences sociales, 233-272.

- Goulder, L. H., et Parry, I. W. H. (2008). Instrument Choice in Environmental Policy. *Review of Environmental Economics and Policy*, 2, 152–174.
- Greaker, M. (2006). Spillovers in the development of new pollution abatement technology : a new look at the Porter-hypothesis. *Journal of Environmental Economics and Management*, 52(1), p.411–420.
- Greenan, N. (2003). Organisational change, technology, employment and skills: an empirical study of French manufacturing. *Cambridge Journal of Economics*, 27(2), 287–316.
- Greenan, N., et Mairesse, J. (2006). Les changements organisationnels, l'informatisation des entreprises et le travail des salariés. *Revue Économique*, 57(6), 1137–1175.
- Greene, W. H. (2003). *Econometric Analysis. Journal of the American Statistical Association* (Vol. 97). Prentice Hall.
- Griliches, Z. (1957). Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change. *Econometrica*, 25, 501–522.
- Grolleau, G., Mzoughi, N., et Thomas, A. (2007). What drives agrifood firms to register for an Environmental Management System? *European Review of Agricultural Economics*, 34(2), 233–255.
- Grossman, G. M., et Helpman, E. (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy. booksgooglecom* (Vol. 124). MIT press.
- Hagedoorn, J. (2002). Inter-firm R&D partnerships: an overview of major trends and patterns since 1960. *Research Policy*, 31(4), 477–492.
- Hahn, F. (1984). General equilibrium theory. In *Equilibrium and macroeconomics*. Oxford: Basil Blackwel, 11-133.

- Harrington, D., Khanna, M., et Delta, G. (2008). Striving to be green: the adoption of total quality environmental management. *Applied Economics*, 40(23), 2995–3007.
- Hart, S. (1995). A natural-resource-based view of the firm. *Academy of Management Review*, 20(4), 986–1014.
- Heckman, J. (1979). Sample selection bias as a specification error. *Econometrica*, 47(1), 153–162.
- Hemmelskamp, J. (2000). Environmental taxes and standards : an empirical analysis of the impact of the innovation. In J. Hemmelskamp, K. Rennings et F. Leone (eds.), *Innovation oriented environmental regulation*. Heidelberg/New York : Physica-Verlag.
- Hicks, J. (1932). *The theory of wages*. London: MacMillan.
- Hodgson, G., et Knudsen, T. (2007). Firm-specific Learning and the Nature of the Firm. *Revue Économique*, 58(2), 331–350.
- Hoffman, A. J. (2001). Linking Organizational and Field-Level Analyses: The Diffusion of Corporate Environmental Practice. *Organization and Environment*, 14(2), 133–156.
- Hollenstein, H. (2004). Determinants of the adoption of Information and Communication Technologies (ICT): An empirical analysis based on firm-level data for the Swiss business sector. *Structural Change and Economic Dynamics*, 15(3), 315–342.
- Horbach, J. (2008). Determinants of Environmental Innovations, New Evidence From German Panel Data Sources. *Research Policy*, 37(1), 163–173.
- Horbach, J., Oltra, V., et Belin, J. (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. *Industry and Innovation*, 20(6), 523–543.
- Horbach, J., Rammer, C., et Rennings, K. (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.
- Hottenröt, H., Rexhäuser, S., et Veugelers, R. (2014). Green innovations and organizational change: Making better use of environmental technology. *Zew Discussion Paper, No. 12-043*.
- Huet, F., et Lazaric, N. (2008). Capacités d'absorption et d'interaction : une étude de la coopération dans les PME françaises. *Revue D'économie Industrielle*, 121, 65–84.
- Iyer, G., Hultman, N., Eom, J., McJeon, H., Patel, P., et Clarke, L. (2013). Diffusion of low-carbon technologies and the feasibility of long-term climate targets. *Technological Forecasting and Social Change, in press*.
- Jacobs, J. (1969). *The economy of cities*. New York: Random House.
- Jaffe, A. (1986). Technological opportunity and spillovers of R&D: evidence from firms' patents, profits and market value. *Nber Working Paper Series*, 76(5), 984–1001.
- Jaffe, A. B., Newell, R. G., et Stavins, R. N. (2005). A tale of two market failures: Technology and environmental policy. *Ecological Economics*, 54(2-3), 164–174.
- Jaffe, A. B., et Stavins, R. N. (1995). Dynamic Incentives of Environmental Regulations: The Effects of Alternative Policy Instruments on Technology Diffusion. *Journal of Environmental Economics and Management*, 29(3), S43–S63.
- Jaffe, A., Newell, R., et Stavins, R. (2002). Environmental policy and technological change. *Environmental and Resource Economics*, 22, 41–69.

- Jaffe, A., et Palmer, K. (1997). Environmental regulation and innovation : a panel data study. *Review of Economics and Statistics*, 79(4), 610–619.
- Jaffe, A., Trajtenberg, M., et Henderson, R. (1992). Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations. *Nber Working Paper Series*, 108(3), 577–598.
- Jiang, R. J., et Bansal, P. (2003). Seeing the Need for ISO 14001. *Journal of Management Studies*, 40(4), 1047–1067.
- Johnstone, N., Haščič, I., et Popp, D. (2009). Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts. *Environmental and Resource Economics*, 45(1), 133–155.
- Johnstone, N., et Labonne, J. (2009). Why do manufacturing facilities introduce environmental management systems? Improving and/or signaling performance. *Ecological Economics*, 68(3), 719–730.
- Kammerer, D. (2009). The effects of customer benefit and regulation on environmental product innovation. Empirical evidence from appliance manufacturers in Germany. *Ecological Economics*, 68(8-9), 2285–2295.
- Karshenas, M., et Stoneman, P. (1993). Rank, Stock, Order, and Epidemic Effects in the Diffusion of New Process Technologies: An Empirical Model. *RAND Journal of Economics, The RAND Corporation*, 24(4), 503–528.
- Kechidi, M., et Labrousche, G. (2013). L'innovation ouverte comme capacité dynamique relationnelle. Une référence au groupe Sanofi. *XXIIIe Conférence de l'AIMS, Clermont-Ferrand, France, 10-12 Mai*.
- Kemp, R., et Pearson, P. (2007). Final report MEI project about measuring eco-innovation. *UM Merit, Maastricht*.

- Kemp, R., et Volpi, M. (2008). The diffusion of clean technologies: A review with suggestions for future diffusion analysis. *Journal of Cleaner Production*, 16(1), 14–21.
- Kephaliacos, C., et Grimal, L. (2000). Internalization of external effects versus decrease of externalities: From end of pipe technologies to cleaner technologies. *International Journal of Sustainable Development*, 3(3).
- Kern, K., Jorgens, H., et Janicke, M. (2005). The Diffusion of Environmental Policy Innovations: A Contribution to the Globalisation of Environmental Policy. *WZB Discussion Papers, Research Unit: Standard-Setting and Environment*, 01-302.
- Khanna, M., Deltas, G., et Harrington, D. R. (2009). Adoption of pollution prevention techniques : the role of management systems and regulatory pressures. *Environmental and Resource Economics*, 44(1), 85–106.
- Klevatorick, A., Nelson, R., et Winter, S. (1995). On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities. *Research Policy*, 24, 185–205.
- Koberg, C. S., Detienne, D. R., et Heppard, K. A. (2003). An empirical test of environmental, organizational, and process factors affecting incremental and radical innovation. *The Journal of High Technology Management Research*, 14(1), 21–45.
- Kollman, K., et Prakash, A. (2001). Green by choice ? Firms' Responses Environmental Variations in to EMS-Based Regimes. *World Politics*, 53(3), 399–430.
- Lafaye, C., Moody, M., et Thevenot, L. (2000). Forms of Valuing Nature: Arguments and Modes of Justification in French and American Environmental Disputes. In *Comparing Cultures and Politics : Repertoires of Evaluation in France and the United States*. In Lamont M. et Thévenot L. (eds.). Cambridge University Press, 229-272.

- Lafaye, C., et Thévenot, L. (1993). Une justification écologique?: Conflits dans l'aménagement de la nature. *Revue Française de Sociologie*, 34(4), 495-524.
- Lam, A. (2000). Tacit Knowledge, Organizational Learning and Societal Institutions: An Integrated Framework. *Organization Studies*, 21(3), 487-513.
- Lam, A. (2005). Organizational innovation. In *The Oxford handbook of innovation* Fagerberg, J., Mowery, D. et Richard, N. (Eds.). Oxford University Press, 115-147.
- Langlois, R., et Garrouste, P. (1997). Cognition, Redundancy, And Learning In Organizations. *Economics of Innovation and New Technology*, 4(4), 287-300.
- Lanjouw, J. O., et Mody, A. (1996). Innovation and the international diffusion of environmentally responsive technology. *Research Policy*, 25(4), 549-571.
- Laursen, K., et Mahnke, V. (2001). Knowledge strategies, firm types, and complementarity in human-resource practices. *Journal of Management and Governance*, 5, 1-27.
- Laursen, K., et Salter, A. (2006). Open for innovation: the role of openness in explaining innovation performance among U.K. manufacturing firms. *Strategic Management Journal*, 27(2), 131-150.
- Lazaric, N. (2011). Organizational Routines and Cognition: Introduction to the Special Issue on Routines. *Journal of Institutional Economics*, 7(2), 147-156.
- Lee, J., Veloso, F. M., et Hounshell, D. a. (2011). Linking induced technological change, and environmental regulation: Evidence from patenting in the U.S. auto industry. *Research Policy*, 40(9), 1240-1252.
- Lelong, B., et Gayoso, É. (2010). Innovation avec l'utilisateur et plateformes collaboratives. *Réseaux*, 164(6), 97-126.

- Levy, D., et Rothenberg, S. (2002). Heterogeneity and change in environmental strategy: technological and political responses to climate change in the global automobile industry. In *Organizations, Policy and the Natural Environment: Institutional and Strategic Perspectives*. A. Hoffman. and M. Ventresca (Eds.), Stanford University Press, 173-193.
- Lhuillery, S., et Pfister, E. (2009). R&D cooperation and failures in innovation projects: Empirical evidence from French CIS data. *Research Policy*, 38(1), 45–57.
- Llerena, D. (1999). Integration of environmental issues in the firm: learning processes and coordination. *International Journal of Sustainable Development*, 2(2), 263–282.
- Llerena, P., et Oltra, V. (2002). Diversité des processus d'apprentissage et efficacité dynamique des structures industrielles. *Revue D'économie Industrielle*, 98, 95–120.
- Lundvall, B.-A. (1992). *National systems of innovation*. Pinter Publishers, London.
- Maillefert, M., et Robert, I. (2014). Écologie industrielle, économie de la fonctionnalité, entreprises et territoires : vers de nouveaux modèles productifs et organisationnels ? *Développement Durable et Territoires*, 5(1), 1–5.
- Mairesse, J., et Mohnen, P. (2002). Accounting for innovation and measuring innovativeness: an illustrative framework and an application. *The American Economic Review*, 92(2), 226–230.
- Mairesse, J., et Mohnen, P. (2010). Using innovation surveys for econometric analysis. In *Handbook of the Economics of Innovation*. Bronwyn H. Hall and Nathan Rosenberg (eds), 1130–1155.
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31, 247–264.

- Malerba, F. (2005a). Sectoral systems : How and why innovation differs across sectors. In *The Oxford Handbook of Innovation*. Fagerberg, J., Mowery, D. et Richard, N. (Eds.). Oxford University Press, 380–406.
- Malerba, F. (2005b). 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.
- Malerba, F., et Orsenigo, L. (1993). Technological regimes and firm behavior. *Industrial and Corporate Change*, 2(1), 45–74.
- Malerba, F., et Orsenigo, L. (1996). Schumpeterian patterns of innovation are technology-specific. *Research Policy*, 25(3), 451–478.
- Malmberg, A., Malmberg, B., et Lundequist, P. (2000). Agglomeration and firm performance: economies of scale, localisation, and urbanisation among Swedish export firms. *Environment and Planning A*, 32(2), 305–321.
- Mansfield, E. (1961). Technical Change and the Rate of Imitation. *Econometrica*, 29(4), 741–766.
- Mansfield, E. (1968). *Industrial research and technological innovation : an econometric analysis*. Norton, New York.
- Marcus, A., et 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.
- Marcus, A., et Geffen, D. (1998). The dialectics of competency acquisition: Pollution prevention in electric generation. *Strategic Management Journal*, 19, 1145–1168.
- Marin, G., et Mazzanti, M. (2013). The evolution of environmental and labor productivity dynamics. *Journal of Evolutionary Economics*, 23(2), 357–399.

- Marshall, A. (1890). *Principles of economics*. ed Macmillan.
- Martin, M., Tanguy, C., et Albert, P. (2006). Capacité d'innovation des entreprises agroalimentaires et insertion dans les réseaux : le rôle de la proximité organisationnelle. *Économie Rurale*, 292, 35–49.
- Martin, R., Muûls, M., de Preux, L. B., et Wagner, U. J. (2012). Anatomy of a paradox: Management practices, organizational structure and energy efficiency. *Journal of Environmental Economics and Management*, 63(2), 208–223.
- Mazzanti, M., Antonioli, D., Nicolli, F., et Gilli, M. (2013). Information Technology, Environmental Innovations and Complementarity Strategies. *Quaderno DEM 13/2013*.
- Mazzanti, M., et Zoboli, R. (2006). Examining the factors influencing environmental innovations. *Nota Di Lavoro 20.2006, Fondazione Eni Enrico Mattei*.
- Mazzanti, M., et Zoboli, R. (2008). Complementarities, firm strategies and environmental innovations: empirical evidence for a district based manufacturing system. *Environmental Sciences*, 5(1), 17–40.
- Mazzanti, M., et Zoboli, R. (2009). Embedding environmental innovation in local production systems: SME strategies, networking and industrial relations: evidence on innovation drivers in industrial districts. *International Review of Applied Economics*, 23(2), 169–195.
- Mazzanti M., Montini A., et Zoboli R. (2007). Complementarities, firm strategy and environmental innovations- Empirical evidence for the manufacturing sector. *DRUID Summer Conference 2006*.
- Ménard, C. (2012). *L'économie des organisations*. La Découverte.
- Milgrom, P., et Roberts, J. (1990). The economics of modern manufacturing : technology, strategy and organization. *American Economic Review*, 80, 511–528.

- Milgrom, P., et Roberts, J. (1995). Complementarities and fit strategy, structure, and organizational change in manufacturing. *Journal of Accounting and Economics*, 19(2-3), 179–208.
- Milgrom, P., et Roberts, J. (1997). *Economie, organisation et management*. De Boeck Supérieur.
- Milgrom, P., et Shannon, C. (1994). Monotone Comparative Statics. *Econometrica*, 62, 157–180.
- Mill, J. (1848). *Principles of political economy*. London: John Parker, West Strand.
- Milliman, S., et Prince, R. (1989). Firms incentives to promote technological change in pollution control. *Journal of Environmental Economics and Management*, 17, 202–207.
- Ministère de l'Écologie du Développement Durable et de l'Énergie. (2010). *La croissance verte_Principes et instruments de politique économique*.
- Mirata, M., et Emtairah, T. (2005). Industrial symbiosis networks and the contribution to environmental innovation. *Journal of Cleaner Production*, 13(10-11), 993–1002.
- Moati, P. (2008). La prospective sectorielle: les apports de l'approche évolutionniste. *Management et Avenir*, 17(3), 205–233.
- Moati, P. (2013). Représentations et dynamique sectorielle. Cadre d'analyse et application au secteur de la distribution. *Revue D'économie Industrielle*, 142, 147–186.
- Moati, P., et Mouhoud, M. (1997). Compétences, localisation et spécialisations internationales. In *Economie de la connaissance et organisations*. B. Guilhon, P. Huard, M. Orillard, J-B Zimmerman, L'Harmattan, 262–285.

- Mohr, J. (2002). Technical change, external economies, and the Porter hypothesis. *Journal of Environmental Economics and Management*, 43, 158–168.
- Montresor, S., Ghisetti, C., et Marzucchi, A. (2013). The “green-impact” of the open innovation mode. *Policy Brief, European Commission*.
- Mookherjee, D. (2006). Decentralization, hierarchies, and incentives: A mechanism design perspective. *Journal of Economic Literature*, 44(2), 367–390.
- Murphy, M. (2002). Organisational Change and Firm Performance. *OECD Science, Technology and Industrie Working Papers*, 14.
- Nadel, S. (2013). La Responsabilité Sociale de l’Entreprise comme forme de justification : quels impacts sur le travail ? *Revue Française de Socio-Économie*, 11(1), 165–179.
- Nadel, S., Galliano, D, et Orozco, L. (2013). Organizational changes and Environmental Management Systems adoption: the case of French Industry. *25th Annual European Association for Evolutionary Political Economy Conference*, Paris, 7-9 novembre.
- Nakamura, M., Takahashi, T., et Vertinsky, I. (2001). Why Japanese Firms Choose to Certify: A Study of Managerial Responses to Environmental Issues. *Journal of Environmental Economics and Management*, 42(1), 23–52.
- Neffke, F., Henning, M., Boschma, R., Lundquist, K.-J., et Olander, L.-O. (2011). The Dynamics of Agglomeration Externalities along the Life Cycle of Industries. *Regional Studies*, 45(1), 49–65.
- Nelson, R. R. (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. OUP, London.
- Nelson, R., et Winter, S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Belknap Press/Harvard University Press.

- Newell, R. G., Jaffe, A. B., et Stavins, R. N. (1999). The Induced Innovation Hypothesis and Energy-Saving Technological Change. *The Quarterly Journal of Economics*, 114, 941–975.
- Nieddu, M., Garnier, E., et Bliard, C. (2010). L'émergence d'une chimie doublement verte. *Revue D'économie Industrielle*, 132, 53–84.
- Nieto, M., et Quevedo, P. (2005). Absorptive capacity, technological opportunity, knowledge spillovers and innovative effort. *Technovation*, 25, 1141–1157.
- Nishitani, K. (2009). An empirical study of the initial adoption of ISO 14001 in Japanese manufacturing firms. *Ecological Economics*, 68, 669–679.
- Nishitani, K. (2011). An Empirical Analysis of the Effects on Firms' Economic Performance of Implementing Environmental Management Systems. *Environmental and Resource Economics*, 48(4), 569–586.
- Noblet, J.-P., et Simon, É. (2010). La capacité d'absorption, un état de l'art. *Management et Avenir*, 35(5), 33-50.
- Noblet, J.-P., Simon, E., et Parent, R. (2011). Absorptive capacity: a proposed operationalization. *Knowledge Management Research et Practice*, 9(4), 367–377.
- Nonaka, I., et Takeuchi, H. (1995). *Knowledge-Creating Company : How Japanese companies create the dynamics of innovation*. Oxford University Press, 3-19.
- Nordhaus, W. D. (2007). A Review of the “Stern Review on the Economics of Climate Change.” *Journal of Economic Literature*, 45, 686–702.
- Norgaard, R. B. (1984). Coevolutionary Agricultural Development. *Economic Development and Cultural Change*, 32(3), 525–546.
- OCDE. (2010). L'éco-innovation dans l'industrie, favoriser la croissance verte. *OCDE*.

- Oltra, V., et Saint-Jean, M. (2009). Sectoral systems of environmental innovation : an application to the french automotive industry. *Technological Forecasting et Social Change*, 76, 567–583.
- Orlean, A. (2002). Les interactions mimétiques. In *Leçons de microéconomie évolutionniste*. J. Lesourne, A. Orlean, B. Walliser (Eds.), Paris, Odile Jacob.
- Palmer, K., Oates, W., et Portney, P. R. (1995). Tightening environmental standards: the benefit-cost or the no-cost paradigm. *Journal of Economic Perspectives*, 119–132.
- Parry, I., Pizer, W., et Fischer, C. (2003). How large are the welfare gains from technological innovation induced by environmental policies? *Journal of Regulatory Economics*, 23(3), 237–255.
- Parry, I. W., et Williams, R. C. (2012). Moving U.S. Climate Policy Forward: Are Carbon Taxes the Only Good Alternative? In *Climate change and common sense, Essays in Honour of Tom Schelling*, R. Hahn et A. Ulph (Eds.), OUP Oxford, 173–202.
- Patel, P. (1998). *Indicators for systems of innovation and system interaction*, TSER-IDEA Project, n°11.
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change : towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13, 343–373.
- Penrose, E. (1959). *The theory of the growth of the firm*. Oxford University Press.
- Pereira, A., et Vence, X. (2012). Key business factors for eco-innovation : an overview of recent firm-level empirical studies. *Cuadernos de Gestion*, 12, 73–103.
- Pigou, A. C. (1920). *The economics of welfare*. Londres: Macmillan.

- Popp, D. (2003). Pollution Control Innovations and the Clean Air Act of 1990. *Journal of Policy Analysis and Management*, 22(4), 641–660.
- Popp, D. (2005). Lessons from patents: Using patents to measure technological change in environmental models. *Ecological Economics*, 54(2-3), 209–226.
- Popp, D. (2006). International innovation and diffusion of air pollution control technologies : the effects of NO_x and SO₂ regulation in the US, Japan, and Germany. *Journal of Environmental Economics and Management*, 51, 46–71.
- Porter, M. (1991). America's green strategy. *Scientific American*, 264(4).
- Porter, M., et van der Linde, C. (1995a). Green and competitive : ending the stalemate. *Harvard Business Review*, Sept-Oct, 120–134.
- Porter, M., et van der Linde, C. (1995b). Towards a new conception of environment-competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9, 97–118.
- Portney, P. R. (2008). The (Not So) New Corporate Social Responsibility: An Empirical Perspective. *Review of Environmental Economics and Policy*, 2(2), 261–275.
- Post, J., Preston, L., et Sachs, S. (2002). Managing the extended enterprise. *California Management Review*, 45(1), 6–28.
- Qian, Y. (1994). Incentives and loss of control in an optimal hierarchy. *The Review of Economic Studies*, 61(3), 527–544.
- Rave, T., Goetzke, F., et Larch, M. (2011). The determinants of environmental innovations and patenting : Germany reconsidered. *Ifo Working Papers NO.97*.
- Rehfeld, K.-M., Rennings, K., et Ziegler, A. (2007). Integrated product policy and environmental product innovations: An empirical analysis. *Ecological Economics*, 6, 91–100.

- Reinganum, J. (1981). On the Diffusion of New Technology : a Game theoretic Approach. *The Review of Economic Studies*, 48(3), 395–405.
- Rennings, K. (2000). Redefining innovation - eco-innovation and the contribution from ecological economics. *Ecological Economics*, 32, 319–332.
- Reverdy, T. (2005). Management environnemental et dynamique d'apprentissage. *Revue Française de Gestion*, 158(5), 187–205.
- Robertson, J. L., et Barling, J. (2013). Greening organizations through leaders' influence on employees' pro-environmental behaviors. *Journal of Organizational Behavior*, 34(2), 176–194.
- Rondinelli, D., et Vastag, G. (2000). Panacea, common sense, or just a label?: The value of ISO 14001 environmental management systems. *European Management Journal*, 18(5), 499–510.
- Rosen, C. M., Bercovitz, J., et Beckman, S. (2000). Environmental Supply-Chain Management in the Computer Industry:A Transaction Cost Economics Perspective. *Journal of Industrial Ecology*, 4(4), 83–103.
- Rosenberg, N. (1982). *Inside the Black Box: Technology and Economics*. Cambridge, Londres.
- Rothenberg, S., et Zyglidopoulos, S. (2007). Determinants of environmental innovation adoption in the printing industry : the importance of task environment. *Business Strategy and the Environment*, 16, 39–49.
- Sarkar, J. (1998). Technological diffusion: Alternative theories and historical evidence. *Journal of Economic Surveys*, 12(2), 131–176.
- Scherer, F. (1982). Demand-pull and technological invention: Schmoockler revisited. *The Journal of Industrial Economics*, 30(3), 225–237.

- Schmookler, J. (1962). Economic sources of inventive activity. *The Journal of Economic History*, 22(1), 1–20.
- Schmookler, J. (1966). *Innovation and economic growth*. Harvard University Press, Cambridge.
- Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*. Harvard economic studies. Transaction Publisher, London.
- Schumpeter, J. A. (1943). *Capitalisme, socialisme et démocratie*. Paris: Payot.
- Scott, W. (1995). *Institutions and organizations*. SAGE Editions.
- Sharma, S., et Vredenburg, H. (1998). Proactive corporate environmental strategy and the development of competitively valuable organizational capabilities. *Strategic Management Journal*, 19, 729–753.
- Shrivastava, P. (1995). The role of corporations in achieving ecological sustainability. *Academy of Management Review*, 20(4), 936–960.
- Simpson, D., Power, D., et Samson, D. (2007). Greening the automotive supply chain: a relationship perspective. *International Journal of Operations et Production Management*, 27(1), 28–48.
- Sinclair-Desgagné, B. (1999). Remarks on Environmental Regulation, Firm Behavior and Innovation. *CIRANO Working Papers*.
- Smith, K. (2005). Measuring innovation. In *The Oxford Handbook of innovation*. Fagerberg J., Mowery D., Nelson R. (Eds.), Oxford University Press, NY.
- Smolny, W. (2003). Determinants of innovation behaviour and investment estimates for west-german manufacturing firms. *Economics of Innovation and New Technology*, 12(5), 449–463.

- Snyder, L., Miller, N., et Stavins, R. (2003). The effects of environmental regulation on technology diffusion: the case of chlorine manufacturing. *The American Economic Review*, 93(2), 431–435.
- Spence, M. (1973). Job market signaling. *The Quarterly Journal of Economics*, 87(3), 355–374.
- Srivastava, S. (2007). Green supply-chain management: a state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews*, 9(1), 53–80.
- Stavins, R. (2007). Market-Based Environmental Policies: What Can We Learn from US Experience and Related Research? In J. Freeman et C. Kolstad (Eds.), *Moving to markets in environmental regulation*. Oxford University Press, 19-47.
- Stock, G. N., Greis, N. P., et Fischer, W. A. (2001). Absorptive capacity and new product development. *The Journal of High Technology Management Research*, 12, 77–91.
- Suire, R., et 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.
- Takahashi, T., et Nakamura, M. (2005). Bureaucratization of environmental management and corporate greening: an empirical analysis of large manufacturing firms in Japan. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 12, 210–219.
- 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. H. Hall et N. Rosenberg (Eds.), 679–730.
- Teece, D. J., Pisano, G., et Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533.

- Tews, K., Busch, P.-O., et Jorgens, H. (2003). The diffusion of new environmental policy instruments¹. *European Journal of Political Research*, 42(4), 569–600.
- Tietenberg, T. (1985). Emissions trading, an exercise in reforming pollution policy. *Emissions Trading: An Exercise in Reforming Pollution Policy*, Washington.
- Topkis, D. M. (1995). The Economics of Modern Manufacturing: Comment. *American Economic Review*, 85, 991–996.
- Topkis, D. M. (1998). *Supermodularity and complementarity*. Princeton University Press.
- Triguero, A., Moreno-Mondéjar, L., et Davia, M. a. (2013). Drivers of different types of eco-innovation in European SMEs. *Ecological Economics*, 92, 25–33.
- Tsai, W. (2001). Knowledge Transfer in Interorganizational Networks: Effects of Network Position and Absorptive Capacity on Business Unit Innovation and Performance. *Academy of Management Journal*, 44, 996–1004.
- Tunzelmann, N. Von, et Acha, V. (2005). Innovation in « low-tech » industries. In *The Oxford Handbook of Innovation*. Fagerberg J., Mowery D., Nelson R. (Eds), Oxford University Press, NY, 407-432.
- Van de Ven, W. P. M. M., et Van Praag, B. M. S. (1981). The demand for deductibles in private health insurance. *Journal of Econometrics*, 17(2), 229–252.
- Van den Bosch, F. a. J., Volberda, H. W., et de Boer, M. (1999). Coevolution of Firm Absorptive Capacity and Knowledge Environment: Organizational Forms and Combinative Capabilities. *Organization Science*, 10(5), 551–568.
- Van Zandt, T., et Radner, R. (2001). Real-time decentralized information processing and returns to scale. *Economic Theory*, 17(3), 545–575.

- Verbeke, W. (2005). Agriculture and the food industry in the information age. *European Review of Agricultural Economics*, 32(3), 347–368.
- Vernon, R. (1966). International investment and international trade in the product cycle. *The Quarterly Journal of Economics*, 80, 190–207.
- Veugelers, R. (1997). Internal R&D expenditures and external technology sourcing. *Research Policy*, 26(3), 303–315.
- Vicente, J., Balland, P.A., Brossard, O. (2011). Getting into Networks and Clusters: Evidence from the Midi-Pyrenean Global Navigation Satellite Systems (GNSS) Collaboration Network, *Regional Studies*, 45(8), 1059-1078.
- Vollebergh, H. R. J. (2007). Differential Impact of Environmental Policy Instruments on Technological Change : A Review of the Empirical Literature. *Tinbergen Institute Discussion Paper Series., No. TI 07-*, 1–37.
- Von Hippel, E. (1976). The dominant role of users in the scientific instrument innovation process. *Research Policy*, 5(3), 212–239.
- Von Hippel, E. (1994). “Sticky Information” and the Locus of Problem Solving: Implications for Innovation. *Management Science*, 40(4), 429–439.
- Wagner, M. (2007). On the relationship between environmental management, environmental innovation and patenting : evidence from German manufacturing firms. *Research Policy*, 36, 1587–1602.
- Wagner, M. (2008). Empirical influence of environmental management on innovation : evidence from Europe. *Ecological Economics*, 66, 392–402.
- Wagner, M., et 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.

- Wagner, M., et Schaltegger, S. (2003). Introduction: How Does Sustainability Performance Relate to Business Competitiveness? *Greener Management International*, 2003(44), 5–16.
- Walras, L. (1900). *Éléments d'économie pure ou théorie de la richesse sociale*. Paris: Pichon et Durand-Auzias.
- Williamson, O. (1967). Hierarchical control and optimum firm size. *The Journal of Political Economy*, 75(2), 123–138.
- Winter, S. (1984). Schumpeterian competition in alternative technological regimes. *Journal of Economic Behavior et Organization*, 5(3-4), 287–320.
- Wooldridge, J. M. (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Zahra, S. A., et George, G. (2000). Absorptive capacity : a review and reconceptualization. *Academy of Management Proceedings and Membership Directory*, 8, K1–K6.
- Ziegler, A. (2013). Disentangling technological innovations: a micro-econometric analysis of their determinants. *Journal of Environmental Planning and Management*, *in press*, 1–21.
- Ziegler, A., et Rennings, K. (2004). Determinants of Environmental Innovations in Germany: Do Organizational Measures Matter?: A Discrete Choice Analysis at the Firm Level. *ZEW Discussion Papers.*, 04-30.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les travaux empiriques sur l'effet de la réglementation environnementale à l'adoption d'innovations environnementales (version faible de l'hypothèse de Porter)	31
Tableau 2 : Le triptyque dans la littérature empirique	40
Tableau 3: Un survey des travaux portant sur la complémentarité dans la littérature sur l'innovation environnementale.....	52
Tableau 4 : Synthèse des principales hypothèses et signes attendus.....	82
Tableau 5 : Statistiques descriptives	84
Tableau 6: Statistiques descriptives portant sur les différents types d'innovations environnementales.....	88
Tableau 7 : Description des variables	90
Tableau 8 : Les déterminants de l'innovation environnementale au sein des firmes industrielles françaises.....	92
Tableau 9 : Synthèse des hypothèses et résultats	94
Tableau 10 : Liens entre les adoptants	97
Tableau 11 : Orientations stratégiques et formes d'innovation.....	100
Tableau 12 : Les facteurs de l'adoption des innovations environnementales selon le profil de la firme (2 ^{ème} étape).....	101
Tableau 13 : Synthèse des hypothèses et résultats	106
Tableau 14 : Fréquence d'adoption des différents types d'innovation environnementale selon le secteur d'appartenance (en %)	125
Tableau 15 : Les formes de changement organisationnel selon le secteur d'appartenance (en %)	126
Tableau 16 : Complémentarités entre éco-innovation, changement technique et changement organisationnel	130
Tableau 17 : Innovation environnementale et structures sectorielles.....	132
Tableau 18: Complémentarité selon le type d'impact environnemental de l'éco-innovation...	133
Tableau 19: Les complémentarités entre innovations standard et innovations environnementales dégagées lors du processus de production selon les secteurs	135
Tableau 20: Les complémentarités entre innovations standard et IE dégagées lors du processus de consommation selon les secteurs	136
Tableau 21 : Synthèse des hypothèses et signes attendus	149

Tableau 22 : Caractéristiques organisationnelles des firmes industrielles françaises : statistiques descriptives de la population (en %)	151
Tableau 23 : Description des variables.....	154
Tableau 24: Système de Management Environnemental et Changement organisationnel.....	156
Tableau 25: Distribution de l'intensité de l'innovation environnementale par secteur (en %). 181	
Tableau 26: Les déterminants de l'intensité de l'innovation environnementale dans l'industrie française : modèle général.....	186
Tableau 27: L'intensité de l'éco-innovation des cinq secteurs de l'industrie manufacturière française	189

Liste des figures

Figure 1 : L'optimum de pollution.....	27
Figure 2 : Le mécanisme sous-jacent à l'hypothèse de Porter	30
Figure 3 : La double externalité de l'innovation environnementale.....	36
Figure 4 : Les déterminants de l'éco-innovation de K. Rennings	38
Figure 5 : Cadre analytique de l'intensité de l'innovation environnementale.....	178
Figure 6 : Distribution du score de l'intensité de l'innovation environnementale	182

Table des matières

Introduction générale	7
Chapitre I. L'analyse économique de l'innovation environnementale	19
1.1 Introduction	19
1.2 Les déterminants de l'innovation environnementale dans la littérature économique	23
1.2.1 Règlements et innovation environnementale : éléments théoriques et empiriques	23
1.2.1.1 Externalité environnementale, réglementation environnementale et « induced innovation » ..	
.....	24
1.2.1.2 L'impact de la réglementation environnementale sur l'innovation environnementale : la	
version faible de l'hypothèse de Porter	28
1.2.2 Double externalité et triptyque offre-demande-réglementation	35
1.2.2.1 L'apport de Rennings : double externalité de l'innovation environnementale et regulatory	
push-pull effect	35
1.2.2.2 Le triptyque offre-demande-réglementation : un survey de la littérature empirique.....	40
1.3 Vers la construction d'un cadre d'analyse du comportement éco-innovateur des firmes :	
la prise en compte des processus de complémentarité et de coévolution	45
1.3.1 L'adossement de l'innovation environnementale : le rôle des processus de changements dans	
l'organisation de la firme	47
1.3.1.1 Eco-innovation et complémentarité : une conception planifiée du changement	
organisationnel	48
1.3.1.2 Innovation environnementale et changement organisationnel adaptatif : apprentissage	
organisationnel, capacités dynamiques et capacité d'absorption	54
1.3.2 La double externalité de l'innovation environnementale : le rôle accru de l'environnement	
externe	57
1.3.2.1 Les processus d'interaction avec l'environnement de la firme : marché, espace,	
information, réglementation, secteur	58
1.3.2.2 Les processus de diffusion de l'innovation environnementale : les mécanismes	
d'isomorphisme institutionnel.....	64
1.4 Conclusion	67

Chapitre II. Les déterminants de l'innovation environnementale : une analyse micro-économique _____ **71**

2.1 Introduction	71
2.2 Les facteurs explicatifs de l'innovation environnementale	75
2.2.1 Le rôle des caractéristiques internes des firmes	76
2.2.2 Les facteurs liés à l'environnement externe des firmes	78
2.3 Une analyse empirique de l'adoption de l'innovation environnementale de l'industrie manufacturière	83
2.3.1 Données et méthodes	83
2.3.1.1 Présentation des données	83
2.3.1.2 Le modèle d'adoption : un modèle de sélection en deux étapes	85
2.3.1.3 Les variables du modèle.....	87
2.3.2 Résultats : les déterminants de l'innovation environnementale de l'industrie française	91
2.4 L'adoption d'éco-innovations selon l'orientation stratégique de la firme	96
2.4.1 Les modèles d'adoption selon le profil stratégique de la firme	96
2.4.2 Les variables	99
2.4.3 Résultats : les déterminants de l'adoption de l'innovation environnementale selon le profil stratégique de la firme	100
2.5 Conclusion du chapitre	107
2.6 Annexes	109

Chapitre III. Changements organisationnels et innovations environnementales __ **111**

3.1 Introduction	111
3.2 Innovations environnementales et organisation de la firme : quelles complémentarités ?	115
3.2.1 Introduction	115
3.2.2 Changement dans l'organisation de la firme et éco-innovation : cadre théorique	117
3.2.3 Méthodologie	120

3.2.3.1 Tester la complémentarité entre innovation technique, organisationnelle, et environnementale : le modèle.....	120
3.2.3.2 Présentation des données	123
3.2.3.3 Les variables dépendantes	123
3.2.3.4 Les variables indépendantes	127
3.2.4 Les résultats	128
3.2.4.1 Complémentarités entre changement technique, changement organisationnel et innovation environnementale	129
3.2.4.2 Les formes de complémentarité selon le type d'éco-innovation	132
3.2.5 Conclusion et discussion.....	138
3.3 Changement organisationnel et adoption d'un Système de Management Environnemental : le cas des firmes industrielles françaises	139
3.3.1 Introduction	139
3.3.2 Changement organisationnel et Système de Management Environnemental : cadre théorique et hypothèses	141
3.3.2.1 Adoption de SME et changements organisationnels internes.....	142
3.3.2.2 le rôle des modes de coordination avec les partenaires externes.....	145
3.3.2.3 L'influence de l'environnement externe.....	147
3.3.3 Données et méthode.....	149
3.3.3.1 Les données	149
3.3.3.2 Le modèle empirique.....	152
3.3.3.3 Les variables	153
3.3.4 Résultats : Système de Management Environnemental et changement organisationnel.....	155
3.3.5 Conclusion et discussion.....	159
3.4 Conclusion du chapitre	161
 Chapitre IV. Structures industrielles et innovations environnementales _____	165
 4.1 Introduction.....	165
4.2 Les déterminants de l'intensité de l'innovation environnementale des firmes : cadre d'analyse et hypothèses.....	169
4.2.1 L'approche par les systèmes sectoriels d'innovation et les régimes technologiques	169

4.2.2	Intensité de l'innovation environnementale et SSI : les facteurs explicatifs.....	170
4.2.2.1	Les capacités d'absorption et les bases technologiques internes de la firme.....	171
4.2.2.2	Les opportunités technologiques.....	173
4.2.2.3	Les conditions sectorielles de diffusion et d'appropriabilité des innovations environnementales et le rôle de l'environnement externe.....	175
4.3	Données et méthode.....	179
4.3.1	Les données	179
4.3.2	Les variables	179
4.3.3	Le modèle	184
4.4	Intensité de l'innovation environnementale de la firme et système sectoriel de l'innovation : résultats	185
4.4.1	Modèle général	185
4.4.2	Intensité de l'éco-innovation de la firme des cinq grands secteurs.....	188
4.5	Conclusion.....	193
4.6	Annexes	196
	Conclusion générale _____	203
	Bibliographie _____	211
	Table des matières _____	251

Changements organisationnels, structures industrielles et innovations environnementales : le cas des firmes industrielles françaises

La thèse analyse les déterminants de l'adoption des innovations environnementales dans l'industrie française et ses interactions avec les changements organisationnels, d'une part, et les structures industrielles, d'autre part. Elle offre tout d'abord une revue de la littérature économique qui fonde l'analyse de l'innovation environnementale. Elle propose ensuite une analyse empirique, sur données d'entreprise, du comportement éco-innovateur des firmes autour de trois éclairages. La première partie explore les déterminants microéconomiques de l'adoption des innovations environnementales, d'abord de l'ensemble des firmes industrielles, ensuite selon leur orientation stratégique, i.e. selon que leur comportement éco-innovateur soit porté par des dynamiques d'offre, de demande ou réglementaires. La seconde partie étudie les relations de complémentarités qui se nouent entre les changements dans l'organisation de la firme et l'adoption d'innovations environnementales et met en lumière les dynamiques organisationnelles associées à l'adoption d'un Système de Management Environnemental. Enfin, une dernière partie est consacrée à mettre en évidence la coévolution entre les comportements microéconomiques d'adoption d'innovations environnementales et les systèmes sectoriels d'innovation. 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 intra-organisationnels ainsi que des processus d'interaction entre la firme et son environnement.

Mots-clés : innovations environnementales, économie de l'innovation, changements organisationnels, structures industrielles, industrie française.

Organizational changes, industrial structures and environmental innovations : the case of French industrial firms

This thesis analyzes the determinants of environmental innovations at the firm level. It reviews the economic literature underlying the analysis of environmental innovation. Then it operationalizes the main concepts of this literature from three empirical angles. The first study explores the firm-level determinants of environmental innovations for all French industrial firms according to their three strategic orientations, i.e. regulation-oriented, supply-oriented or demand-oriented. The second study examines the complementarities between environmental innovations and organizational changes and emphasizes the organizational dynamics triggered by the adoption of an Environmental Management System. The third study highlights the coevolution of environmental innovation behavior at the firm level and sectoral systems of innovation. Ultimately, the thesis demonstrates that environmental innovations always result from specific combinations of internal and external rationales at the micro economic firm level. These specifications involve intra-organizational complementarities and interactions processes with industrial structures.

Keywords : environmental innovations, economics of innovation, organizational changes, industrial structures, French industry.

