

Les déterminants de la performance éco-innovatrice : une approche comparative des systèmes sectoriels d'innovation dans l'industrie française

Danielle GALLIANO^{1*} et Simon NADEL²

¹*Institut National de la Recherche Agronomique (INRA-AGIR), BP 52627, 31326 Castanet Tolosan cedex, France. Tél : +33 (0)5 61 28 53 66 ; Fax : +33 (0)5 61 28 53 72 ; galliano@toulouse.inra.fr*

²*Université de Toulouse, UT1, LEREPS, 21, allée de Brienne, 31042, Toulouse cedex, France. Tél : +33 (0)5 61 12 87 09 ; Fax : +33 (0)5 61 12 87 08 ; simon.nadel@ut-capitole.fr*

Résumé : L'objectif de cet article est d'analyser les structures internes des firmes et les formes de mobilisation de leurs ressources externes dans leur performance à l'éco-innovation. Utilisant le cadre théorique des Systèmes Sectoriels d'Innovation (SSI), nous étudions les effets respectifs de la capacité d'absorption des firmes, des opportunités technologiques (fournies par l'environnement) et des conditions d'appropriabilité de l'innovation dans sa performance à l'éco-innovation. Notre étude empirique, à l'échelle microéconomique, des cinq secteurs qui composent l'industrie française, emploie un modèle de type binomial négatif afin d'étudier les déterminants de l'intensité de l'éco-innovation par les firmes, grâce à l'enquête Community Innovation Survey 2008 (CIS 2008). Les résultats montrent que, au-delà de l'effet de la réglementation, la base technologique de la firme et les conditions d'appropriabilité, associées à l'environnement externe, structurent l'intensité de l'éco-innovation des firmes.

Mots-clés : éco-innovation, système sectoriel d'innovation, innovation environnementale, industrie française.

Codes JEL : O30, L10, Q55

1. INTRODUCTION

Selon la littérature, une innovation environnementale, ou éco-innovation, se définit comme un procédé, équipement, produit, technique, ou système de gestion, nouveau ou amélioré, qui évite ou réduit l'impact environnemental (Arundel et al. 2007; Horbach 2008). Une de ses caractéristiques réside dans le fait qu'elle génère une double externalité, c'est-à-dire un effet externe positif envers l'environnement qui s'ajoute aux spillovers de connaissance induits par toute innovation, qui met au premier plan les mécanismes de régulation et les politiques environnementales ("regulatory push-pull effect", Rennings 2000). Sa seconde caractéristique est que, par définition, elle s'appuie sur des produits et des dispositifs et donc sur des structures industrielles et des conditions technologiques propres à chaque secteur. Si la littérature sur l'éco-innovation s'est fortement orientée vers l'analyse des interactions entre réglementation environnementale et adoption d'éco-innovations, dans la lignée de l'hypothèse de Porter (Porter 1991; Porter & van der Linde 1995), de nombreux travaux montrent les limites de ces approches face à la diversité des comportements des firmes (Gonzalez 2009; Pereira & Vence 2012; Galliano & Nadel 2013) Pour innover, l'entreprise doit articuler ses bases de connaissances internes et une mobilisation des informations et connaissances externes. Les conditions technologiques et les structures industrielles portées par le secteur d'appartenance jouent alors un rôle déterminant. Dans ce contexte, Malerba (2005), par le biais de la notion de système sectoriel d'innovation, pose la question des opportunités technologiques et des conditions d'appropriabilité des innovations au sein d'un secteur. Cette approche renvoie notamment à l'intensité technologique des activités et à la nature des connaissances qu'elles recouvrent, mais aussi aux modes de coordination entre acteurs et aux conditions institutionnelles qui les soutiennent. Un des enjeux réside alors dans l'analyse des

interactions entre les caractéristiques micro-économiques des firmes et les caractéristiques de leur environnement au-delà de la seule réglementation.

Dans ce cadre, l'objectif de l'article est d'analyser l'influence des structures organisationnelles internes et les formes de mobilisation des ressources externes de la firme dans sa performance éco-innovatrice et d'observer si, au niveau méso-économique, ces déterminants varient selon le contexte sectoriel. Il est de tester l'influence respective des capacités d'absorption, des opportunités technologiques et des conditions d'appropriabilité des innovations dans le comportement d'éco-innovation des firmes industrielles françaises. Notre optique n'est donc pas d'étudier le cas d'un secteur dédié aux technologies vertes, mais de mettre en avant les logiques environnementales qui traversent les entreprises de chacun des grands secteurs composant l'industrie française, afin de mettre en lumière l'existence de logiques globales ainsi que les spécificités sectorielles en matière d'innovation environnementale.

Afin de tester les 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). Le premier objectif a été de construire du point de vue méthodologique, et à partir de ces bases de données, les variables pertinentes du cadre d'analyse des déterminants de l'éco-innovation dans un contexte sectoriel. L'objectif du traitement économétrique est ensuite de tester, par un modèle binomial négatif, les déterminants de l'intensité de la performance éco-innovatrice de la firme¹. Au-delà du modèle général, qui permettra de montrer les tendances globales, on testera 5 modèles partiels selon les 5 grands secteurs industriels qui composent l'industrie manufacturière française : les industries agro-alimentaires, les biens de consommation, biens d'équipement, transport et les biens intermédiaires.

Cet article sera organisé en quatre parties. La prochaine section va présenter le cadre théorique et les hypothèses qui en découlent. La section 3 présentera les données, variables et le modèle économétrique. Enfin, la section 4 présentera les résultats pour l'industrie française et ses différents secteurs. Ces résultats permettront de donner quelques orientations en termes de politiques publiques.

2. Les déterminants de la performance éco-innovatrice des firmes : cadre et hypothèses

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 la capacité à acquérir des savoirs et technologies de leur environnement externe constitué, en premier lieu, par l'environnement sectoriel et l'ensemble des conditions technologiques,

¹ 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 & Vence 2012).

institutionnelles ou marchandes, qui le supporte (W. Cohen & Levinthal 1990). Cette approche met au premier plan l'analyse des systèmes sectoriels d'innovation dans la lignée des analyses en termes de systèmes d'innovation (Lundvall 1992; Edquist 1997) et de leur déclinaison sectorielle (Malerba 2002; Malerba & Orsenigo 1993) pour comprendre les sources de la performance innovatrice des firmes.

La notion de système d'innovation (Lundvall 1992; Edquist 1997) repose à l'idée que la firme est encadrée dans divers réseaux et institutions et que les processus d'innovations découlent des interactions entre la firme et les multiples acteurs qui composent son environnement (national, régional, ou sectoriel). Dans leur déclinaison sectorielle, 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 ». 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, il s'agit de considérer l'adoption et la diffusion d'innovations environnementales comme un processus complexe et interactif, articulant les bases technologiques internes de la firme (&1) avec les opportunités technologiques (&2) et les conditions d'appropriabilité (&3) portées par l'environnement.

2.1 La base technologique interne : Capacité d'absorption et processus de co-évolution

Les caractéristiques 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 (W. Cohen & 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 & 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 & 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 & Pfister 2009; Galliano et al. 2011). Par contre, la petite taille est plus favorable en termes de performance et d'intensité d'innovation. Elle favoriserait les innovations plus radicales du fait notamment des plus

faibles irréversibilités de structure (Astebro 2004) et d'une plus grande capacité d'apprentissage bien que celle-ci soit souvent associée à l'appartenance à un secteur de forte intensité technologique. Demirel & Kesidou (2011) montrent notamment que la taille joue sur la nature de l'éco-innovation et trouvent un effet positif entre la taille et l'éco-innovation incrémentale. 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 & Mohnen 2010), et une source centrale de sa capacité d'absorption (Nieto & 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 & Peters 2000; Veugelers 1997).

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

Le comportement éco-innovateur de la firme est aussi fortement dépendant des autres ressources internes de la firme, avec l'idée sous-jacente d'une relation de complémentarité (Milgrom & Roberts 1990; 1995) ou de co-évolution entre les innovations environnementales et les autres types d'innovations, qu'elles soient de produits, de procédés, ou des innovations de nature organisationnelle (Rennings 2000). L'innovation environnementale prend appui, par définition, sur une innovation technologique ou organisationnelle, qui présente la spécificité de produire un bénéfice environnemental. La complémentarité entre innovations technique et/ou organisationnelles et innovations environnementales est ainsi mise en évidence dans différents contextes industriels nationaux (Mazzanti et al. 2007; Rehfeld et al. 2007; Wagner 2007; Belin et al. 2009) ou sectoriels (l'imprimerie allemande par Rothenberg & Zyglidopoulos (2007). On observe notamment que l'introduction de systèmes de management environnementaux (SME), tels que les normes ISO 14001, les audits et bilans environnementaux, apparaît comme un facteur particulièrement positif pour l'innovation environnementale dans de nombreux travaux (Frondel et al. 2007; Mazzanti et al. 2007; Rehfeld et al. 2007; Wagner 2008).

Hyp 1b : Le profil d'innovation de la firme influence sa performance éco-innovatrice. La mise en place d'innovations produit, procédé ou d'organisation est associée positivement à l'introduction d'éco-innovations.

2.2 Les opportunités technologiques sectorielles : sources d'information et de coopération externes

Les opportunités technologiques renvoient à l'analyse du rôle des sources externes de connaissances 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, au niveau individuel de la firme et au niveau des secteurs, les performances en termes d'intensité de R&D et d'innovation.

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 contre, on note que peu d'auteurs distinguent l'origine de ces sources selon qu'elles prennent appui sur un processus de coopération ou un simple processus de diffusion d'informations. Becker et Peters (2000) font cette distinction mais seulement pour les universités. On peut faire l'hypothèse que la coopération favorise plus la transmission de connaissances tacites et situées contrairement à l'information qui renvoie plus spécifiquement à des connaissances codifiables (R Cowan et al. 2000 ; R. Cowan et al. 2006).

Concernant les études empiriques, 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 pour 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 & 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 Belin et al. (2009) 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.

Hypothèse 2 : Les opportunités technologiques portées par l'environnement de la firme jouent un rôle important sur sa performance éco-innovatrice.

2.3 Mécanismes d'appropriabilité et conditions de diffusion des innovations : le rôle de l'environnement externe

Les mécanismes d'appropriabilité renvoient au problème de la transmission des innovations et des nouvelles connaissances entre leurs créateurs et les concurrents potentiels (W. M. Cohen

2010),p.182). Ils renvoient en particulier à 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, W. M. Cohen (2010) montre qu'il n'y a pas de consensus sur l'efficacité relative de ces mécanismes face au rôle incitatif des spillovers de connaissances 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 & Veugelers 2002; W. Cohen & Levinthal 1990).

Concernant l'influence du marché sur le comportement éco-innovateur des firmes, la littérature est 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. Comme le montre Horbach (2008) reprenant Smolny (2003), 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'imitation². 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 (Belin et al. 2009). Pour Conceição et al. (2006) et Horbach (2008), 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. Seuls Rehfeld et al. (2007) montrent qu'exporter n'a pas d'influence sur l'adoption d'éco-innovation produit.

En ce qui concerne l'environnement spatial de la firme, 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 & Audretsch 1999). Les auteurs mettent en évidence différents types d'externalités spatiales liées à l'agglomération ; les zones géographiques diversifiées offrant différents bénéfices par rapport aux zones spécialisées (effets Jacobs d'agglomération urbaine, 1969, versus effets de localisation Marshalliens, 1890). 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 & Roux 2006). Par contre, 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. Un possible effet « district industriel » est évoqué par Mirata &

² Kephaliacos & Grimal (2000) montrent notamment qu'une situation de marché imparfait incite à l'adoption d'éco-innovation radicale (cleaner production)

Emtairah (2005), qui suggèrent le rôle d'« industrial symbiosis networks » dans la diffusion de l'éco-innovation. Cette dimension a donc été peu mise en avant dans la littérature et présente des effets potentiels divers. La question dans ce travail est notamment de tester si ce sont les économies d'agglomération urbaines qui jouent favorablement sur les innovations environnementales. Ou peut-on faire, au contraire, l'hypothèse que l'adossement 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 (Ota & Fujita 1993) et favoriserait ainsi les opportunités de réalisation des innovations environnementales dans ces zones ?

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 sectoriel. Les modèles épidémiques (Mansfield 1968) font notamment l'hypothèse qu'un utilisateur potentiel peut devenir un utilisateur par contact avec un adoptant. Ainsi, plus le nombre d'adoptants est grand, plus la probabilité pour un non-adoptant d'être en contact avec un adoptant sera élevée et plus la probabilité d'être « contaminé » sera forte (Hollenstein 2004). Cette dimension a été peu testée par la littérature traitant de l'adoption d'innovations environnementales (Galliano, Nadel, 2013).

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 & 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 & St Jean, 2009, dans l'automobile française, Kammerer, 2009, sur l'équipement électrique allemand, Wagner & Llerena, 2011 sur 3 industries françaises) ou différents contextes industriels nationaux (cf survey de Pereira & Vence 2012). Certains papiers 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). Ces différents points seront testés dans notre étude.

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

3. DONNEES et METHODES

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 collaborations inter-firmes pour innover (Patel 1998; Mairesse & Mohnen 2002; Smith 2005). L'enquête Annuelle d'Entreprise complète cette information par les données économiques individuelles des entreprises (chiffre d'affaires, activités, localisation etc...) et les données sectorielles. 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 d'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, à l'échelle des cinq grands secteurs qui la compose : l'industrie agro-alimentaire, les biens de consommation, les biens d'équipement, transport ainsi que le secteur des biens intermédiaires.

Tableau 1 : Statistiques descriptives

<i>Secteur :</i>	Total Industrie		Les éco-innovantes	
	Nbre d'entrep.	%	%	Score moyen d'EI
Industrie Agro-alimentaire	869	18,54 %	44,53 %	2.20
Biens de consommation	1164	24,84 %	41,58 %	1.79
Biens d'équipement	804	17,16 %	60,57 %	1.78
Transport	238	5,08 %	53,78 %	2.69
Biens intermédiaires	1611	34,38 %	53,88 %	2.86
Total	4686	100,00 %	50,23 %	2.41

Sources : Enquête CIS 2008 et EAE 2007

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 aux secteurs des Biens de consommation et d'équipement apparaissent être les moins éco-innovantes, avec des scores moyens respectifs de 1,78 et 1,79. Les secteurs ayant la plus forte intensité à l'éco-innovation étant le secteur Transport (2,69) et celui des biens intermédiaires (2,86).

3.2 Les variables

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

L'analyse de l'intensité de l'éco-innovation des firmes manufacturières françaises est réalisée grâce à un modèle de comptage de type binomial négatif. Ce modèle de comptage est pertinent lorsque la variable expliquée, ici l'intensité de l'éco-innovation, est une variable qualitative discrète décrivant un nombre d'événements survenus lors d'une période donnée, gérant en outre le problème de sur-dispersion des 0 (cf Cahuzac & Bontemps 2008). Ainsi,

une variable de type SCORE est construite afin d'appréhender l'intensité de l'éco-innovation au sein des firmes industrielles françaises.

L'Insee définit l'innovation environnementale sous neuf modalités, qui vont fonder le score, et donc de l'intensité de l'éco-innovation, de chacune des firmes. 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 permettre d'analyser les fondements microéconomiques de l'intensité de l'éco-innovation. Ainsi, la variable score IE, endogène, qui prendra une valeur comprise entre 0 et 9, est de la forme suivante :

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

3.2.2 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 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 et de coopération mobilisées par l'entreprise dans son

processus d'innovation. 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 d'un organisme public de recherche). L'enquête CIS 2008 permet également de distinguer les sources d'information pour innover des sources de coopération. De ce fait, les variables relatives au fait d'avoir coopérer pour innover avec chacun de ces différents acteurs sont introduites dans le modèle. Cette distinction constitue une des originalités de ce travail mené dans le cas français.

Le troisième ensemble de variables concerne les conditions d'appropriabilité 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, des 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-innover 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.

3.3 Le modèle

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 intéressant dans 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, et de mettre en avant les déterminants de l'intensité de l'éco-innovation au sein des cinq secteurs composant l'industrie manufacturière française. 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, 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, la probabilité d'innover et l'intensité de la performance éco-innovatrice sera la résultante d'une combinaison de facteurs internes et externes à la firme tel que :

$$\text{Intensité de l'éco-innovation} = \text{ECO-INNOV}_{ij} = \alpha_1 CA_{ij} + \alpha_2 OT_{ij} + \alpha_3 AC_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

avec la firme notée i (i, \dots, n) et j ($1, \dots, 5$) le secteur considéré (les industries agro-alimentaires, les biens de consommation, biens d'équipement, transport et les biens intermédiaires)

et un ensemble de variables explicatives relatives aux trois dimensions de la performance éco-innovatrice: les bases technologiques de la firme qui fondent sa capacité d'absorption (CA), les opportunités technologiques qu'elle tire de son environnement (OP) et les conditions d'appropriabilité (AC) et ε_{ij} le terme d'erreur.

4. Résultats

4.1 Modèle général

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.

Le premier résultat réside dans la confirmation de l'importance centrale des structures technologiques de la firme et de sa capacité d'absorption sur sa performance éco-innovante. Le profil innovateur et le processus de co-évolution 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. 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 (Becker & Peters 2000; Veugelers 1997). L'existence de certaines pratiques organisationnelles telle que le système de management environnemental, joue 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. 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 sa performance éco-innovante.

Le second résultat renvoie plus spécifiquement au rôle de l'environnement et à l'influence des spillovers de connaissance sur le comportement éco-innovateur de la firme. Les sources d'informations 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 note également l'importance des sources informelles de connaissance issues de dispositifs tels que les foires, expositions, associations professionnelles ou d'outils tels que les revues scientifiques ou professionnelles. Par contre, l'effet non significatif des différentes sources de coopération est plus surprenant. Bien qu'il masque des spécificités sectorielles, il est particulièrement marqué (effet marginal très faible et non significatif) et pose question sur l'interprétation des résultats. Que la coopération joue comme opportunité technologique ou comme outil pour garantir l'appropriabilité des innovations (cf. Cohen *revoir*), son rôle est non significatif sur l'intensité d'eco-innover (contrairement à ce que l'on a pu observer sur l'innovation technique (Shan et al. 1994, Becker et Dietz, 2004). Notons que l'influence des mécanismes d'appropriabilité liés à la structure de marché n'est pas non plus significative.

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

On note 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 interfirmes 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, Nadel, 2013, Nadel, 2013). La dimension sectorielle des spillovers 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 spillovers est également confirmé par la faiblesse du rôle des autres variables d'environnement et notamment des spillovers spatiaux (effet non significatif des zones de localisation et effet négatif des marches locaux et régionaux).

Tableau 2 : les déterminants de l'intensité de l'EI dans l'industrie française : modèle général

	Industrie française		
	Effet Marginal	Ecart-type	
Capacités d'absorption de la firme			
R&D continue	0.454***	0.067	
Innovation de produit : radicale incrémentale incrémentale/radicale	1.214***	0.125	
	0.599***	0.104	
	0.760***	0.095	
Innovation de procédés :	1.276***	0.056	
Changement dans : l'organisation du travail les relations externes	1.456***	0.062	
	0.367***	0.075	
SME mis en place avant 2006 entre 2006 et 2008	1.099***	0.095	
	0.960***	0.081	
Taille	20 à 49 salariés	Ref.	
	50 à 249 salariés	0.502***	0.068
	250 à 500 salariés	0.241*	0.121
	Plus de 500 salariés	0.002	0.127
Appartenance à un groupe	-0.124	0.063	
Opportunités technologiques			
Sources d'information : internes fournisseur client concurrent université Orga. public de recherche Autres	0.835***	0.067	
	0.501***	0.064	
	0.001	0.072	
	-0.048	0.07	
	-0.303**	0.099	
	-0.077	0.117	
	0.377***	0.066	
Coopération : à l'intérieur du groupe fournisseur client concurrent université Orga. public de recherche	-0.086	0.081	
	0.072	0.082	
	-0.066	0.089	
	0.119	0.111	
	0.071	0.107	
	-0.125	0.122	
Conditions d'appropriabilité			
Taux d'adoptants d'éco-innovation du sous-secteur	4.570***	0.312	
Concentration de marché	-0.107	0.161	
Zone principale de marché:	Marché régional	Ref.	
	Marché national	0.319***	0.068
	Marché étranger	0.320***	0.092
Zone du siège	Urbain	Ref.	
	Péri-urbain	0.138	0.072
	Rural	0.0821	0.066
Innovation en réponse à : - Réglementation existante - Anticipation réglementation future - Aide ou subvention envir. - Code de bonnes pratiques environnementales du secteur	1.705***	0.07	
	0.426***	0.079	
	0.614***	0.116	
	1.684***	0.075	
Observations	4686		
Pseudo R ²	0.183		
Prob>=chibar2	0.000		

Sources : CIS 2008

4.2 Les systèmes sectoriels de l'innovation environnementale

Dans cette seconde étape, les trois ensembles de variables sont testés à des fins comparatives dans le cas des 5 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 mettent en évidence 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).

Concernant *les bases technologiques et la capacité d'absorption* de la firme, on retrouve pour la plupart des secteurs le faible rôle de la grande taille et de l'appartenance à un groupe dans l'intensité d'éco-innovation. 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 environnementales réglementaires qu'elles rencontrent ou qu'elles anticipent. Concernant le profil d'innovation des firmes, on retrouve pour tous les secteurs ce rôle moteur de l'innovation radicale au détriment de l'innovation incrémentale, à l'exception de l'agro-alimentaire. Jouent également de manière transversale et très significative les innovations en procédés et les changements dans l'organisation du travail pour expliquer l'intensité de l'éco-innovation. Le lien de complémentarité est également fort entre la mise en place d'un SME (avant ou après 2006) et l'éco-innovation pour la plupart des secteurs ; la seule différence étant que pour les BE, les plus éco-innovantes sont celles qui ont adopté ces systèmes avant 2006 et, pour les transports, celles qui ont adopté plus récemment ; marquant de ce fait 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, d'équipement et de transport. Elles jouent par contre positivement pour l'agroalimentaire et les biens intermédiaires, secteurs plus insérés dans les relations verticales et les logiques de filières. Notons toutefois que globalement les changements dans les relations externes ont un effet beaucoup plus faible que les changements dans l'organisation du travail. Enfin, la R&D interne différencie également les firmes de biens de consommation et de transport des autres. Notons 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 performance à l'éco-innovation. La R&D continue semble en fait plus associée à des innovations de nature incrémentale. Ceci est directement le cas des secteurs des BI, BE et surtout des industries agro-alimentaires.

Concernant *les opportunités technologiques*, les résultats montrent bien l'influence différenciée des sources d'information de celles de la coopération, pour innover. Concernant

les sources d'information, 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. Ils 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).

En ce qui concerne les coopérations pour innover, elles ont un rôle beaucoup moins marqué sur l'intensité de l'éco-innovation et l'effet des différents types de partenaires est souvent à l'opposé des sources d'informations. La coopération avec les universités devient souvent positive (IAA, Consommation et Transport) et constitue une des sources principales d'éco-innovation pour ces secteurs, contrairement aux organismes de recherches qui jouent négativement. L'effet coopération client devient négatif ou non significatif pour les secteurs qui puisent leurs sources d'information vers l'aval (IAA, transport et BI). De même, l'effet information fournisseurs devient négatif ou non significatif en termes de coopération pour la plupart des secteurs.

Ainsi, il apparaît assez clairement que les firmes puisent plus dans les sources d'information que dans la coopération pour le développement de leurs performances éco-innovatrices. La coopération pour innover devant être plus orientée vers les innovations techniques et des innovations sensibles aux conditions d'appropriabilité que vers les innovations environnementales stricto sensu.

Quant aux *conditions d'appropriabilité et de diffusion des innovations*, on retrouve en premier lieu l'impact déterminant (forts effets marginaux) du taux d'adoptants d'éco-innovation du sous-secteur sur l'intensité de la performance de la firme. 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 1). 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 de leur performance à éco-innover est positivement liée à une recherche d'adéquation à la réglementation existante associée à une recherche d'obtention d'aide ou de subvention à l'éco-innovation. A l'inverse, on trouve le profil des firmes du transport influencées par l'anticipation de la réglementation future et pour lesquelles la recherche d'aide et de subvention ne joue pas.

La diversité des conditions de diffusion des spillovers 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 BI 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 leur performance à l'éco-innovation.

Tableau 3 : l'intensité de l'éco-innovation des 5 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	1.131***	0.159	-0.0840	0.155	0.749***	0.134	0.0977	0.572	0.481***	0.110
Innovation de produit :										
radicale	0.906**	0.289	1.078***	0.269	1.073***	0.280	7.341***	2.062	1.105***	0.197
incrémentale	0.987***	0.260	0.271	0.208	0.525*	0.256	2.233	1.213	0.384*	0.156
incrémentale/radicale	0.542*	0.231	0.661**	0.211	0.818***	0.214	3.371**	1.209	0.637***	0.151
Innovation de procédés :	0.693***	0.136	1.881***	0.125	1.068***	0.122	3.466***	0.663	1.082***	0.097
Changement dans :										
l'organisation du travail	1.327***	0.137	1.695***	0.149	1.321***	0.128	1.289**	0.474	1.516***	0.104
les relations externes	0.747***	0.197	0.130	0.156	0.043	0.154	-1.095	0.566	0.574***	0.128
SME mis en place avant 2006 entre 2006 et 2008	0.655**	0.223	1.475***	0.255	0.533**	0.179	0.403	0.647	1.331***	0.150
	0.660***	0.168	1.322***	0.201	0.144	0.156	3.127***	0.941	1.130***	0.134
Taille										
20 à 49 salariés	Ref.		Ref.		Ref.		Ref.		Ref.	
50 à 249 salariés	0.577***	0.159	0.500***	0.151	0.535***	0.161	7.191***	2.181	0.484***	0.109
250 à 500 salariés	0.402	0.277	0.552	0.290	0.155	0.251	4.119*	1.736	0.291	0.202
Plus de 500 salariés	0.223	0.309	0.119	0.312	0.181	0.263	3.165**	1.051	-0.065	0.211
Appartenance à un groupe	0.020	0.136	-0.371**	0.138	-0.052	0.147	0.980	0.510	0.033	0.101
Opportunités technologiques										
Sources d'information :										
internes	-0.049	0.195	0.925***	0.139	1.196***	0.143	-1.562	1.400	0.893***	0.112
fournisseur	0.252	0.155	0.604***	0.144	0.499***	0.132	0.0758	0.545	0.456***	0.107
client	0.490**	0.168	-0.883***	0.178	-0.099	0.164	1.408*	0.653	0.350**	0.112
concurrent	-0.478**	0.167	0.247	0.162	-0.036	0.136	-1.192	0.620	0.058	0.117
université	-0.562*	0.252	-0.074	0.230	0.166	0.197	-0.725	0.860	-0.452**	0.154
Orga. public de recherche	-0.417	0.289	-0.367	0.221	0.267	0.243	0.262	0.806	0.220	0.222
Autres	0.688***	0.204	0.605***	0.145	0.264*	0.131	1.638**	0.633	0.166	0.111
Coopération :										
à l'intérieur du groupe	-0.0734	0.204	0.425*	0.185	-0.230	0.171	0.232	0.701	-0.293*	0.130
fournisseur	0.442	0.235	0.249	0.177	-0.157	0.169	-3.824**	1.180	0.236	0.134
client	-0.496*	0.233	0.163	0.205	0.095	0.174	-0.879	0.857	-0.134	0.145
concurrent	-0.098	0.251	-0.377	0.207	-0.405	0.208	2.258*	0.971	0.102	0.191
université	1.161**	0.367	0.696**	0.253	-0.556**	0.198	3.304*	1.430	-0.168	0.171
Orga. public de recherche	-0.094***	0.247	-0.174	0.251	0.450	0.253	-2.457*	1.159	-0.191	0.216
Conditions d'appropriabilité										
Taux d'adoptants d'éco-innovation du sous-secteur	5.223***	1.102	3.470***	0.759	-0.183	1.001	8.505***	2.368	4.075***	0.548

Concentration de marché	-0.107	0.161	-0.180	0.100	-0.0613	0.158	-0.349	0.329	-0.189*	0.092
Zone principale de marché:										
Marché régional	Ref.		Ref.		Ref.		Ref.		Ref.	
Marché national	0.384**	0.139	0.148	0.139	0.780***	0.232	8.510**	2.760	0.325**	0.108
Marché étranger	-0.158	0.212	0.210	0.209	0.879***	0.229	5.860**	2.053	0.469**	0.154
Zone du siège										
Urbain	Ref.		Ref.		Ref.		Ref.		Ref.	
Péri-urbain	0.458*	0.178	-0.832***	0.133	0.135	0.161	1.177	0.745	0.607***	0.128
Rural	0.157	0.138	-0.504***	0.129	-0.450**	0.149	2.282*	0.993	0.496***	0.118
Innovation en réponse à :										
- Réglementation existante	1.600***	0.167	2.179***	0.167	1.286***	0.145	0.199	0.593	1.806***	0.118
-Anticipation réglementation future	0.826***	0.191	0.812***	0.189	0.361*	0.171	2.801***	0.783	-0.0233	0.129
-Aide ou subvention envir.	-0.181	0.211	0.427	0.265	1.513***	0.332	0.256	0.668	0.778***	0.190
- Code de bonnes pratiques environnementales du secteur	1.309***	0.184	1.672***	0.158	1.772***	0.150	4.235***	0.818	1.668***	0.123
Observations	869		1164		804		238		1611	
Pseudo R ²	0.194		0.221		0.181		0.242		0.179	
Prob>=chibar2	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	

Sources : CIS 2008

5. Conclusion

L'objectif de l'article est d'analyser l'influence des structures internes et les formes de mobilisation des ressources externes de la firme dans sa performance éco-innovatrice et d'observer si, au niveau méso-économique, ces déterminants varient selon le contexte sectoriel. Mobilisant le cadre d'analyse des systèmes sectoriels d'innovation, on teste au niveau micro-économique, pour les firmes des 5 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 performance 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 de l'environnement externe jouent un rôle structurant dans l'intensité de la performance éco-innovative des firmes.

Concernant *la base technologique*, le profil innovateur et les processus de co-évolution avec les autres formes d'innovation, qui construisent la capacité d'absorption de la firme, sont globalement très actifs dans la performance. 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. On montre notamment le rôle très significatif de la R&D continue, de l'innovation incrémentale et des changements dans les relations externes pour les IAA et une combinaison innovations radicales, innovation procédés et changements dans l'organisation du travail pour les biens de consommation. Concernant les *conditions d'appropriabilité*, 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 spillovers de connaissance s'exprime également sur 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). Les structures de coopération sont de plus faible significativité, confirmant le caractère spécifique de cette variable qui traduit plus une forme d'appropriabilité (protéger l'innovation via la coopération) qu'une opportunité technologique.

Enfin, comme le note Malerba (2005b), une approche en terme de sectoral systems constitue un pre-requis nécessaire à toute politique sectorielle et provides the identification of system failures and the related variables which could be policy targets. Elle permet de mettre en évidence l'hétérogénéité des acteurs, des réseaux et des dynamiques de changement à l'œuvre dans les processus de coévolution. Les résultats tendent à montrer que les incitations à « co-innover » en termes de changements technique et organisationnel constituent un levier important de l'éco-innovation. Par ailleurs, ils mettent en évidence l'importance à la fois des mécanismes internes à la firme et la sensibilité des comportements à éco-innover vis-à-vis de la réglementation, ce qui tendrait à montrer non pas une opposition entre les deux mécanismes mais, comme le notent Wagner and Llerena (2011), une interaction entre regulation and the development of relevant capabilities.

Bibliographie

- Arundel, A., R. Kemp, and S. Parto. 2007. Indicators for environmental innovation : what and how to measure. In *International Handbook on Environment and Technology Management.*, Marinova D., D. Annandale and J. Phillimore, Edward Elgar, Cheltenham : 324-339.
- Astebro, T. 2004. Key success factors for technological entrepreneurs R&D projects. *Engineering Management, IEEE Transactions* 51 : 314 – 321.
- Autant-Bernard, C., V. Mangematin, and N. Massard. 2006. Creation of biotech SMEs in France. *Small Business Economics* 26 (2): p.173–187.
- Becker, W., and J. Peters. 2000. University knowledge and innovation activities. In *Technology and Knowledge: From the Firm to Innovation Systems*, P. Saviotti and Nooteboom, B. (eds.), Cheltenham, Northampton : 80–117.
- Belin, J., J. Horbach, and V. Oltra. 2009. Determinants and specificities of eco-innovations – an econometric analysis for France and Germany based on Community Innovation Survey. *Working Paper DIME* no.10.
- Cahuzac, E., and C. Bontemps. 2008. *Stata par la pratique : statistiques, graphiques et éléments de programmation*, Stata Press.
- Cassiman, B., and R. Veugelers. 2002. R&D cooperation and spillovers: some empirical evidence from Belgium. *The American Economic Review* 92, no. 4: 1169–1184.
- Cohen, W., and D. Levinthal. 1990. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly* 35, No. 1: p. 128–152.
- Cohen, W.M. 2010. Fifty years of empirical studies of innovative activity. In *Handbook of the Economics of Innovation*, vol.1, B. H. Hall and N. Rosenberg (eds), Elsevier : 129-213.
- Conceição, P., M. Heitor, and P. Vieira. 2006. Are Environmental concerns drivers for innovation? Interpreting Portuguese innovation data to foster environmental foresight. *Technological Forecasting & Social Change* 73: p.266–276.
- Costantini, V., M. Mazzanti, and A. Montini. 2011. Environmental performance, innovation and regional spillovers. *Quaderno DEIT N.3*.
- Cowan, R., N. Jonard, and J.-B. Zimmermann. 2006. Evolving networks of inventors. *Journal of Evolutionary Economics* 16, no. 1-2 : 155–174.
- Cowan, Robin, P. David, and D. Foray. 2000. The explicit economics of knowledge codification and tacitness. *Industrial and Corporate Change*, Oxford University Press, 9 (2) : 211–253.
- Demirel, P., and E. Kesidou. 2011. Stimulating different types of eco-innovation in the UK : governments policies and firm motivations. *Ecological Economics* 70, no. 8: 1546–1557.
- Dosi, G. 1988. Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature* 26, no. 3: 1120–1171.
- Edquist, C. 1997. *Systems of innovation*. London : Frances Pinter.
- Feldman, D., and M. Audretsch. 1999. Innovation in cities: science-based diversity, specialization and localized competition. *European Economic Review* 43(2): 409–429.
- Frondel, M., J. Horbach, and K. Rennings. 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.
- Galliano, D., and S. Nadel. 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.
- Galliano, D., and P. Roux. 2006. Les inégalités spatiales dans l'usage des TIC : le cas des firmes industrielles françaises. *Revue Économique*: 1449–1475.
- Galliano, D. and P. Roux. 2008. Organisational motives and spatial effects in Internet adoption and intensity of use : evidence from French industrial firms. *Annals of Regional Sciences* 42 (2).
- Geffen, C.A., and S. Rothenberg. 2005. Suppliers and Environmental Innovation The Automotive Paint Process. *International Journal of Operations & Production Management*, 20 (2) : 166-186
- Gonzalez, P. del R. 2009. The empirical analysis of the determinants for environmental technological change : a research agenda. *Ecological Economics* 68: p.861–878.

- Greene W. 1994. Accounting for excess zeros and sample selection in Poisson and negative binomial regression models, *NYU Working Paper* : EC-94-10
- 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: 163–173.
- Horbach, J., C. Rammer, and K. Rennings. 2012. Determinants of eco-innovations by type of environmental impact_The role of regulatory push-pull, technology push and market pull. *Ecological Economics* 78: p.112–122.
- Jacobs, J. 1969. *The Economy of cities*. New York: Random House.
- Kammerer, D. 2009. The effects of customer benefit and regulation on environmental product innovation. Empirical evidence from appliance manufacturers in Germany. *Ecological Economics* 68: 2285–2295.
- Karshenas, M., and P. Stoneman. 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.
- Kephaliacos, C., and L. Grimal. 2000. Internalization of external effects versus decrease of externalities: from end of pipe technologies to cleaner technologies. *International Journal of Sustainable Development* 3 (3).
- Khanna, M., G. Deltas, and D.R. Harrington. 2009. Adoption of pollution prevention techniques : the role of management systems and regulatory pressures. *Environmental and Resource Economics* 44: 85–106.
- Klevorick, A., R. Nelson, and S. Winter. 1995. On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities. *Research Policy* 24: 185–205.
- Lhuillery, S., and E. Pfister. 2009. R&D cooperation and failures in innovation projects : empirical evidence from French CIS Data. *Research Policy* 38 : 45–57.
- Lundvall, B.-A. 1992. *National Systems of Innovation*. London : Pinter Publishers.
- Mairesse, J., and P. Mohnen. 2002. Accounting for innovation and measuring innovativeness: an illustrative framework and an application. *The American Economic Review* 92, no. 2.
- Mairesse, J., and P. Mohnen. 2010. Using innovation surveys for econometric analysis. In *Handbook of the Economics of Innovation*, Elsevier : 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 *Oxford Handbook of Innovation*, ed. Oxford University Press, Elsevier.
- 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, no. 1-2 : 63–82.
- Malerba, F., and L. Orsenigo. 1993. Technological regimes and firm behavior'. *Industrial and Corporate Change* 2 : 45–74.
- Mansfield, E. 1968. *Industrial research and technological innovation : an econometric analysis*. New York : Norton.
- Marchi, V. de. 2012. Environmental innovation and R&D cooperation : empirical evidence from Spanish manufacturing firms. *Research Policy* 41: 614–623.
- Marshall, A. 1890. *Principles of Economics*. ed Macmillan.
- Mazzanti, Montini, and Zoboli. 2007. Complementarities, firm strategy and environmental innovations- empirical evidence for the manufacturing sector. *DRUID Summer Conference 2006*.
- Milgrom, P., and J. Roberts. 1990. The economics of modern manufacturing : technology, strategy and organization. *American Economic Review* 80: 511–528.
- Milgrom, P., and J. Roberts. 1995. Complementarities and fit strategy, structure, and organizational change in manufacturing. *Journal of Accounting and Economics*, Elsevier, 19 (2-3) : 179–208.
- Mirata, M., and T. Emtairah. 2005. Industrial symbiosis networks and the contribution to environmental innovation. *Journal of Cleaner Production* (13), no. 10-11: 993–1002.

- Nieto, M., and P. Quevedo. 2005. Absorptive capacity, technological opportunity, knowledge spillovers and innovative effort. *Technovation* 25: 1141–1157.
- Oltra, V., and M. Saint Jean. 2009. Sectoral systems of environmental innovation : an application to the French automotive industry. *Technological Forecasting & Social Change* 76 : 567–583.
- Ota, M., and M. Fujita. 1993. Communication technologies and spatial organization of multi-unit firm in metropolitan areas. *Regional Science and Urban Economics* 23: 695–729.
- Patel, P. 1998. Indicators for systems of innovation and system interactions, *IDEA Papers Series*, no.11.
- Pereira, A., and X. Vence. 2012. Key business factors for eco-innovation : an overview of recent firm-level empirical studies. *Cuadernos De Gestion* 12 : 73–103.
- Porter, M. 1991. America's green strategy. *Scientific American* 264: 168.
- Porter, M., and C. van der Linde. 1995. Green and competitive : ending the stalemate. *Harvard Business Review* : 120–134.
- Rave, T., F. Goetzke, and M. Larch. 2011. The determinants of environmental innovations and patenting : Germany Reconsidered. *Ifo Working Papers no.97*.
- Rehfeld, K.-M., K. Rennings, and A. Ziegler. 2007. Integrated product policy and environmental product innovations: An empirical analysis. *Ecological Economics* 6: 91–100.
- Rennings, K. 2000. Redefining innovation - eco-innovation and the contribution from ecological economics. *Ecological Economics* 32: 319–332.
- Rothenberg, S., and S. Zyglidopoulos. 2007. Determinants of environmental innovation adoption in the printing industry : the importance of task environment. *Business Strategy and the Environment* 16: 39–49.
- Simpson, D., D. Power, and D. Samson. 2007. Greening the automotive supply chain: a relationship perspective. *International Journal of Operations & Production Management* 27, no. 1: 28–48.
- Smith, K. 2005. Measuring Innovation. In *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press.
- Smolny, W. 2003. Determinants of innovation behaviour and investment estimates for West-german manufacturing Firms. *Economics of Innovation and New Technology* 12 (5).
- Veugelers, R. 1997. Internal R&D expenditures and external technology sourcing 26: 303–315.
- 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., and P. Llerena. 2011. Eco-innovation through integration, regulation and cooperation : comparative insights from case studies in three manufacturing sectors. *Industry and Innovation* 18: 747–764.

Annexe : description des variables

Variable	Description
Capacités d'absorption de la firme	
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
incrémentale	= 1 si l'innovation est nouvelle uniquement pour l'entreprise
incrémentale/radicale	= 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 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 mis en place avant 2006 entre 2006 et 2008	= 1 si introduction d'un SME avant 2006, 0 si non = 1 si introduction d'un SME entre 2006 et 2008, 0 si non=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	
Sources d'information :	
internes	= 1 si la firme déclare avoir une source d'information en interne, avec d'autres entreprises de son groupe ou de son réseau d'enseignes pour innover, 0 si non
fournisseur	= 1 si la firme déclare avoir comme source d'information pour innover des fournisseurs d'équipements, matériels, composants, logiciels, 0 si non
client	= 1 si la firme déclare avoir comme source d'information pour innover des clients ou consommateurs, 0 si non
concurrent	= 1 si la firme déclare avoir comme source d'information pour innover des concurrents ou autres entreprises de son secteur d'activité, 0 si non
université	= 1 si la firme déclare avoir comme source d'information pour innover une Université ou un établissement d'enseignement supérieur, 0 si non
Orga. public de recherche	= 1 si la firme déclare avoir comme source d'information pour innover avec des organismes publics de R&D ou instituts privés à but non lucratif, 0 si non
Autres	= 1 si la firme déclare avoir comme source d'information pour l'innovation des conférences, foires, expositions, revues scientifiques et professionnelles ou par des associations professionnelles ou industrielles, 0 si non
Coopération :	
à l'intérieur du groupe	=1 si la firme déclare avoir coopéré pour innover en interne, avec d'autres entreprises de son groupe ou de son réseau d'enseignes
fournisseur	= 1 si la firme déclare avoir coopéré pour innover avec des fournisseurs d'équipements, matériels, composants, logiciels
client	= 1 si la firme déclare avoir coopéré pour innover avec des clients ou consommateurs, 0 si non
concurrent	= 1 si la firme déclare avoir coopéré pour innover avec des concurrents ou autres entreprises de son secteur d'activité, 0 si non
université	= 1 une Université ou un établissement d'enseignement supérieur, 0 si non
Orga. public de recherche	= 1 si la firme déclare avoir coopéré pour innover avec si la firme déclare avoir coopéré pour innover avec des organismes publics de R&D ou instituts privés à but non lucratif, 0 si non
Conditions d'appropriabilité	
Taux d'adoptants d'innovation du sous-secteur	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

Innovation en réponse à :	
- Réglementation 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 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
-Aide ou subvention envir.	= 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