

POLITIQUE, GESTION ET R-D ENVIRONNEMENTALES

Nick Johnstone et Julien Labonne

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	192
Études antérieures sur le sujet	193
Conclusions théoriques	195
Conclusions empiriques	196
Modèle	199
R-D générale	200
R-D environnementale	204
Données et statistiques descriptives	208
Variables économiques générales	213
Variables relatives à la politique environnementale	217
Variables relatives à la gestion environnementale	217
Analyse empirique	218
Décision de s'engager dans des activités de R-D	218
Décision de s'engager dans des activités de R-D environnementale	221
Moyens de remédier aux distorsions potentielles dues à l'endogénéité	223
Conclusion	224
Bibliographie	227
<i>Annexe 1.</i> Conception et protocole de l'enquête.....	230
<i>Annexe 2.</i> Représentativité de la composition sectorielle de l'échantillon	231

Les auteurs tiennent à exprimer toute leur gratitude à Chris Heady (Direction des affaires financières et des entreprises de l'OCDE) et Dirk Pilat (Direction de la science, de la technologie et de l'industrie) pour leurs précieuses remarques sur une version antérieure de cet article. Ils souhaitent par ailleurs remercier de leurs contributions tous leurs autres collègues du projet de l'OCDE intitulé « Politique d'environnement et gestion d'entreprise ». (Voir Johnstone 2006 et la page Internet www.oecd.org/env/cpe/firms pour une liste exhaustive des personnes ayant collaboré à ce projet, ainsi que des autres résultats auxquels il a abouti.) Les lumières de Toshi Arimura (Département d'économie, Sophia University, Japon) dans le domaine de la recherche-développement ont en particulier été d'une extrême utilité.

INTRODUCTION

La lutte contre la pollution et l'innovation sont deux domaines caractérisés par des défaillances du marché. La pollution est une externalité négative (compte tenu que certains éléments du pouvoir auto-épurateur de l'environnement présentent les caractéristiques d'un bien public) alors que l'innovation est réputée constituer une externalité positive (étant donné que certains des éléments d'information qu'elle génère présentent les caractéristiques d'un bien public). Aussi, faute de politiques publiques destinées à surmonter les défaillances du marché, les entreprises polluent-elles trop et n'innovent-elles pas assez par rapport à l'optimum social. Comme l'ont fait observer Jaffe *et al.* (2005), le volume des investissements dans la mise au point de « technologies vertes » risque dès lors d'être inférieur à l'optimum social puisque dans leur cas ces deux défaillances du marché se renforcent mutuellement.

Il importe donc de déterminer quels sont les facteurs qui amènent les établissements manufacturiers à décider de procéder à des investissements de R-D, et plus particulièrement à des investissements de R-D dans le domaine de l'environnement. Il est essentiel de comprendre quelle peut être l'incidence que l'action des pouvoirs publics et notamment les réglementations environnementales exercent sur l'innovation en matière d'environnement, afin d'aider les responsables de l'élaboration des politiques à les concevoir de telle sorte qu'elles soient « favorables à l'innovation ». Nous analysons en outre comment la gestion de l'environnement au sein des entreprises influe sur la décision de s'engager dans des activités de R-D environnementale.

Il convient de garder à l'esprit que nous ne nous intéressons qu'aux déterminants de ces investissements de R-D et non à l'impact global que ceux-ci exercent sur le bien-être social. Il n'est pas exclu que les investissements de R-D dans le domaine de l'environnement détournent des ressources qui auraient pu être consacrées à d'autres usages d'une plus grande utilité sociale. Link (1982) constate ainsi que les activités de R-D environnementale risquent de freiner la progression de la productivité mesurée.

Du fait de la difficulté de mesurer directement l'innovation, les études empiriques qui s'efforcent d'évaluer l'impact que les politiques environnementales exercent sur l'innovation ont généralement recours à l'une ou l'autre des deux variables de substitution indiquées ci-après (voir OCDE, 2006). La première

correspond au niveau des dépenses de R-D ou de R-D environnementale et la seconde au nombre de brevets délivrés. L'une et l'autre méthode présentent des inconvénients bien connus. La première a été critiquée au motif que la R-D est un élément constitutif du processus d'innovation et non un produit de celui-ci. La seconde l'a été quant à elle du fait qu'elle accorde la même importance à tous les brevets bien qu'il soit désormais établi qu'il n'y en ait pas deux qui aient la même valeur. Il serait donc souhaitable d'évaluer le progrès technologique en examinant la valeur individuelle des différents brevets, mais il n'est pas aisé d'avoir accès aux informations nécessaires à cet effet, aussi nous intéresserons-nous essentiellement à la décision de s'engager dans des activités de R-D générale et environnementale.

Cet article vise à apporter une contribution aux études sur les facteurs qui déterminent la décision de s'engager dans des activités d'innovation en matière d'environnement grâce à l'analyse d'une base de données gérée par la Direction de l'environnement de l'OCDE et mise en œuvre par des équipes de recherche dans sept pays de l'OCDE. (Pour une description exhaustive du projet, voir la page Internet www.oecd.org/env/cpe/firms, ainsi que Johnstone, 2006.) Les données ont été collectées au début de 2003 au moyen d'une enquête postale auprès des établissements manufacturiers d'au moins 50 salariés menée dans les sept pays de l'OCDE concernés. (L'annexe 1 décrit plus en détail la procédure d'échantillonnage.) On constate que la probabilité que ces établissements s'engagent dans des activités de R-D environnementale est d'autant plus grande que la politique d'environnement est stricte et fait appel à des instruments de politique environnementale relativement souple. La mise en œuvre de systèmes et d'outils de gestion environnementale accroît également la probabilité que ces établissements investissent dans la R-D environnementale, bien que ces décisions soient l'une et l'autre déterminées de manière endogène.

Cet article s'articule de la façon suivante. La prochaine section examine les études sur les déterminants de l'innovation environnementale en mettant plus particulièrement l'accent sur les effets des différents instruments d'action. Un modèle de la décision de s'engager dans des activités de R-D environnementale est ensuite proposé. Puis, dans les deux sections suivantes, nous présentons nos données, fournissons certaines statistiques descriptives et faisons état de nos résultats. Enfin, nous formulons nos conclusions dans la dernière section.

ÉTUDES ANTÉRIEURES SUR LE SUJET

Depuis les travaux précurseurs de Schumpeter (1942), le progrès technologique est réputé comporter trois étapes. La première est celle de l'invention, qui implique la création d'un nouveau produit ou d'un nouveau procédé. La seconde est celle de l'innovation, qui intervient lors de la mise sur le marché d'un nouveau

produit ou d'un nouveau procédé. La troisième est celle de la diffusion, qui correspond au processus par lequel les entreprises et/ou les particuliers commencent à utiliser à large échelle une innovation couronnée de succès. Comme l'a fait remarquer Arrow (1962), les informations générées par ces trois aspects du progrès technologique peuvent constituer au moins en partie un bien public. Une intervention des pouvoirs publics est dès lors manifestement nécessaire pour assurer un taux d'innovation socialement optimal.

Cependant, du fait qu'elle modifie les incitations auxquelles sont confrontées les entreprises, l'action des pouvoirs publics risque d'avoir non seulement un impact sur le rythme du progrès technologique mais aussi sur son orientation. Dans cet article, nous nous intéressons à l'orientation du progrès technologique, notamment en ce qui concerne l'intensité d'utilisation de l'environnement. Le coût marginal privé de la pollution étant généralement inférieur à son coût marginal social, les entreprises auront tendance à trop polluer par rapport à l'optimum social. Aussi les organismes de réglementation devraient-ils dans l'idéal mettre en place des incitations qui encouragent les entreprises à être moins polluantes.

Dans l'ensemble, la réglementation environnementale fournit deux types d'incitations : des incitations statiques à moins polluer grâce au recours à certaines technologies bien précises et des incitations dynamiques à mettre au point et adopter des technologies plus propres. Certains économistes (comme par exemple Knesse et Schultze, 1978, Orr, 1976, ou encore Milliman et Prince, 1989) font valoir que les principaux avantages des politiques environnementales (sous l'angle du bien-être social) découlent de ce dernier effet plutôt que du premier. D'après Milliman et Prince (1989) :

« On a pu dire que l'incidence de la réglementation sur le rythme des progrès techniques dans le domaine de la lutte contre la pollution constitue "peut-être à long terme le principal critère à l'aune duquel doit être jugée la politique environnementale" (Knesse et Schultze, 1978) mais aussi "la clé d'une solution effective des problèmes d'environnement" (Orr, 1976) ».

Parry *et al.* (2003) notent cependant que l'on n'a pas accordé grande attention aux moyens de mesurer de manière empirique les gains de bien-être générés par les innovations induites par la politique environnementale. Ils ont recours à un modèle simple mais néanmoins puissant pour montrer que contrairement à ce que l'on suppose souvent, si l'on retient pour les paramètres une fourchette de valeurs probable, les gains de bien-être entraînés par l'innovation technologique sont plus faibles que ceux auxquels aboutissent les mesures de lutte contre la pollution optimales. Ils mettent cependant en évidence que ces gains de bien-être n'en représentent « pas moins une fraction non négligeable des gains de bien-être pigouviens » (Parry *et al.*, 2003). Il faut donc tenir dûment compte des innovations induites si l'on veut évaluer précisément les avantages nets de la

réglementation environnementale, et ce bien que les incitations à innover ne constituent pas en l'occurrence le principal élément déterminant. Dans les prochaines sections, nous examinerons les études empiriques et théoriques relatives aux effets que les politiques environnementales exercent sur l'innovation.

Conclusions théoriques

Les études théoriques sur les effets que les politiques environnementales exercent sur le progrès technologique sont désormais très nombreuses. Les politiques environnementales présentent une importante caractéristique : les entreprises confrontées à des instruments faisant appel aux mécanismes du marché bénéficient d'avantages financiers (que ce soit sous la forme d'exonérations fiscales ou bien de recettes tirées de la vente de permis ou de la réduction des coûts qu'elles réalisent du fait qu'il ne leur est plus nécessaire d'en acquérir) pour chacune des unités d'émission évitées, alors que celles soumises à des réglementations contraignantes n'ont aucune incitation à réduire leurs émissions au-delà de ce qu'imposent les normes. Par conséquent, comme l'on pouvait s'y attendre, une bonne partie des études (dont par exemple celles de Milliman et Prince, 1989, de Jung *et al.*, 1996, ou de Downing et White, 1986) soutiennent l'idée que les instruments faisant appel aux mécanismes du marché (taxes sur les émissions et permis négociables) offrent de plus fortes incitations à innover que les mesures contraignantes (normes fondées sur les performances ou d'inspiration technique). Il est de fait improbable que les entreprises consacrent beaucoup de ressources à la R-D environnementale si l'organisme de réglementation impose des contraintes quant aux technologies auxquelles elles peuvent avoir recours pour se conformer aux réglementations en vigueur, comme c'est le cas en ce qui concerne les normes techniques.

Ces études classent souvent les divers instruments en fonction des incitations à innover qu'ils fournissent. Cependant, du point de vue de l'action des pouvoirs publics, il ne convient d'encourager l'innovation que si elle a pour effet d'accroître le bien-être social. Fischer *et al.* (2003) se sont attachés à combler ce hiatus en comparant les instruments d'action mis en œuvre dans le cadre de la politique d'environnement non plus en fonction des incitations à mettre au point des technologies de production plus propres qu'ils créent mais de l'effet global qu'ils exercent sur le bien-être. C'est pourquoi leur modèle ne tient pas comme c'est généralement le cas uniquement compte de la demande mais aussi de l'offre qui s'expriment sur le marché de l'innovation. Ils montrent qu'aucun des trois instruments qu'ils examinent (taxes, permis gratuits et permis vendus au enchères) n'est intrinsèquement meilleur que les deux autres pour ce qui est d'induire l'innovation. Les résultats auxquels ils parviennent donnent cependant à penser que « chacun des trois instruments d'action peut induire des gains de bien-être sensiblement plus élevés que les deux autres »

et ce en fonction des circonstances (Fischer *et al.*, 2003). Quatre grands facteurs expliquent les différences de classement : la capacité des entreprises à imiter l'innovation, le coût de l'innovation, la pente et le niveau de la fonction des avantages environnementaux, ainsi que le nombre d'entreprises à l'origine d'émissions.

Parry (1998) utilise un modèle dynamique, ce qui implique que l'état de la technologie à un moment précis constitue une variable endogène. Dans ce modèle, les nouveaux procédés de production découverts par les entreprises innovantes peuvent être imités par celles qui n'innovent pas. L'auteur parvient à la conclusion que dans un tel contexte les instruments faisant appel aux mécanismes du marché ne sont pas sensiblement supérieurs aux réglementations contraignantes, à moins que des innovations majeures n'aient lieu. Il fait également remarquer que les différents instruments pourraient atteindre des degrés d'efficacité très similaires s'il était possible de les ajuster à leur niveau optimal après que l'innovation se soit produite.

Ces derniers temps, certains articles ont commencé à mettre en doute la suprématie globale des instruments faisant appel aux mécanismes du marché en tant que moyen de promouvoir l'innovation. Montero (2002) introduit une situation de concurrence imparfaite sur les marchés de produits comme sur celui des permis et démontre ainsi qu'en raison de l'adoption d'un comportement stratégique lors de la prise de décision de s'engager dans des activités de R-D, « les normes peuvent fournir de plus grandes incitations que les permis ». En effet, en situation d'oligopole, la décision d'une entreprise de s'engager dans des activités de R-D a une incidence sur les choix de production de ses concurrentes, ce qui risque d'avoir un impact négatif sur ses bénéficiaires.

Conclusions empiriques

Quelques études empiriques sur les liens entre la politique environnementale et l'innovation ont été entreprises. Comme cela a déjà été mentionné, la plupart d'entre-elles mesurent l'innovation en s'appuyant sur les données relatives aux dépenses de R-D et au nombre de brevets délivrés. Bien entendu, l'une et l'autre de ces mesures sont imparfaites. Premièrement, toutes les innovations n'impliquent pas des activités de R-D. C'est particulièrement vrai dans le secteur des services, où les innovations en matière de gestion sont fréquentes, mais c'est également valable pour les secteurs manufacturiers, dans lesquels les innovations peuvent prendre la forme de l'achat d'intrants ou de technologies. En second lieu, les brevets ne constituent en aucun cas la seule forme de protection des rentes générées par l'innovation (ni même la plus courante). Cohen *et al.* (2000) constatent en effet que le recours à d'autres moyens tels que le secret industriel, les stratégies commerciales ou encore la mise à profit des délais de maturation est bien plus fréquent.

Lanjouw et Mody (1996) ont étudié les dépôts de brevets pour des innovations environnementales en Allemagne, aux États-Unis et au Japon au cours des années 70 et 80. Dans ces pays, les dépôts de brevets dans le domaine de l'environnement sont sensibles aux variations des dépenses de lutte contre la pollution. L'accroissement des coûts de lutte contre la pollution entraînera une multiplication desdits dépôts de brevets avec un à deux ans de décalage. On ne peut cependant totalement se fier à leurs résultats étant donné que d'autres facteurs qui influent sur l'innovation (tels que la structure du secteur, la concurrence internationale, etc.) ne sont pas pris en considération dans leur modèle.

L'étude de Jaffe et Palmer (1997) fait suite au débat suscité par l'hypothèse de Porter et par l'affirmation que la politique environnementale pourrait générer des gains commerciaux¹. Faute de données suffisantes, ces auteurs ne tentent pas de vérifier directement la validité de l'hypothèse de Porter mais préfèrent s'appuyer sur les informations disponibles pour fournir certaines informations sur les liens entre la réglementation environnementale et l'innovation en général (et non celle spécifiquement axée sur les procédés et les produits respectueux de l'environnement). Ils utilisent des données communiquées par les industries manufacturières des États-Unis depuis la fin des années 70 jusqu'au début des années 90. Ils mesurent l'innovation de deux façons : par les dépenses totales de R-D du secteur privé et par le nombre de brevets délivrés. Ils concentrent leur attention sur le degré de rigueur de la politique environnementale, mesuré par les dépenses de lutte contre la pollution au niveau sectoriel, plutôt que sur le choix des instruments d'action. Ils parviennent à des résultats nuancés : l'accroissement des dépenses de mise en conformité avec la réglementation entraîne une augmentation des dépenses de R-D mais pas une progression statistiquement significative du nombre de brevets délivrés. Ils soutiennent que cet état de choses est une simple conséquence de la faible valeur des innovations induites par les politiques environnementales.

Plus récemment, Brunnermeier et Cohen (2003) ont évalué les liens entre les pressions exercées par la politique d'environnement et l'innovation environnementale (mesurée par le nombre de brevets en rapport avec l'environnement) dans les industries manufacturières des États-Unis au cours de la période allant de 1983 à 1992. Ils montrent que, comme l'on pouvait s'y attendre, un accroissement des dépenses de lutte contre la pollution au niveau sectoriel aboutit à une augmentation du nombre de brevets en rapport avec l'environnement délivrés. Les industries exposées à la concurrence internationale ont également une plus grande probabilité de procéder à des innovations respectueuses de l'environnement. Contre toute attente, les résultats obtenus par ces auteurs paraissent indiquer que les industries ne sont pas sensibles au renforcement des activités visant à contrôler et imposer le respect de la réglementation.

Newell *et al.* (1999) ont examiné l'effet que l'évolution des prix de l'énergie et les normes réglementaires relatives aux économies d'énergie exercent sur l'innovation du point de vue de la consommation d'énergie des climatiseurs et des chauffe-eau à gaz proposés à la vente aux États-Unis. Ils constatent qu'une bonne partie des avancées enregistrées en matière d'économies d'énergie peuvent être attribuées au progrès technologique d'ensemble. Les prix de l'énergie ont toutefois « induit » une certaine innovation et expliquent de un quart à la moitié de la réduction de la consommation d'énergie au cours de la période 1973-1993. Qui plus est, l'effet de l'évolution des prix a été particulièrement important après que l'obligation d'étiqueter les produits a été instaurée. En outre, les normes relatives aux économies d'énergie ont également eu un impact statistiquement significatif – quoique plus modeste – sur la consommation d'énergie des appareils proposés à la vente.

Jaffe et Stavins (1995) examinent comment différentes dispositions prises par les pouvoirs publics influent sur la diffusion de la technologie, bien qu'ils ne s'intéressent pas à leur impact sur l'innovation elle-même. Ils étudient le recours aux mesures concrètes d'isolation des bâtiments et ils constatent que les subventions liées aux économies d'énergie ont une plus grande influence que les taxes énergétiques, mais ils observent également que les réglementations directes (telles que les codes de la construction) n'ont guère d'incidence. Ils soulignent cependant que le fait que les subventions contribuent davantage à encourager le recours aux mesures d'isolation n'est pas nécessairement un argument en faveur de leur usage, d'autant que les effets d'échelle négatifs en matière de consommation d'énergie risquent d'être plus importants que les avantages résultant d'une meilleure isolation. Il est de surcroît difficile de concevoir des systèmes de subvention qui évitent l'antisélection.

Popp (2003) examine les effets que le mécanisme des permis négociables appliqué aux émissions de SO₂ dans le cadre de la loi sur la pureté de l'air (*Clean Air Act*) de 1990 a eus sur l'innovation respectueuse de l'environnement. Il compare les demandes de brevets formulées après l'instauration du mécanisme des permis négociables à celles déposées dans le cadre du système de réglementations d'inspiration technique auparavant en place et il observe que les instruments faisant appel aux lois du marché paraissent avoir abouti à « des activités de R-D destinées à accroître l'efficacité des dispositifs de désulfuration » (Popp, 2003).

Kerr et Newell (2003) cherchent à vérifier empiriquement l'impact que les politiques environnementales faisant appel aux mécanismes du marché exercent sur la diffusion des nouvelles technologies. Ils étudient l'adoption de nouvelles technologies induites par la décision de l'industrie pétrolière américaine de supprimer progressivement le plomb dans l'essence. S'appuyant sur un panel de 378 raffineries pour la période 1971-1995, ils montrent que comme l'on pouvait s'y

attendre le recours aux instruments faisant appel aux mécanismes du marché favorise l'adoption de technologies efficaces par rapport aux coûts. Un durcissement des réglementations en vigueur aboutit pareillement à l'adoption d'un plus grand nombre de technologies de ce type.

Bref, ces conclusions confortent dans une certaine mesure l'idée que les incitations ayant pour effet de favoriser les innovations qui tendent à « sauvegarder l'environnement » sont d'autant plus fortes que la politique environnementale est stricte. Certains éléments paraissent toutefois indiquer que les instruments d'action caractérisés par une plus grande souplesse exercent davantage d'influence que ceux de nature plus contraignante.

MODÈLE

Les établissements manufacturiers comparent les avantages escomptés des investissements de R-D (que celle-ci soit de nature générale ou spécifiquement axée sur les questions d'environnement) au coût probable de ces derniers et ils ne donnent suite à leurs projets en la matière que si et seulement si les premiers sont supérieurs aux seconds. Dans cette section, nous présenterons certains arguments théoriques quant au rôle joué par différents facteurs qui devraient probablement influencer sur la décision d'un établissement de s'engager ou non dans des activités de R-D générale et environnementale.

Nous considérons dans notre modèle que la décision de s'engager dans des activités de R-D environnementale est prise en deux étapes. L'établissement considéré doit tout d'abord décider s'il convient ou non d'investir dans des activités de R-D générale, puis s'il est ou non souhaitable de consacrer une part de son budget de R-D aux questions d'environnement. En d'autres termes, nous supposons que seules les entreprises ayant déjà engagé un effort de R-D générale consacreront des ressources à des activités de R-D spécifiquement axées sur les questions d'environnement. On peut avoir la certitude que cette hypothèse se vérifiera dans la pratique. Il se pourrait certes que bon nombre d'entreprises du secteur des services environnementaux soient exclusivement engagées dans des activités de R-D environnementale, mais il est très improbable qu'un établissement manufacturier ne déployant aucun effort de R-D générale décide de se lancer dans des activités de R-D spécifiquement axées sur les questions d'environnement. Nos données confortent cette hypothèse : tout d'abord, seulement 15.7 % des établissements qui procèdent à des investissements de R-D disposent d'un budget spécifiquement destiné à financer des activités de R-D environnementale, et en second lieu 93 % des établissements ayant communiqué des informations sur le volume de leurs dépenses déclarent consacrer moins de 50 % de leur effort de R-D aux questions d'environnement.

Nous nous intéresserons dans une première étape aux facteurs qui influent sur le rythme du progrès technologique avant de nous pencher dans une seconde étape sur ceux qui en déterminent l'orientation. La première de ces étapes reflète la décision de consacrer des ressources à la R-D, laquelle exerce une incidence sur le rythme potentiel du progrès technologique, alors que la seconde est davantage liée à la façon dont les fonds sont répartis entre les différents types de projets de recherche. Nous nous attacherons en particulier à établir quels sont les facteurs qui déterminent l'orientation du progrès technologique dans le sens de la mise au point de produits et de procédés plus respectueux de l'environnement.

R-D générale

Les études économiques sur les déterminants de la R-D sont désormais très nombreuses et le cadre d'action des pouvoirs publics, les caractéristiques du marché ou encore celles des entreprises sont supposés influencer sur la décision de ces dernières de procéder à de tels investissements. Cet article n'a pas pour ambition de procéder à un examen exhaustif de ces questions, et le lecteur est invité à se reporter à l'étude de Jaumotte et Pain (2005a) pour un exemple de travaux récents dans ce domaine, ainsi qu'à celle de l'OCDE (2006) pour une vue d'ensemble de ces mêmes travaux. Nous résumerons toutefois certaines des conclusions d'ordre général.

Conditions de l'action des pouvoirs publics

Étant donné que l'innovation crée une externalité positive, il n'est pas surprenant que la décision de s'engager dans des activités de R-D soit influencée par l'action des pouvoirs publics. Premièrement, les connaissances générées par la R-D ont pour caractéristique intrinsèque qu'il est très difficile d'interdire à autrui de s'en servir. Ces connaissances constituent donc un bien public et les mécanismes du marché n'en assureront pas une offre suffisante. La rentabilité privée des investissements de R-D est dès lors bien plus faible que leur rentabilité sociale (pour une analyse empirique, voir par exemple Mansfield *et al.*, 1997). En outre, à supposer même qu'elle ne comporte pas d'éléments présentant les caractéristiques d'un bien public, la R-D risque d'être particulièrement difficile à financer de façon optimale. Tout d'abord, les investissements de R-D ont presque toujours une faible probabilité d'aboutir mais se caractérisent par une forte valeur potentielle, aussi les marchés de capitaux pourraient-ils avoir du mal à les évaluer de façon optimale (Scherer et Harhoff, 2000). En second lieu, la R-D ne peut servir de garantie sur les marchés de capitaux compte tenu qu'elle génère des actifs spécialisés, irrécupérables et incorporels (Jaffe *et al.*, 2003). Aussi est-il nécessaire que les pouvoirs publics interviennent soit pour accroître la rentabilité des innova-

tions soit pour réduire leur coût de production (voir OCDE, 2004 pour une vue d'ensemble des pratiques actuelles dans les pays de l'OCDE).

Afin de tenir compte du fait qu'elles présentent les caractéristiques d'un bien public, une protection légale des connaissances générées par la R-D peut être assurée en vue d'aider les innovateurs à s'approprier les rentes potentielles qui leur sont liées (voir par exemple Levin *et al.*, 1987). Aussi la rigueur du régime de protection des droits de propriété intellectuelle en vigueur dans un pays est-elle souvent supposée figurer parmi les principaux déterminants de la R-D. De récents travaux empiriques (Jaumotte et Pain, 2005a, ou Cohen *et al.*, 2000, par exemple) sont toutefois parvenus à la conclusion que le régime de protection des droits de propriété intellectuelle constitue en règle générale une médiocre variable explicative des investissements de R-D dans les pays de l'OCDE, puisque bon nombre d'entreprises privilégient d'autres moyens (tels que le secret industriel, les stratégies commerciales ou encore la mise à profit des délais de maturation) pour s'approprier les rentes générées par l'innovation. Les régimes de protection des droits de propriété intellectuelle n'en jouent pas moins un rôle non négligeable dans certains secteurs et certains pays (Cohen *et al.*, 2000).

De nombreux gouvernements ont par ailleurs mis en place des programmes destinés à promouvoir la coopération entre les institutions de recherche publiques et l'industrie (voir Jaumotte et Pain, 2005b, pour un examen). Beaucoup de ces programmes sont certes motivés par le désir de tirer de plus grands avantages économiques de la R-D financée par le secteur public, mais ils peuvent également encourager les activités de R-D du secteur privé. S'ils sont bien conçus, ces programmes peuvent favoriser l'internalisation des externalités en matière de connaissances entre les organismes publics et ceux du secteur privé mais aussi et surtout entre les différents organismes privés.

En vue d'apporter une solution aux problèmes de financement de la R-D, beaucoup de gouvernements ont mis en place des incitations financières directes, notamment sous la forme d'allègements fiscaux, de subventions et de prêts. Elles visent dans la plupart des cas à éviter que le soutien public ait pour effet de totalement « évincer » l'investissement privé, mais elles répondent à des degrés variables à ce problème potentiel. L'investissement public dans la recherche fondamentale et l'enseignement supérieur peut plus généralement réduire les coûts des activités de R-D du secteur privé et remédier ainsi de manière indirecte au manque de ressources financières. Jaumotte et Pain (2005a) ont constaté dans leur étude que bien qu'un soutien financier public spécialement destiné à encourager la R-D ait une influence positive sur les activités du secteur privé en ce domaine, ses effets sont moins importants que ceux de la politique d'ensemble mise en œuvre et des conditions générales en vigueur, telles que l'ouverture de l'économie et le régime applicable à l'investissement direct étranger.

Caractéristiques du marché

L'une des hypothèses centrales relatives aux effets sur l'innovation exercés par la structure du marché a été formulée par Schumpeter (1942), qui soutenait qu'il existe une corrélation positive entre la concentration du marché et l'innovation. On s'attend à ce que tel soit le cas du fait qu'une entreprise en situation de monopole est mieux placée pour éviter d'être imitée et dispose de plus de ressources financières susceptibles d'être affectées aux activités de R-D. Une telle entreprise peut dès lors être plus à même de supporter les risques liés aux investissements de R-D et d'en recueillir les fruits. Arrow (1962) est toutefois parvenu dans un article théorique à la conclusion que les incitations à une plus grande efficacité générées par une situation de concurrence parfaite favorisent davantage les activités d'innovation.

Compte tenu des résultats théoriques contradictoires concernant les effets que le degré de concurrence sur le marché pourrait avoir sur les incitations à investir dans la R-D, il n'est pas surprenant que les résultats empiriques soient eux-mêmes contrastés. Gerosky (1990) fait il est vrai état de certains éléments qui tendent à conforter l'idée que la concurrence exerce un effet positif, mais tant Kraft (1987) que Acs et Audretsch (1987) en mentionnent d'autres qui paraissent cadrer avec l'hypothèse de Schumpeter (pour un examen des travaux empiriques dans ce domaine, voir Syrneonidis, 1996). On trouve donc aussi bien des éléments théoriques et empiriques donnant à penser que la relation entre le degré d'innovation et celui de concurrence sur le marché est négative que d'autres qui suggèrent qu'elle est au contraire positive.

L'ampleur géographique du marché est également supposée constituer un important déterminant des investissements de R-D : une entreprise a d'autant plus de chances d'innover que le marché sur lequel elle opère est de caractère mondial. Comme l'ont noté Criscuolo *et al.* (2005), les marchés constituent un vecteur d'information, aussi les entreprises mondiales disposent-elles d'un plus vaste ensemble d'informations que celles d'envergure nationale ou locale. Pour des raisons similaires, l'investissement direct étranger paraît pouvoir être un important moyen d'élargir l'ensemble de connaissances potentielles sur lesquelles peuvent s'appuyer les entreprises (OCDE, 2006). De fait, comme cela a été précédemment mentionné, de récentes données empiriques (Jaumotte et Pain, 2005a) indiquent que le degré d'ouverture de l'économie compte parmi les principaux déterminants des investissements de R-D.

Caractéristiques des entreprises

La R-D industrielle présente une autre caractéristique importante, à savoir que les entreprises sont souvent contraintes d'autofinancer ces investissements en raison des risques qui leur sont associés (Syrneonidis, 1996). C'est pourquoi

les entreprises qui disposent de plus grandes ressources financières internes ont une plus grande probabilité d'investir dans la R-D. Deux explications ont été avancées (voir par exemple Kamien et Schwartz, 1978). Il peut tout d'abord s'avérer difficile d'obtenir des prêts externes du fait que les projets de R-D qui n'aboutissent pas ne laissent que peu d'actifs corporels de valeur, mais aussi parce que les risques liés à ce type de projets pourraient bien dissuader les prêteurs externes de les financer, à moins que d'importantes garanties ne leur soient fournies. En second lieu, les entreprises risquent de se montrer réticentes à communiquer des informations privées qui pourraient rendre le projet intéressant aux yeux des prêteurs externes, de crainte que leurs concurrentes puissent alors y avoir accès. Ces problèmes de financement ne sont pas aussi grands pour les entreprises cotées en bourse du fait qu'elles ont plus aisément accès aux capitaux que les autres (Syrneonidis, 1996). Qui plus est, l'expansion des marchés de capital-risque dans certains pays (États-Unis, Pays-Bas et Royaume-Uni) a en partie permis d'éviter d'avoir à dépendre des ressources financières internes (OCDE, 2006).

Du fait en partie de ces facteurs, les petites entreprises éprouvent davantage de difficultés à financer leurs projets de R-D car, comme l'ont fait observer Jaffe *et al.* (2003), elles « ont moins de liquidités internes et/ou un moindre accès aux marchés financiers ». Il n'en demeure pas moins que la taille des entreprises peut aussi avoir son importance si de notables économies d'échelle sont associées à la R-D. Les données en ce domaine sont également contrastées (voir Syrneonidis, 1996). Il semble cependant que l'effet de la taille ne soit pas linéaire et n'ait pas autant d'importance après qu'un seuil minimum a été atteint. Les données empiriques indiquent que ce seuil pourrait ne pas être supérieur à une centaine de salariés (Syrneonidis, 1996).

Les dirigeants de chaque établissement doivent être au fait des découvertes réalisées dans les secteurs similaires à celui dans lequel ils opèrent. La façon dont l'information circule à l'intérieur même des entreprises comme entre elles constitue dès lors un important déterminant de l'innovation. Il convient de garder à l'esprit que si l'information circule trop aisément, le rythme des découvertes risque de s'en trouver ralenti étant donné que les établissements répugneront certainement à affecter des ressources à l'obtention de connaissances s'ils ne peuvent s'en assurer la propriété. Il est cependant probable pour des raisons évidentes que les établissements partagent plus volontiers des informations avec les autres établissements de la même entreprise qu'avec ceux appartenant à une autre entreprise. Aussi, compte tenu qu'elle permet aux chercheurs d'avoir accès à un plus grand nombre d'informations, l'appartenance à une entreprise à établissements multiples peut-elle potentiellement être un important déterminant de la R-D dont les effets se distinguent de ceux de la taille de l'entreprise considérée.

R-D environnementale

Les réglementations environnementales créent une demande de nouveaux procédés de production permettant aux entreprises de s'y conformer à un moindre coût qu'avec ceux déjà existants. Ce déplacement de la demande a une incidence sur le rythme du progrès technologique. La décision de l'entreprise de consacrer des ressources à la R-D environnementale est influencée par trois facteurs : le degré de rigueur de la réglementation environnementale, le type d'instrument d'action utilisé, et le mode de gestion des problèmes d'environnement au sein de l'entreprise. Dans cette section, nous décrirons comment chacun de ces facteurs influe sur ladite décision.

Degré de rigueur de la politique

Avant qu'une politique de protection de l'environnement ne soit instaurée, les entreprises n'ont pas à payer pour les externalités négatives dont elles sont responsables, aussi le niveau optimal de pollution d'un point de vue privé est-il supérieur à celui qui serait socialement optimal. Lorsqu'il met en place une nouvelle réglementation environnementale, l'organisme de réglementation accroît explicitement (dans le cas d'un instrument faisant appel aux mécanismes du marché) ou implicitement (dans celui d'une norme d'inspiration technique) le prix des émissions pour les entreprises qui en sont à l'origine. Si l'on retient l'hypothèse d'innovations induites, cela pourrait avoir un impact sur le type de R-D réalisé par les entreprises visées par la réglementation (Ahmad, 1966)².

Il est dès lors probable que la politique environnementale favorise un certain type d'innovations (à savoir celles respectueuses de l'environnement). Les incitations à s'engager dans des activités de R-D environnementale sont d'autant plus grandes que la variation des prix est importante (ou en d'autres termes que la politique d'environnement est stricte). L'effet sur l'ensemble des activités de R-D (aussi bien environnementale que d'autre nature) n'est bien entendu pas connu et il pourrait être négatif. Il n'en demeure pas moins que la rigueur de la politique environnementale en vigueur devrait avoir un impact positif sur la probabilité de s'engager dans des activités de R-D environnementale.

Choix des instruments d'action

L'affectation de ressources aux activités de R-D est généralement supposée être tirée par la demande ou impulsée par la technologie (Martin, 2002). Il est préférable de considérer que ces deux points de vue sont complémentaires et ne s'excluent pas mutuellement. Dans cette section, nous analyserons les principaux instruments d'action mis en œuvre dans le cadre de la politique d'environnement sous l'angle de leur impact sur l'innovation environnementale, en gardant à

l'esprit que celle-ci pourrait tout aussi bien être tirée par la demande qu'impulsée par la technologie.

Si l'on retient l'hypothèse d'abord formulée par Schmookler (1966) selon laquelle elle serait tirée par la demande, il s'ensuit que les possibilités d'innovation sont uniformément distribuées au sein de l'économie. Davantage de ressources seront donc consacrées aux activités de R-D dans le cas des marchés de plus grande ampleur potentielle, compte tenu que les avantages escomptés de l'innovation sont alors plus importants. La taille du marché dépend toutefois du choix de l'instrument d'action mis en œuvre dans le cadre de la politique d'environnement. La demande de produits et de procédés respectueux de l'environnement est en effet d'autant plus forte que la souplesse dudit instrument est grande.

Premièrement, les normes d'inspiration technique fournissent de moindres incitations à innover que les instruments plus souples (c'est-à-dire les instruments faisant appel aux mécanismes du marché et les normes fondées sur les performances). En effet, avec les instruments plus souples, si une entreprise décide de s'engager dans des activités de R-D environnementale en vue de trouver un nouveau procédé pour se conformer à la réglementation, il existe un marché potentiel pour tout procédé quel qu'il soit mis au point par l'entreprise. Il n'en va pas de même pour ce qui est des normes d'inspiration technique, de nature plus contraignante. Nous soutenons que bien peu d'entreprises seront disposées à s'engager dans des activités de R-D environnementale dans de telles conditions.

Le risque associé aux investissements de R-D sera probablement plus élevé dans le cas des normes d'inspiration technique que dans celui des instruments d'action plus souples. Si aucune modification n'est apportée à la politique mise en œuvre, les possibilités technologiques d'innovation se trouvent limitées par le libellé de la norme elle-même. Ces possibilités ne pourront donc être élargies que si l'on parvient à obtenir une modification de la norme (par exemple au moyen de pressions sur les autorités responsables de la réglementation), ce qui implique d'importants risques politiques. Il n'en demeure pas moins que si l'autorité responsable de la réglementation adapte la norme en vue de tenir compte des caractéristiques de l'innovation, les avantages potentiels s'avèrent bien plus grands. L'innovateur aura en effet des débouchés garantis. La répartition des avantages devrait dès lors être davantage faussée dans le cas des normes techniques que dans celui des instruments d'action plus souples. Lorsque la politique d'environnement est mise en œuvre au moyen de normes, l'affectation de ressources à la R-D peut être considérée comme un pari sur l'avenir auquel il est peu probable que les entreprises veuillent se risquer.

En deuxième lieu, au sein même de la catégorie des instruments d'action plus souples, les instruments faisant appel aux mécanismes du marché fournissent de

plus grandes incitations à innover que les normes fondées sur les performances. Les entreprises ne sont en effet nullement incitées à poursuivre leurs efforts de réduction des émissions après qu'elles sont parvenues à se conformer à la norme qui leur est imposée. Le simple fait que les instruments faisant appel aux mécanismes du marché fournissent des incitations à se rapprocher autant que possible d'un volume d'émissions égal à zéro (puisque chaque entreprise doit payer pour chaque unité d'émissions) a pour effet d'accroître les possibilités d'application des innovations pertinentes et donc la taille du marché. Aussi les instruments faisant appel aux mécanismes du marché devraient-ils avoir une plus forte incidence sur la probabilité de s'engager dans des activités de R-D environnementale que les normes fondées sur les performances, lesquelles devraient elles-mêmes avoir un plus grand impact de ce point de vue que celles d'inspiration technique.

Si l'on retient par contre l'hypothèse selon laquelle elle serait impulsée par la technologie, l'innovation serait alors pour une large part déterminée par les progrès scientifiques exogènes. Les possibilités d'innovation seraient toutefois inégalement distribuées entre les secteurs en fonction de facteurs tels que leur maturité, leur taux de rotation du capital, etc. Aussi les possibilités d'innovation sont-elles localisées dans les secteurs qui offrent d'importantes perspectives technologiques. L'innovation y est dès lors moins onéreuse et l'effort de R-D sera concentré dans ces secteurs. Qui plus est, les perspectives au sein d'un secteur donné peuvent varier dans le temps. Des progrès exogènes pourraient par exemple se produire dans certains domaines technologiques ayant d'importants effets du point de vue de l'environnement, ce qui encouragerait les entreprises à détourner d'autres types d'activités de R-D les ressources qu'elles destinent à être investies.

Les autorités publiques peuvent cependant influencer sur les perspectives technologiques. Les autorités environnementales mettent par exemple souvent en place des programmes d'assistance technique dans certains domaines. Les organismes de réglementation fournissent ainsi des informations sur les capacités technologiques dans le domaine de l'environnement et « faussent » par conséquent les perspectives d'innovation au bénéfice des procédés et des produits respectueux de l'environnement. Ces programmes réduisent en effet les coûts de l'innovation dans ces secteurs puisque les entreprises n'ont pas à supporter de dépenses en vue de rassembler les informations qui leur sont fournies par l'organisme de réglementation. Aussi les programmes d'assistance technique dans le domaine de la protection de l'environnement devraient-ils avoir un impact positif sur la probabilité de s'engager dans des activités de R-D environnementale.

Gestion de l'environnement au sein des entreprises

Le mode de gouvernance des entreprises et les systèmes de gestion mis en œuvre en leur sein peuvent également avoir une incidence sur la propension à

innover des entreprises et des établissements (voir Crespi, 2004, Munari et Sobrero, 2003, de même que Tylecote et Conesa, 1999). Les arguments avancés tournent autour de la relation mandant-mandataire qu'entretiennent les actionnaires et les dirigeants d'une entreprise ainsi que de l'asymétrie qui existe entre les risques liés aux investissements de R-D et leur rendement. Il est fait valoir que puisque les actionnaires sont mieux à même de diversifier les risques qu'ils encourent, ils pourraient être plus enclins à consacrer des ressources aux activités de R-D que les dirigeants, dont les fonctions d'utilité sont plus étroitement liées à cet investissement particulier et qui privilégieront sans doute des options moins risquées. L'influence relative des deux groupes et la façon dont est gérée la relation qui les lie sont par conséquent supposées constituer le facteur déterminant de l'affectation de ressources à la R-D.

La composition du conseil d'administration est par ailleurs jugée avoir une incidence sur la décision d'investir dans la R-D. On estime en particulier qu'il est d'autant plus probable que des ressources soient affectées à la R-D que le conseil d'administration compte une forte proportion de « personnes issues du sérail » (c'est-à-dire de dirigeants de l'entreprise) car « pour renforcer l'innovation il convient que les décideurs soient bien au courant des activités de l'entreprise » (Lacetera, 2000). En dernier lieu, le système général de contrôle de gestion mis en œuvre est censé constituer un important facteur déterminant, une distinction devant être établie entre le contrôle stratégique, caractérisé par une planification à plus long terme, et le contrôle financier, réputé être une activité à plus court terme. Les entreprises au sein desquelles le contrôle présente un caractère plus stratégique tendraient en effet à disposer de meilleurs mécanismes pour assurer la cohérence des flux d'information entre leurs actionnaires et leurs dirigeants (Munari et Sobrero, 2003).

Les données empiriques à l'appui de ces hypothèses sont contrastées (pour un examen voir Crespi, 2004). Pour ce qui est des questions abordées dans cet article, il s'agit principalement de savoir si les arguments avancés influent sur l'« orientation » de l'innovation, et plus particulièrement si les systèmes et les pratiques de gestion de l'environnement ont une incidence sur le pourcentage des activités de R-D axées sur les problèmes d'environnement. D'après les arguments d'ensemble précédemment invoqués en ce qui concerne les activités de R-D générale, l'obtention d'informations pertinentes et l'exercice d'un certain contrôle devraient probablement être les principaux facteurs qui déterminent la part des ressources consacrées à la R-D environnementale.

On pourrait donc supposer que l'adoption de différentes pratiques de gestion de l'environnement devrait avoir une importance notable sur la décision d'investir dans des activités de R-D environnementale. Le recours à un système de gestion environnementale (SGE) ou à divers autres outils tels que la comptabilité environnementale et les programmes de formation aux problèmes d'environnement

peuvent générer des informations favorisant la réalisation d'investissements efficients dans les activités de R-D environnementale.

En outre, la désignation d'une personne expressément chargée des problèmes d'environnement au sein de l'entreprise ou de l'établissement pourrait bien accroître la probabilité qu'il soit procédé à ce type d'investissements. L'existence d'une telle personne peut améliorer les flux d'information relatifs aux problèmes d'environnement mais aussi permettre un plus grand contrôle. La réponse à la question de savoir si un tel contrôle pourra ou non être effectivement exercé dépendra probablement de la position institutionnelle de la personne en question. Une personne en mesure d'influer sur l'affectation des ressources financières au sein de l'entreprise ou de l'établissement aura une plus grande probabilité d'obtenir un soutien aux investissements dans des activités de R-D environnementale.

DONNÉES ET STATISTIQUES DESCRIPTIVES

La plupart des études empiriques des déterminants de l'innovation environnementale précédemment réalisées ont été menées aux États-Unis au niveau des secteurs (comme par exemple celle de Jaffe et Palmer, 1997, ou celle de Brunnermeier et Cohen, 2003), aussi leurs auteurs ne sont-ils pas capables de neutraliser les effets des caractéristiques propres à chacun des établissements ou des entreprises et qui risquent d'influer sur la décision de s'engager dans des activités de R-D environnementale. Les rares études menées au niveau des entreprises portent essentiellement sur les grandes entreprises qui réalisent des activités de R-D (voir par exemple Scott, 1997, ou encore Scott, 2003), de sorte que seuls peuvent être estimés les facteurs qui poussent les établissements à consacrer davantage de ressources à la R-D, mais non ceux qui les amènent à prendre la décision de leur affecter quelque volume de ressources que ce soit. En outre, mis à part celle de Popp (2001), les études empiriques ne s'efforcent pas de déterminer quels sont les effets que le choix de différents instruments d'action dans le cadre de la politique d'environnement exerce sur les activités d'innovation.

Les données sur lesquelles nous nous appuyons diffèrent de nombreux égards de celles utilisées dans les études antérieures³. Premièrement, ces données ont été collectées au moyen d'une enquête postale réalisée dans sept pays de l'OCDE (Allemagne, Canada, États-Unis, France, Hongrie, Japon et Norvège) au niveau des établissements (voir la page Internet www.oecd.org/env/cpe/firms pour une description de la procédure d'échantillonnage). L'annexe 1 fournit des informations sur le protocole d'enquête. Les données portent sur les établissements de tous les secteurs manufacturiers et non uniquement sur les plus polluants d'entre eux. La diversité des pays et des secteurs inclus dans l'échantillon implique une plus grande variabilité des cadres d'action des pouvoirs publics, des perspectives

technologiques, ainsi que des autres facteurs qui permettront d'obtenir des estimations plus fiables des différents déterminants potentiels de l'innovation environnementale.

Étaient interrogés les directeurs généraux et les « responsables de la gestion de l'environnement ». Les taux de réponses vont d'environ 9 % à 35 %, avec une moyenne pondérée proche de 25 % (voir tableau 1). Pour une enquête postale, ce chiffre est tout à fait satisfaisant, surtout si l'on tient compte de ce que les enquêtes sectorielles sur les questions d'environnement précédemment réalisées dans bon nombre des pays couverts par l'enquête ont généralement enregistré de très faibles taux de réponse. Dans une analyse de 183 études fondées sur des enquêtes auprès des entreprises publiées dans des revues universitaires, Paxson (cité par Dillman, 2000) fait ainsi état d'un taux de réponse moyen de 21 %.

Tableau 1. Taux de réponse par pays

	Taux de réponse
Canada	25.0 %
France	9.3 %
Allemagne	18.0 %
Hongrie	30.5 %
Japon	31.5 %
Norvège	34.7 %
États-Unis	12.1 %
Total	24.7 %

Les enquêtes menées dans le cadre des efforts officiels de collecte de données peuvent certes obtenir des taux de réponse plus élevés, mais cela est dans bien des cas dû à l'existence d'une obligation légale d'y répondre. Les autres études portent par ailleurs essentiellement sur les grandes entreprises (telles que celles couvertes par l'indice des 500 principales sociétés cotées établi par l'agence de notation Standard and Poor's) ou sur des entreprises présentant d'autres caractéristiques particulières (c'est-à-dire en l'occurrence celle d'être cotées en bourse), dont le taux de réponse devrait être plus élevé. En effet, compte tenu de la population échantillonnée, le taux de réponse était supérieur aux prévisions.

On trouvera au tableau 2 des données relatives au nombre d'établissements par secteur d'activité ayant répondu à l'enquête dans chacun des sept pays. Bien que disponibles au niveau à deux chiffres de la CITI (qui compte 24 secteurs), ces données sectorielles sont présentées ci-dessous de façon relativement synthétique. L'annexe 2 procède pour cinq pays à une comparaison

entre notre échantillon et la population d'établissements au niveau à deux chiffres. Dans le cas de la Norvège, d'après le test du khi-deux, la distribution de l'échantillon entre les diverses catégories de taille (de 50 à 99 salariés, de 100 à 249 salariés, de 250 à 499 salariés, et plus de 500 salariés) n'est pas sensiblement différente de celle de la population d'établissements. En ce qui concerne l'Allemagne, la distribution par secteur de l'échantillon est statistiquement différente de celle de la population. On ne dispose pas de données sur la taille des établissements. S'agissant du Japon, la distribution par secteurs de l'échantillon est représentative de celle de la population, mais tel n'est pas le cas de sa distribution par catégories de taille. Pour ce qui est de la France et de la Hongrie, au-delà du seuil minimal de 50 salariés, on ne dispose que de données au niveau des entreprises. Les graphiques correspondants n'en sont pas moins présentés à l'annexe 2 afin d'offrir au lecteur un support visuel.

Il est significatif que bon nombre d'observations correspondent aux établissements de plus petite taille, pour lesquels les taux de réponse sont d'ordinaire bien plus faibles dans ce type d'enquêtes. En effet, dans beaucoup d'études antérieures, les petites et moyennes entreprises n'étaient pas du tout

Tableau 2. **Établissements ayant répondu à l'enquête, par secteur et par pays**

	Classification de la CITI	Canada	France	Allemagne	Hongrie	Japon	Norvège	États-Unis	Total
Produits alimentaires, boissons et tabac	Secteurs 15-16	23	44	77	68	138	33	37	420
Textiles, habillement, cuirs	Secteurs 17-19	8	13	40	50	72	10	12	205
Articles en bois et meubles	Secteurs 20 et 36	32	12	26	27	32	49	34	212
Papier, édition et imprimerie	Secteurs 21-22	22	17	92	21	129	25	24	330
Combustibles, produits chimiques, caoutchouc, matières plastiques	Secteurs 23-25	40	48	149	54	195	24	126	636
Produits minéraux non métalliques	Secteur 26	13	13	34	21	34	14	20	149
Produits métallurgiques de base et ouvrages en métaux	Secteurs 27-28	42	53	211	52	286	54	129	827
Machines et instruments	Secteurs 29-33	50	47	227	119	439	55	59	996
Véhicules automobiles et matériels de transport	Secteurs 34-35	23	19	32	22	113	44	37	290
Recyclage et autres	Secteurs 37-39	3	2	10	29	29	1	5	79
Total		256	268	898	463	1 467	309	483	4 144

représentées dans l'échantillon, ce qui constitue un inconvénient non négligeable dans la mesure où les organismes de réglementation s'attachent de plus en plus à influencer sur le comportement des petites sources de pollution. Au sein de l'échantillon, plus de 2 500 établissements peuvent être considérés comme des petites ou moyennes entreprises (puisqu'ils comptent moins de 250 salariés). Toutefois, étant donné que beaucoup de ces mêmes établissements font partie d'entreprises à établissements multiples, les PME sont en réalité un peu moins bien représentées dans la base de données au niveau des entreprises, bien que la place qu'elles y occupent demeure très importante.

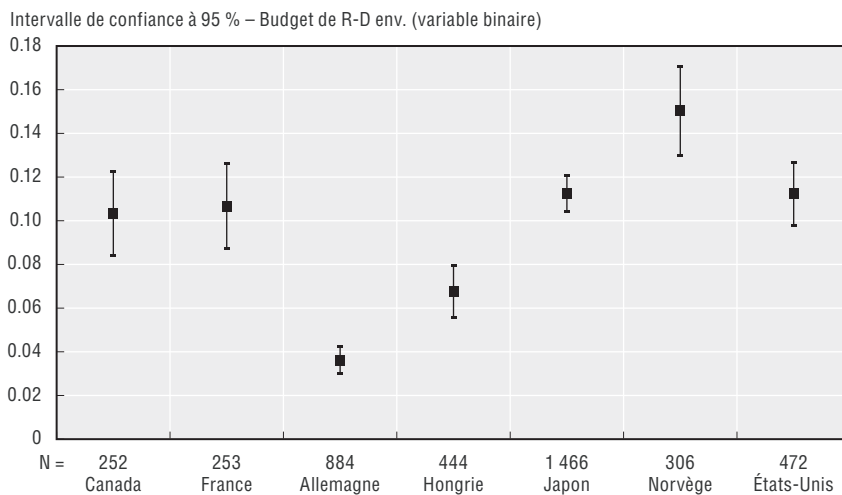
Deuxièmement, nous avons échantillonné tous les établissements et non uniquement ceux engagés dans des activités de R-D. Nous disposons en effet de données sur les établissements qui mènent des activités de R-D générale et de R-D environnementale, sur ceux exclusivement engagés dans des activités de R-D générale, ainsi que sur ceux qui ne déploient absolument aucun effort de R-D. Nous pouvons donc aussi bien modéliser la décision de s'engager dans des activités de R-D générale que celle d'entreprendre des activités de R-D environnementale.

Troisièmement, des données relatives au cadre de politique environnementale dans lequel opèrent les établissements ont également été recueillies. Étant donné que la plupart des politiques environnementales s'appliquent aux établissements et non aux entreprises, il est extrêmement important de disposer de données au niveau des établissements pour en estimer l'impact réel. En effet, avec les données collectées au niveau des entreprises ou du secteur d'activité, il est difficile de savoir quels sont précisément les types de politiques environnementales appliquées, et il est donc presque impossible de comparer les effets de différents instruments.

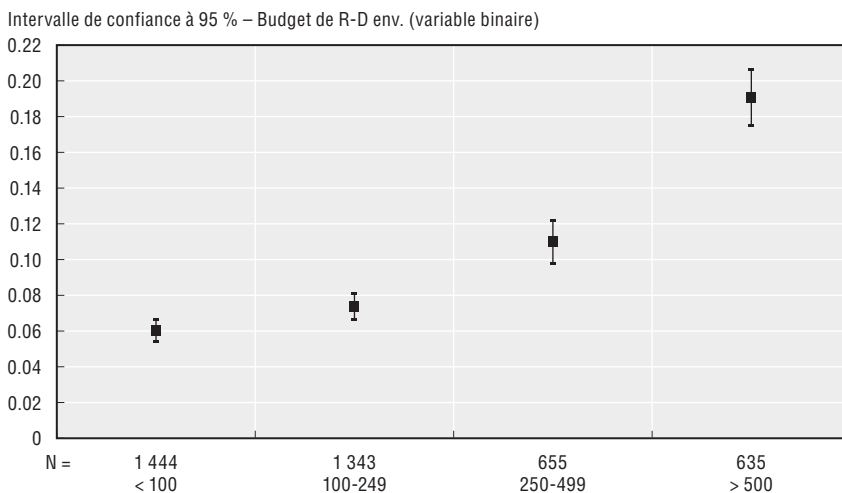
Dans notre échantillon, 58.7 % des établissements déclarent effectuer des dépenses de R-D, et 9.3 % des établissements disent avoir investi dans des activités de R-D liées à l'environnement. Le graphique 1 montre quel est, par pays, le pourcentage d'établissements qui indiquent qu'ils réalisent des dépenses de R-D dans le domaine de l'environnement. C'est en Norvège que ce pourcentage est le plus élevé, puisque à peine moins de 15 % des établissements déclarent être dans ce cas, alors que ce chiffre n'est que de 3.6 % en Allemagne. Pour quatre des sept pays (France, Canada, Japon et États-Unis), ce pourcentage est d'environ 10 %.

Le graphique 2 indique le pourcentage d'établissements disposant de budgets de R-D environnementale, par catégories de taille. Comme on peut clairement le voir, les établissements de plus grande taille (plus de 500 salariés) ont une plus grande probabilité d'avoir procédé à de tels investissements, puisque près de 20 % d'entre eux déclarent avoir agi ainsi, alors que ce chiffre est inférieur

Graphique 1. Pourcentage d'établissements engagés dans des activités de R-D liées à l'environnement



Graphique 2. Pourcentage d'établissements engagés dans des activités de R-D liées à l'environnement, par catégories de taille



à 10 % dans le cas des établissements de moins de 250 salariés. Pour ce qui est de l'échantillon dans son ensemble, la taille moyenne des établissements ayant répondu affirmativement était de plus de 720 salariés, alors que ceux ayant répondu par la négative comptaient en moyenne moins de 300 salariés.

Les données paraissent conformes à celles obtenues au moyen d'autres enquêtes. Par exemple, d'après les statistiques sur la recherche et le développement établies par la Fondation nationale pour la science (*National Science Foundation*) des États-Unis (disponibles en ligne sur la page Internet www.nsf.gov/statistics/nsf05305/fitmstart.htm, consultée le 8/31/2005), 55.3 % des entreprises américaines de moins de cinq salariés opérant dans le secteur manufacturier déclarent avoir effectué des dépenses de R-D en 2001. Au sein de notre échantillon, 51.2 % des établissements manufacturiers américains (de plus de 50 salariés) sont engagés dans des activités de R-D. Parmi eux, 15.7 % déclarent disposer d'un budget spécifiquement destiné à financer des activités de R-D environnementale.

Dans le cas du Japon, la fiabilité des données relatives à la R-D peut également être vérifiée en comparant l'enquête de l'OCDE avec les données collectées dans le cadre de l'enquête sur la recherche et le développement en 2002 (*Survey of Research and Development 2002*) publiée au Japon après avoir été menée pendant plus d'une décennie. Dans cette enquête, il était demandé aux entreprises de fournir des informations sur les dépenses de R-D réalisées depuis l'année précédente au 31 mars 2002 ou à quelque autre date de clôture des comptes qui s'en rapproche. L'enquête s'adressait aux entreprises et aux sociétés spéciales dotées d'un capital supérieur à 10 millions de yens. L'enquête visait environ 13 000 entreprises dont à peu près 83 % ont répondu. Comme dans notre étude, les entreprises répondant à l'enquête étaient invitées à fournir des informations sur les objectifs spécifiques de leurs dépenses de recherche, parmi lesquels la protection de l'environnement. Sur les 4 312 établissements ayant répondu à cette question, 8.4 %, soit 360 d'entre eux, effectuaient des dépenses de recherche liées à l'environnement. Dans l'enquête de l'OCDE, le chiffre correspondant était de 12 %.

Grâce aux informations obtenues au moyen de notre questionnaire, nous sommes à même de construire deux variables binaires reflétant respectivement les décisions d'investir dans la R-D générale (RDGÉN) et dans la R-D environnementale (RDENV). Il serait en théorie souhaitable de tenir compte du montant des dépenses de R-D environnementale, mais beaucoup d'observations font défaut au sein de la base de données pour cette variable. Sans compter que celle-ci risque d'être entachée de graves erreurs de mesure.

Variables économiques générales

L'enquête collectait par ailleurs des informations sur le marché sur lequel opère chaque établissement, sur les contraintes financières auxquelles il est

soumis, ainsi que sur sa taille. Ces variables sont utilisées pour estimer les activités de R-D générale et de R-D environnementale, et nous allons à présent les décrire. (Des statistiques descriptives concernant non seulement ces variables mais aussi toutes les autres dont il est tenu compte sont présentées aux tableaux 3 et 4.)

Comme cela a été précédemment mentionné, les caractéristiques du marché constituent un important facteur explicatif de la propension des établissements à innover. Les établissements répondant à l'enquête étaient invités à indiquer le

Tableau 3. **Statistiques descriptives – R-D générale**

	Moyenne	Écart-type	Nombre de cas
DÉPRDGÉN	0.565	0.496	4 092
PERTES	0.218	0.413	4 092
BÉNÉFICES	0.572	0.495	4 092
LOCAL	0.085	0.279	4 047
RÉGIONAL	0.108	0.311	4 047
MONDIAL	0.389	0.488	4 047
CONC5	0.271	0.445	4 015
CONC10	0.375	0.484	4 015
SAL50	0.407	0.491	4 092
SAL500	0.156	0.363	4 092
NOMBÉTAB	0.487	0.500	3 865
CANADA	0.062	0.240	4 092
FRANCE	0.062	0.242	4 092
ALLEMAGNE	0.218	0.413	4 092
HONGRIE	0.109	0.311	4 092
JAPON	0.359	0.480	4 092
NORVÈGE	0.075	0.263	4 092
SECTEUR2	0.049	0.215	4 092
SECTEUR3	0.051	0.220	4 092
SECTEUR4	0.079	0.269	4 092
SECTEUR5	0.152	0.359	4 092
SECTEUR6	0.036	0.186	4 092
SECTEUR7	0.198	0.399	4 092
SECTEUR8	0.241	0.428	4 092
SECTEUR9	0.069	0.253	4 092
SECTEUR10	0.006	0.076	4 092

Tableau 4. Statistiques descriptives – R-D environnementale

	Moyenne	Écart-type	Nombre de cas
DÉPRDENV	0.164	0.370	2 313
RIGUEUR1	0.359	0.480	2 313
RIGUEUR3	0.173	0.378	2 313
INTINTRB	0.514	0.500	2 313
NRMTECHB	0.590	0.492	2 313
NRMPERFB	0.716	0.451	2 313
TAXPOLB	0.613	0.487	2 313
TAXINTRB	0.668	0.471	2 313
ASSTECHB	0.444	0.497	2 313
SGE	0.083	0.276	2 224
COMPTENV	0.332	0.471	2 226
FORMENV	0.547	0.498	2 245
DÉPTENV	0.163	0.370	2 305
FINANCES	0.040	0.196	2 305
DIRECTION	0.246	0.431	2 305
PROD	0.116	0.320	2 305
AUTREPOS	0.137	0.344	2 305
CANADA	0.072	0.258	2 313
FRANCE	0.046	0.210	2 313
ALLEMAGNE	0.264	0.441	2 313
HONGRIE	0.083	0.275	2 313
JAPON	0.346	0.476	2 313
NORVÈGE	0.091	0.288	2 313
SECTEUR2	0.045	0.207	2 313
SECTEUR3	0.053	0.224	2 313
SECTEUR4	0.062	0.242	2 313
SECTEUR5	0.158	0.365	2 313
SECTEUR6	0.039	0.193	2 313
SECTEUR7	0.201	0.401	2 313
SECTEUR8	0.265	0.441	2 313
SECTEUR9	0.067	0.250	2 313
SECTEUR10	0.006	0.078	2 313

nombre de leurs concurrents sur le marché pour leur produit le plus important sur le plan commercial au cours des trois dernières années. Nous avons créé des variables catégorielles : CONC5 si l'établissement en question a moins de cinq concurrents, CONC5-10 s'il en a de cinq à dix et CONC10 s'il en a plus de dix. On ne sait avec certitude quel devrait être l'effet de ces variables sur la décision de s'engager dans des activités de R-D générale.

Il était également demandé aux établissements de préciser l'ampleur de leur marché, selon que celui-ci était local, national, régional ou mondial. Sur la base de leurs réponses, nous avons créé les variables LOCAL, NATIONAL, RÉGIONAL et MONDIAL. Si l'on prend pour référence la variable NATIONAL, le coefficient devrait être négatif pour la variable LOCAL alors qu'il devrait être positif pour les variables RÉGIONAL⁴ et MONDIAL.

Il était également demandé aux établissements d'évaluer leurs résultats financiers des trois dernières années, les options étant les suivantes : grosses pertes, faibles pertes, bénéfiques à peu près nuls, faibles bénéfiques ou gros bénéfiques. À partir des réponses à cette question, nous avons construit trois variables catégorielles : PERTES, BÉNÉFICENUL et BÉNÉFICES. D'après ce que nous avons vu dans la section précédente, si l'on prend pour référence la variable BÉNÉFICENUL, la variable PERTES devrait avoir un impact négatif sur la décision de s'engager dans des activités de R-D générale, alors que la variable BÉNÉFICES devrait avoir un impact positif sur cette même décision.

Comme nous l'avons précédemment mentionné, la taille de l'établissement constitue par ailleurs un important déterminant de ses activités innovantes. Nous prenons en considération le nombre moyen de salariés à plein temps au cours des trois dernières années. Afin de tenir compte des effets non linéaires, nous avons décidé de créer des variables catégorielles : moins de 100 (SAL50), 100-499 (SAL100) et plus de 500 (SAL500). Si l'on prend pour référence la variable SAL100, la variable SAL50 devrait avoir un impact négatif sur la décision de s'engager dans des activités de R-D alors que la variable SAL500 devrait avoir un impact positif sur cette même décision.

Pour finir, comme nous l'avons précédemment mentionné, l'appartenance à une entreprise à établissements multiples a pour effet d'améliorer l'accès aux informations présentant de l'intérêt pour les activités de R-D. Nous sommes à même de construire une variable indicatrice NOMBÉTAB qui indique qu'un établissement appartient à une telle entreprise. La variable NOMBÉTAB devrait avoir un impact positif sur la décision de s'engager dans des activités de R-D générale.

Il convient également de noter que nous n'avons pas accès aux données de panel. Nous supposons donc de fait que la décision de s'engager dans des activités de R-D est contemporaine des différentes incitations représentées par les différentes variables explicatives. Cependant, la plupart de nos données ne rendent

pas tant compte de ce qui a pu se produire en l'espace d'une seule année que de l'« état de la situation » effectivement observé ou subjectivement perçu dans les derniers temps. Nous avons en d'autres termes principalement recours à des variables de stock plutôt qu'à des variables de flux.

Variables relatives à la politique environnementale

Dans le questionnaire, il était demandé aux établissements d'indiquer le degré de rigueur de la politique environnementale à laquelle elles sont soumises. Les trois options étaient les suivantes : « pas particulièrement stricte », « modérément stricte » et « très stricte ». Il convient de garder à l'esprit qu'il s'agit-là d'une variable de perception qui est probablement liée au coût subjectif de la conformité, plutôt qu'elle n'est expressément fonction de la rigueur effective de la réglementation. Nous créons trois variables catégorielles : RIGUEUR1 (pas particulièrement stricte), RIGUEUR2 (modérément stricte) et RIGUEUR3 (très stricte). D'après ce que nous avons vu dans la section précédente, si l'on prend pour référence la variable RIGUEUR2, la variable RIGUEUR1 devrait avoir un impact négatif sur la décision de s'engager dans des activités de R-D environnementale, alors que la variable RIGUEUR3 devrait avoir un impact positif sur cette même décision.

Dans le questionnaire, il était demandé aux établissements d'évaluer différents instruments d'action du point de vue de leur impact sur les activités de production. Les quatre options étaient les suivantes : « sans objet », « négligeable », « modérément important » et « très important ». Nous jugeons que cela introduit une part de subjectivité dans les réponses, en particulier dans le choix entre les options « sans objet » et « négligeable » et peut-être aussi entre les options « modérément important » et « très important ». Nous construisons donc pour y remédier une variable binaire qui prend la valeur 1 si l'instrument a un impact modérément important ou très important sur les activités de production d'un établissement et la valeur 0 dans le cas contraire pour chacun des six instruments suivants : interdiction de certains intrants (INTINTR), norme d'inspiration technique (NRMTECH), norme fondée sur les performances (NRMPERF), taxe sur les intrants (TAXINTR), taxe sur les émissions (TAXPOL) et assistance technique (ASSTECH). D'après ce que nous avons vu dans la section précédente, les variables INTINTR et NRMTECH devraient avoir un impact négatif sur la décision de s'engager dans des activités de R-D environnementale alors que les variables NRMPERF, TAXINTR, TAXPOL et ASSTECH devraient avoir un impact positif sur cette même décision.

Variables relatives à la gestion environnementale

Notre questionnaire nous permet de construire trois variables rendant compte de la façon dont les établissements gèrent les problèmes d'environnement. La première de ces variables, SGE, indique s'il existe un système de

gestion environnementale au sein de l'établissement, et elle prend la valeur 1 si tel est le cas. La seconde, COMPTENV, est une variable muette qui prend la valeur 1 si l'établissement a instauré un système de comptabilité environnementale. La troisième, FORMENV, est une variable muette qui prend la valeur 1 si l'établissement a mis en place un programme de formation environnementale à l'intention de ses salariés. Ces trois variables devraient avoir un impact positif sur la décision de s'engager dans des activités de R-D environnementale puisqu'elles accroissent la base de connaissances environnementales dont dispose l'établissement.

Dans le questionnaire, il était demandé aux établissements d'indiquer la position institutionnelle de la personne expressément chargée des problèmes d'environnement. Les options étaient les suivantes : « direction générale » (DIRECTION), « production/opérations » (PROD), « finances/comptabilité » (FINANCES), « département spécialisé dans les questions d'environnement » (DPTENV) et « autre » (AUTREPOS). D'après ce que nous avons vu dans la section précédente, le fait d'avoir désigné une personne pour assumer une telle responsabilité devrait avoir un impact positif sur la décision de s'engager dans des activités de R-D environnementale. Il est en outre probable que les effets marginaux des variables DIRECTION et FINANCES soient supérieurs à ceux des variables DPTENV, PROD et AUTREPOS puisque les deux premières ont de plus grandes chances d'influer sur l'affectation de ressources financières aux activités de R-D.

ANALYSE EMPIRIQUE

Comme cela a été indiqué dans la section trois, nous considérons dans notre modèle que la décision de s'engager dans des activités de R-D environnementale est prise en deux étapes. Les établissements décident dans un premier temps s'il convient ou non de s'engager dans des activités de R-D. Puis, nous examinons pourquoi certains parmi ceux qui mènent à bien des activités de R-D générale décident de consacrer des ressources aux activités de R-D spécifiquement axées sur les questions d'environnement. Dans cette section, nous ferons état des résultats de nos estimations probit.

Décision de s'engager dans des activités de R-D

Premièrement, nous estimons un modèle de régression probit pour la décision de s'engager dans des activités de R-D générale (DÉPRDGÉN). Nous ne disposons pas de données sur le cadre d'action des pouvoirs publics dans le domaine de l'innovation, qui constitue comme nous l'avons précédemment mentionné un important déterminant des activités d'innovation. Ces facteurs seront probablement propres à chaque secteur et à chaque pays et nous pouvons donc tenir compte de leur influence en incluant des variables muettes pour chacun des

secteurs et des pays. Les résultats sont présentés au tableau 5. La taille de l'échantillon est égale à 3 778 et la valeur de la fonction log-probabilité est égale à -2 442.10.

Comme prévu, l'ampleur du marché ainsi que les performances commerciales de l'établissement ont un impact positif significatif sur la décision de s'engager dans des activités de R-D générale. Les établissements qui affirment avoir dégagé un résultat positif (BÉNÉFICES) au cours des trois dernières années ont une plus grande probabilité de s'engager dans des activités de R-D que ceux qui indiquent que « les recettes couvrent approximativement les coûts » (ce qui

Tableau 5. **Modèle probit des déterminants de la R-D générale**

	Coefficient	Écart-type	Valeur P
CONSTANTE	-0.133	0.112	0.234
PERTES	-0.144	0.064	0.025
BÉNÉFICES	0.118	0.056	0.034
LOCAL	-0.320	0.080	0.000
RÉGIONAL	0.096	0.079	0.224
MONDIAL	0.105	0.054	0.052
CONC5	-0.151	0.054	0.005
CONC10	-0.031	0.050	0.534
SAL50	-0.056	0.048	0.244
SAL500	0.033	0.064	0.604
NOMBÉTAB	-0.065	0.045	0.148
CANADA	0.412	0.104	0.000
FRANCE	-0.152	0.108	0.157
ALLEMAGNE	0.547	0.081	0.000
HONGRIE	-0.161	0.092	0.079
JAPON	0.265	0.077	0.001
NORVÈGE	0.625	0.104	0.000
SECTEUR2	0.040	0.114	0.725
SECTEUR3	0.158	0.115	0.170
SECTEUR4	-0.209	0.096	0.030
SECTEUR5	0.179	0.083	0.032
SECTEUR6	0.287	0.127	0.023
SECTEUR7	0.134	0.079	0.088
SECTEUR8	0.240	0.078	0.002
SECTEUR9	0.070	0.103	0.496
SECTEUR10	0.098	0.280	0.726

correspond à la variable prise pour référence), alors que ceux qui font état de pertes (PERTES) ont une moindre probabilité de déclarer avoir investi dans la R-D générale. L'une et l'autre variables sont significatives au seuil de 5 %. Les résultats financiers contribuent donc pour beaucoup à expliquer le comportement d'un établissement donné en matière d'innovation, ce qui cadre avec la constatation générale que les investissements de R-D sont souvent autofinancés. Un établissement a en outre d'autant plus de chances de s'engager dans des activités de R-D que le marché sur lequel il opère est de caractère mondial. Si l'on prend pour référence les établissements qui déclarent que ce sont les marchés nationaux qui revêtent pour eux la plus grande importance (NATIONAL), la variable LOCAL a un impact négatif significatif sur la décision de s'engager dans des activités de R-D, alors que la variable MONDIAL a un impact positif significatif au seuil de 10 % sur cette même décision. La variable RÉGIONAL n'a pas d'effet statistiquement significatif.

La concentration du marché a un impact négatif significatif (au seuil de 5 %) sur la décision de s'engager dans des activités de R-D. Les établissements ayant moins de cinq concurrents directs sur le marché pour leurs produits les plus importants ont une moindre probabilité de s'engager dans des activités de R-D. Ce résultat va à l'encontre de la vision schumpetérienne. Il peut en partie s'expliquer par le fait que dans le cadre d'analyse schumpetérien les entreprises opérant sur les marchés moins concurrentiels peuvent dégager des bénéfices supérieurs à la normale susceptibles de financer les investissements de R-D. Cependant, étant donné que nous prenons en considération les performances commerciales de l'établissement, cette variable ne rend pas compte des effets financiers de la concentration, alors que comme l'a fait valoir Arrow (1962) les avantages de la concurrence demeurent.

S'agissant de la taille des établissements, nous avons décidé de prendre pour référence les établissements moyens (c'est-à-dire ceux de 100 à 499 salariés). Comme prévu, les plus petits établissements (ceux de 50 à 99 salariés) ont une moindre probabilité de s'engager dans des activités de R-D alors que ceux de plus grande taille (à savoir ceux de plus de 500 salariés) ont davantage de chances de prendre une telle décision. Les deux coefficients correspondants ne sont toutefois pas statistiquement significatifs. Une variable indiquant si l'entreprise dont faisait partie l'établissement était ou non cotée en bourse était initialement incluse, mais elle s'est avérée non significative et suscitait des craintes de colinéarité avec la taille, aussi les résultats dont il est fait état ne tiennent-ils pas compte de cette variable. Pour finir, nous prenons également en considération dans notre régression le nombre d'établissements (NOMBÉTAB), mais cette variable n'a pas d'impact significatif sur la décision de s'engager ou non dans des activités de R-D.

Nos résultats sont dans l'ensemble conformes aux effets escomptés pour la plupart des déterminants et cela accroît la confiance que nous pouvons avoir en nos données pour la seconde étape.

Décision de s'engager dans des activités de R-D environnementale

Nous nous intéresserons à présent à la décision de s'engager dans des activités de R-D environnementale et nous concentrerons notre attention sur le sous-échantillon des entreprises réalisant des activités de R-D générale. Le nombre total d'observations disponibles s'élève à 2 132. Nous estimons un modèle de régression probit pour la décision de consacrer une partie des ressources de R-D aux questions d'environnement. Les résultats en sont présentés dans les trois premières colonnes du tableau 6.

Chose intéressante, le degré de rigueur de la politique mise en œuvre est un très puissant déterminant de la décision de s'engager dans des activités de R-D environnementale, du moins après qu'un certain degré de rigueur a été atteint. Ceux qui jugent que la politique environnementale n'est « pas particulièrement stricte » ont une bien moindre probabilité d'investir dans des activités de R-D liées à l'environnement que ceux qui déclarent qu'elle est modérément stricte, lesquels ont eux-mêmes une moindre probabilité de s'engager dans des activités de R-D environnementale que ceux qui estiment qu'elle est « très stricte ». Ce dernier résultat n'est significatif qu'au seuil de 10 %, mais il conforte dans une certaine mesure l'hypothèse d'innovations induites. En accroissant le coût de la pollution, l'adoption de réglementations environnementales plus strictes a une incidence sur l'orientation du progrès technologique du fait qu'elle encourage la recherche (R-D) d'innovations respectueuses de l'environnement.

Les programmes d'assistance technique ont un impact significatif (au seuil de 5 %) sur la variable qui nous intéresse ici. En réduisant les coûts de réalisation d'activités de R-D environnementale privées, ces programmes accroissent la probabilité qu'un établissement consacre une partie de ses ressources de R-D aux questions d'environnement. Bien que les signes de la plupart des variables soient conformes aux attentes, aucun des autres instruments d'action mis en œuvre dans le cadre de la politique d'environnement n'a d'incidence significative sur la décision de s'engager dans des activités de R-D environnementale.

Deux des trois variables qui indiquent quel est le cadre de gestion environnementale en place dans un établissement (à savoir COMPTENV et FORMENV) ont un impact positif significatif (y compris au seuil de 1 %) sur la décision d'investir dans des activités de R-D environnementale. Tel n'est toutefois pas le cas de l'existence d'un système de gestion environnementale (SGE) en son sein. On pourrait certes imaginer que c'est là une conséquence des problèmes potentiels de multicolinéarité entre les variables, mais les coefficients de corrélation entre

Tableau 6. Modèles des déterminants des activités de R-D environnementale

	Modèle complet			Modèle de forme réduite			Modèle de décision à deux variables		
	Coefficient	Écart-type	Valeur P	Coefficient	Écart-type	Valeur P	Coefficient	Écart-type	Valeur P
Constante	-1.879	0.212	0.000	-1.319	0.182	0.000	-1.319	0.182	0.000
RIGUEUR1	-0.264	0.094	0.005	-0.326	0.090	0.000	-0.326	0.090	0.000
RIGUEUR3	0.166	0.099	0.093	0.266	0.096	0.006	0.266	0.096	0.006
INTINTRB	-0.128	0.089	0.149	-0.078	0.086	0.363	-0.078	0.086	0.363
NRMTECHB	-0.058	0.101	0.565	0.002	0.095	0.983	0.002	0.095	0.983
NRMPERFB	0.000	0.099	0.999	0.161	0.098	0.101	0.161	0.098	0.101
TAXPOLB	0.089	0.103	0.389	0.158	0.100	0.113	0.158	0.100	0.113
TAXINTRB	-0.024	0.102	0.814	-0.067	0.102	0.510	-0.067	0.102	0.510
ASSTECHB	0.180	0.082	0.027	0.159	0.078	0.042	0.159	0.078	0.042
SGE	-0.027	0.139	0.843	..	..	..	..	..	..
COMPTEENV	0.573	0.093	0.000	..	..	..	..	..	..
FORMENV	0.623	0.094	0.000	..	..	..	..	..	..
DÉPTENV	0.377	0.142	0.008	..	..	..	..	..	..
FINANCES	0.332	0.178	0.061	..	..	..	..	..	..
DIRECTION	0.127	0.117	0.279	..	..	..	..	..	..
PROD	0.069	0.162	0.672	..	..	..	..	..	..
AUTREPOS	0.189	0.134	0.159	..	..	..	..	..	..
Nombre d'observations	..	..	2 132	..	..	2 313	..	..	2 187
Log-probabilité	..	..	- 785.22	..	..	-941.79	..	..	-883.25
Variables muettes sect.	..	..	Incluses	..	..	Incluses	..	..	Incluses
Variables muettes pays	..	..	Incluses	..	..	Incluses	..	..	Incluses

SGE et les deux autres variables relatives à la gestion environnementale sont inférieurs à 0.1. Il n'est donc pas exclu que ce soient les outils de gestion environnementale plus ciblés et non les systèmes généraux de gestion qui aient une plus grande probabilité d'induire des innovations. Ces résultats sont de façon générale très intéressants étant donné qu'ils confortent pour une bonne part l'idée qu'un élargissement de la base de connaissances d'un établissement a pour effet d'accroître la probabilité qu'un établissement consacre des ressources à la R-D environnementale.

Les résultats concernant la position institutionnelle de la personne expressément chargée des questions d'environnement sont tout à fait intéressants. Premièrement, le fait qu'un salarié soit expressément responsable des questions d'environnement n'a un impact positif significatif sur la décision de s'engager dans des activités de R-D environnementale que si la personne en question travaille au sein du département finances/comptabilité (FINANCES) ou du département environnemental (DPTENV). Contre toute attente, si cette personne est membre de la direction générale (DIRECTION) ou qu'elle est responsable des opérations de production (PROD), l'impact sur la R-D n'est pas significatif. Par conséquent, le principal déterminant de la décision d'investir dans des activités de R-D dans le domaine de l'environnement paraît être le fait que la personne responsable des ressources environnementales soit à même d'influer sur l'affectation des capitaux au sein de l'établissement ou sur les flux d'information internes relatifs aux questions d'environnement.

MOYENS DE REMÉDIER AUX DISTORSIONS POTENTIELLES DUES À L'ENDOGENÉITÉ

La prise en compte de ces deux dernières séries de variables (outils de gestion de l'environnement et position institutionnelle de la personne responsable des questions d'environnement) suscite des problèmes d'endogénéité potentielle. Si le cadre d'action des pouvoirs publics affecte les décisions concernant les pratiques de gestion de l'environnement tout comme celle d'investir dans des activités de R-D dans le domaine de l'environnement, les résultats peuvent être faussés du fait de l'endogénéité potentielle. Pour remédier d'emblée à ce problème, une équation de forme réduite a été estimée en retirant du modèle les variables relatives à la gestion environnementale. Les résultats sont présentés dans les trois colonnes centrales du tableau 6.

La plupart des résultats sont comparables. Il est toutefois intéressant de noter que les résultats obtenus pour les variables relatives à l'action des pouvoirs publics changent et prennent désormais le signe escompté. Premièrement, la variable binaire qui indique un cadre d'action perçu comme « très strict » (RIGUEUR3) est à présent extrêmement significatif. Le coefficient pour la variable

correspondant à un cadre d'action qui ne paraît pas particulièrement strict s'accroît (et demeure négatif). Certains éléments susceptibles de justifier le recours aux instruments plus souples apparaissent en outre, les normes fondées sur les performances (NRMPEF) exerçant une influence positive significative (au seuil de 10 %). Tous les autres résultats demeurent identiques à ce qu'ils étaient auparavant.

Toujours pour remédier au problème d'endogénéité potentielle, un modèle de décision à deux variables a été estimé, la décision d'investir ou non dans la R-D générale étant arrêtée dans une première étape puis, à supposer qu'elle ait été positive, celle d'investir ou non dans des activités de R-D dans le domaine de l'environnement est prise dans un second temps. Le modèle de forme réduite est appliqué dans cette seconde étape, et les résultats ainsi obtenus sont indiqués dans les trois dernières colonnes du tableau 6. Les résultats sont comparables à ceux du modèle de forme réduite à une seule équation, à ceci près que la variable indiquant si des taxes sur la pollution sont appliquées (TAXPOL) est à présent positive et (quasiment) significative au seuil de 10 %. Ce n'est là qu'un argument de plus en faveur du recours aux instruments d'action plus souples.

CONCLUSION

Cette étude a évalué les effets que le cadre d'action des pouvoirs publics et les pratiques de gestion de l'environnement exercent sur la décision d'affecter des ressources à la R-D environnementale dans les établissements manufacturiers. Les facteurs qui déterminent la décision d'investir dans des activités de R-D générale ont d'abord été évalués. Les résultats obtenus en ce qui concerne la décision de procéder à des investissements de R-D étaient conformes à ceux obtenus dans les études antérieures. Pour ce qui est des établissements ayant effectué des investissements de R-D, les facteurs qui encouragent l'investissement dans des activités de R-D axées sur les questions d'environnement ont alors été évalués tant à l'aide d'équations simples qu'au moyen d'un modèle de décision à deux variables.

S'agissant de l'affectation de ressources de R-D aux questions d'environnement, les principales hypothèses formulées ont dans une très large mesure été confortées. Premièrement, le degré de rigueur de la politique environnementale tel qu'il est perçu accroît la probabilité qu'un établissement investisse dans des activités de R-D liées à l'environnement. Deuxièmement, il a été constaté que le recours à des instruments d'action plus souples tels que les normes fondées sur les performances (et dans une moindre mesure les taxes sur la pollution) a une influence positive sur la décision d'affecter des ressources à la R-D environnementale. Troisièmement, la mise en œuvre de systèmes et de pratiques de gestion de l'environnement exerce un effet positif significatif, bien que les deux

décisions soient probablement endogènes. Pour finir, si un salarié de l'établissement a été expressément chargé des problèmes d'environnement et que cette personne travaille au sein du département finances ou du département environnemental, il est plus probable que des ressources soient consacrées aux activités de R-D environnementale.

Il convient cependant de souligner que ces résultats n'impliquent en aucun cas que le degré de rigueur de la politique mise en œuvre (ou même le bon choix de l'instrument d'action) ait pour effet d'accroître le bien-être. Les activités de R-D encouragées pourraient n'aboutir à aucune innovation notable que ce soit. Elles risquent qui plus est d'entraîner un détournement de ressources de R-D qui auraient pu être investies dans d'autres domaines plus productifs.

Notes

1. Pour une description de cette hypothèse, voir Porter et van der Linde (1995). Ceux-ci affirment que les entreprises n'exploitent pas toutes les possibilités rentables (en d'autres termes, certaines d'entre elles privilégient d'autres objectifs au lieu de s'attacher à maximiser leurs profits) et que les réglementations environnementales peuvent permettre de transmettre aux entreprises un signal les encourageant à procéder à des investissements et à réaliser des innovations qui génèrent non seulement des gains sur le plan commercial mais aussi en matière d'environnement. Les arguments qu'ils invoquent pour justifier leurs conclusions consistent toutefois en études de cas or, comme l'on fait remarquer Palmer *et al.* (1995), compte tenu du très grand nombre d'entreprises visées par les réglementations environnementales, il n'est guère surprenant qu'il soit possible de trouver quelques cas où lesdites réglementations environnementales ont présenté des avantages.
2. Pour citer Hicks, « une variation des prix relatifs des facteurs de production est elle-même une incitation à l'invention et plus particulièrement à un certain type d'invention destinée à réduire la nécessité de recourir à un facteur devenu onéreux » (Hicks, 1932). Il est vrai qu'il s'intéressait à l'effet d'une augmentation des salaires réels sur les innovations à l'origine d'économies de main-d'œuvre, mais le raisonnement est le même pour les réglementations ayant pour effet d'accroître le prix relatif de l'environnement.
3. Pour une description exhaustive de l'instrument d'enquête, de la procédure d'échantillonnage, tout comme des personnes interrogées, voir Johnstone (2006) ainsi que la page Internet www.oecd.org/env/cpe/firms.
4. La variable RÉGIONAL indique que le marché considéré s'étend aux pays voisins et non qu'il se limite à une certaine région d'un pays.

BIBLIOGRAPHIE

- Acs, Z. et D. Audretsch. (1987), « Innovation, Market Structure, and Firm Size » dans *Review of Economics and Statistics* n° 69(4), pp. 567-574.
- Ahmad, S. (1966), « On the Theory of Induced Innovation » dans *The Economic Journal* n° 76(302), pp. 344-357.
- Arrow, K. (1962), « Economic Welfare and the Allocation of Resources for Innovation », dans R. Nelson (éd.) *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton University Press.
- Brunnermeier, S. et M. Cohen (2003), « Determinants of Environmental Innovation in US Manufacturing Industries » dans *Journal of Environmental Economics and Management* n° 45, pp. 278-293.
- Cohen, W.M., R.R. Nelson. et J.P. Walsh (2000), « Protecting their Intellectual Assets: Appropriability Conditions and Why US Manufacturing Firms Patent (or not) », *NBER Working Papers*, n° 7552.
- Crespi, F. (2004), « Notes on the Determinants of Innovation: A Multi-Perspective Analysis » Note di Lavoro Della Fondazione Eni Enrico Mattei.
- Criscuolo, C., J. Haskel et M. Slaughter (2005), « Global Engagement and the Innovation Activities of Firms » *NBER Working Papers*, n° 11479.
- Dillman, D. (2000), *Mail and Internet Surveys: The Tailored Design Method*, John Wiley.
- Downing, P. et L. White (1986), « Innovation in Pollution Control » dans *Journal of Environmental Economics and Management* n° 13, pp. 18-29.
- Fischer, C., I. Parry et W. Pizer (2003), « Instrument Choice for Environmental Protection when Technological Innovation is Endogenous » *Journal of Environmental Economics and Management* n° 45, pp. 523-545.
- Gerosky, P. (1990), « Innovation, Technological Opportunity and Market Structure » dans *Oxford Economic Papers* n° 42, pp. 586-602.
- Hicks, J. (1932), *The Theory of Wages*, MacMillan, Londres.
- Jaffe, A., R. Newell et R. Stavins (2003), « Technological Change and the Environment », *Handbook of Environmental Economics*, North Holland – Elsevier Science.
- Jaffe, A., R. Newell et R. Stavins (2005), « A Tale of Two Market Failures: Technology and Environmental Policy » dans *Ecological Economics* n° 54, pp. 164-174.
- Jaffe, A. et K. Palmer (1997), « Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study » dans *The Review of Economics and Statistics* n° 79(4), pp. 610-619.
- Jaffe, A. et R. Stavins (1995), « Dynamic Incentives of Environmental Regulations: The Effects of Alternative Policy instruments on Technology Diffusion » dans *Journal of Environmental Economics and Management* n° 29, pp. S43-S63.

- Jaumotte, F. et N. Pain (2005a), « From Ideas to Development: The Determinants of R&D and Patenting » *Documents de travail du Département des affaires économiques de l'OCDE*, n° 457, ECO/WKP(2005)44.
- Jaumotte, F. et N. Pain (2005b), « An Overview of Public Policies to Support Innovation », *Documents de travail du Département des affaires économiques de l'OCDE*, n° 456, ECO/WKP(2005)43.
- Johnstone, N. (2007), *Environmental Policy and Corporate Behaviour*, Edward Elgar.
- Jung, C., K. Krutilla et R. Boyd (1996), « Incentives for Advanced Pollution Abatement Technology at the Industry Level: an Evaluation of Policy Alternatives » dans *Journal of Environmental Economics and Management*, n° 30, pp. 95-111.
- Kamien, M. et N. Schwartz (1978), « Self-Financing of an R&D Project » dans *American Economic Review*, n° 68, pp. 252-61.
- Kerr, S. et R. Newell (2003), « Policy-Induced Technology Adoption: Evidence from the US Lead Phasedown » dans *Journal of Industrial Economics*, n° 51(3), pp. 317-343.
- Knesse, A. et C. Schultze (1978), *Pollution, Prices and Public Policy*, The Brookings Institute, Washington, DC.
- Kraft, K. (1987), « Market Structure, Firm Characteristics and Innovative Activity » dans *Journal of Industrial Economics*, n° 37(3), pp. 329-336.
- Lacetera, N. (2000), « Corporate Governance and the Governance of Innovation », Centre for Research on Innovation and Internationalisation Processes, Bocconi University, Document de travail n° 122.
- Lanjouw, J. et A. Mody (1996), « Innovation and the International Diffusion of Environmentally Responsive Technology » dans *Research Policy* n° 25, pp. 549-571.
- Levin, A., A. Klevorick., R. Nelson, S. Winter, R. Gilbert et Z. Griliches (1987), « Appropriating the Returns from Industrial Research and Development », *Brookings Papers on Economic Activity* 1987(3), pp. 783-831.
- Link, A. (1982), « Productivity Growth, Environmental Regulations and the Composition of R&D » dans *The Bell Journal of Economics* n° 13(2), pp. 548-554.
- Mansfield, E., J. Rapoport, R. Romeo, W. Wagner et G. Beardsley (1997), « Social and Private Rates of Return from Industrial Innovations » dans *Quarterly Journal of Economics* n° 91(2), pp. 221-240.
- Martin, S. (2002), *Advanced Industrial Economics*, Blackwell.
- Milliman, S. et R. Prince (1989), « Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control », *Journal of Environmental Economics and Management*, n° 17, pp. 247-265.
- Montero, J. (2002), « Permits, Standards and Technology Innovation » dans *Journal of Environmental Economics and Management*, n° 44, pp. 23-44.
- Munari, F. et M. Sobrero (2003), « Corporate Governance and Innovation » dans F. Munari, P. Garrone and M. Sobrero (éds), *Corporate Governance, Market Structure and Innovation*, Edward Elgar Publishing.
- Newell, R.G., A. Jaffe et R. Stavins (1999), « The Induced Innovation Hypothesis » dans *Quarterly Journal of Economics*, n° 114, pp. 941-975.
- OCDE (2004), *Science, technologie et industrie : Perspectives de l'OCDE 2004*, OCDE.
- OCDE (2006), *Réformes économiques : objectif croissance*, OCDE.

- Orr, L. (1976), « Incentive for Innovation as the Basis for Effluent Charge Strategy » dans *The American Economic Review*, n° 66(2), pp. 441-447.
- Palmer, K, W. Oates et P. Portney (1995), « Tightening Environmental Standards: The Benefit-Cost or the No-Cost Paradigm? » dans *Journal of Economic Perspectives*, n° 9, pp. 119-132.
- Parry, I. (1998), « Pollution Regulation and the Efficiency Gains from Technological Innovation » dans *Journal of Regulatory Economics*, n° 14, pp. 229-254.
- Parry, I., W. Pizer et C. Fischer (2003), « How Large are the Welfare Gains from Technical Innovation Induced by Environmental Policies? » dans *Journal of Regulatory Economics*, n° 23(3), pp. 237-255.
- Popp, D. (2001), « Pollution Control Innovations and the Clean Air Act of 1990 », *NBER Working Papers*, n° 8593.
- Popp, D. (2003), « Pollution Control Innovations and the Clean Air Act of 1990 » dans *Journal of Policy Analysis and Management*, n° 22, pp. 641-660.
- Porter, M. et C. Van der Linde (1995), « Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship » dans *Journal of Economic Perspectives*, n° 9, pp. 97-118.
- Scherer, F. et D. Harhoff (2000), « Technology Policy for a World of Skewed Distributed Outcomes » dans *Research Policy*, n° 29, pp. 559-566.
- Schmookler, J. (1966), *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Schumpeter, J. (1942), *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper, New York.
- Scott, J. (1997), « Schumpeterian Competition and Environmental R&D » dans *Managerial and Decision Economics*, n° 18(6), pp. 455-469.
- Scott, J. (2003), *Environmental Research and Development: US Industrial Research, the Clean Air Act and Environmental Damage*, Edward Elgar Publishing.
- Syrneonidis, G. (1996), « Innovation, taille de l'entreprise et structure du marché : Hypothèses schumpetériennes et quelques nouveaux thèmes » dans *Revue économique de l'OCDE*, n° 27, pp. 39-79.
- Tylecote, A. et E. Conesa (1999), « Corporate Governance, Innovation Systems and Industrial Performance » dans *Industry and Innovation*, n° 6(1), pp. 125-148.

Annexe 1

Conception et protocole de l'enquête

La conception et le protocole de l'enquête se sont inspirés des principes énoncés dans l'ouvrage de Dillman (1978) intitulé « Total Design Method ».

Conception du questionnaire

- Conçu en collaboration entre des équipes de recherche (environ 14 chercheurs) et les membres d'un groupe consultatif (un seul représentant de chaque pays participant).
- Échange de courriels et organisation de deux réunions dans les locaux de l'OCDE en 2003 et 2004 – 18 versions différentes en ont été examinées.
- Aide à la conception de l'enquête obtenue auprès des représentants du Comité consultatif économique et industriel auprès de l'OCDE.
- Traduction d'anglais en français, japonais, norvégien, allemand et hongrois, et vice versa.
- Tests préalables à la mise en œuvre réalisés auprès d'un échantillon d'établissements manufacturiers représentatifs au Japon, en Allemagne et au Canada.
- Modifications subséquentes en vue de faciliter la mise en œuvre de l'enquête en s'assurant qu'elle ne dépasserait pas une longueur de 12 pages et qu'elle demeurerait facile à lire.
- Échantillonnage de la population d'établissements manufacturiers d'au moins 50 salariés dans les sept pays participants.
- Échantillon issu des bases de données recensant l'ensemble de la population d'établissements manufacturiers (sauf pour les États-Unis, où il est tiré de l'inventaire des établissements à l'origine d'émissions toxiques).
- Échantillonnage stratifié par secteur d'activité (au niveau à 2 chiffres) et par catégorie de taille de l'établissement (50-99, 100-249, 250-499, > 500).

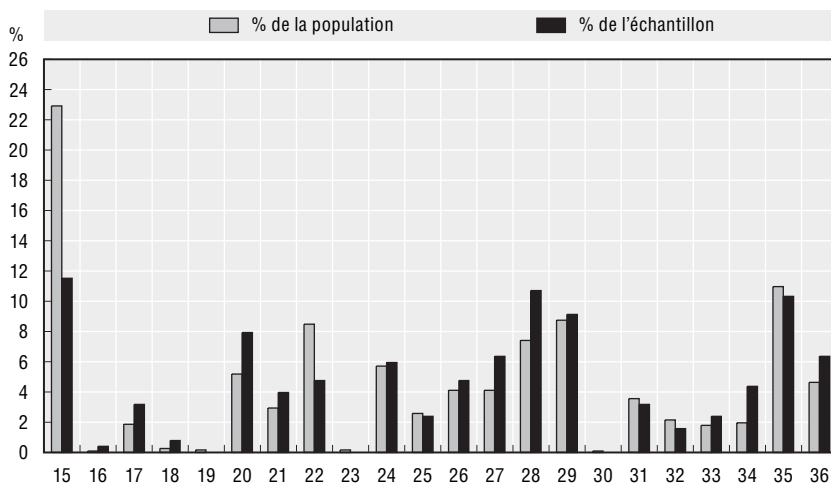
Collecte des données

- Questionnaire adressé par courrier à près de 17 000 établissements manufacturiers le 7 janvier 2003 ou aux environs de cette date.
- Possibilité était en outre donnée de remplir le questionnaire en ligne pour ce qui est de l'enquête réalisée aux États-Unis (indiquer l'adresse du site Internet).
- Lettre d'accompagnement (à l'en-tête de l'OCDE ainsi que du Département et de l'Université) adressée aux directeurs généraux et/ou aux « responsables de la gestion de l'environnement ».
- Deux relances par courrier (ou dans certains cas par téléphone) adressées à certains établissements n'ayant pas répondu de un à deux mois après le premier envoi, en vue d'accroître le taux de réponse.

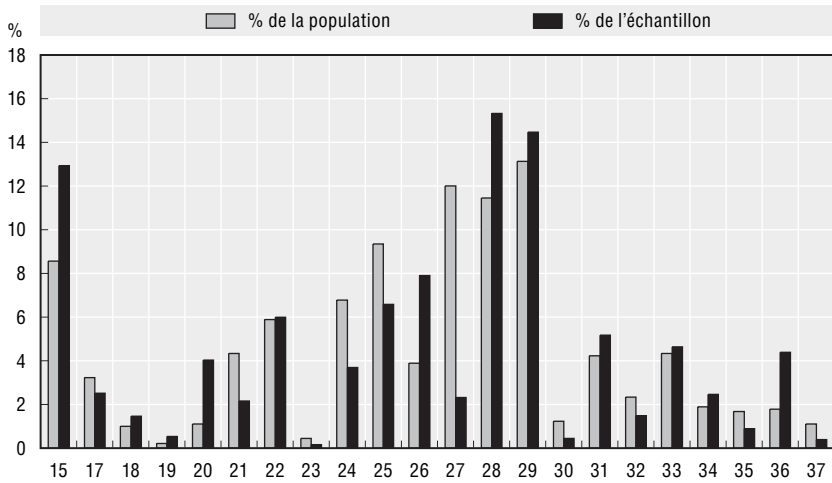
Annexe 2

Représentativité de la composition sectorielle de l'échantillon

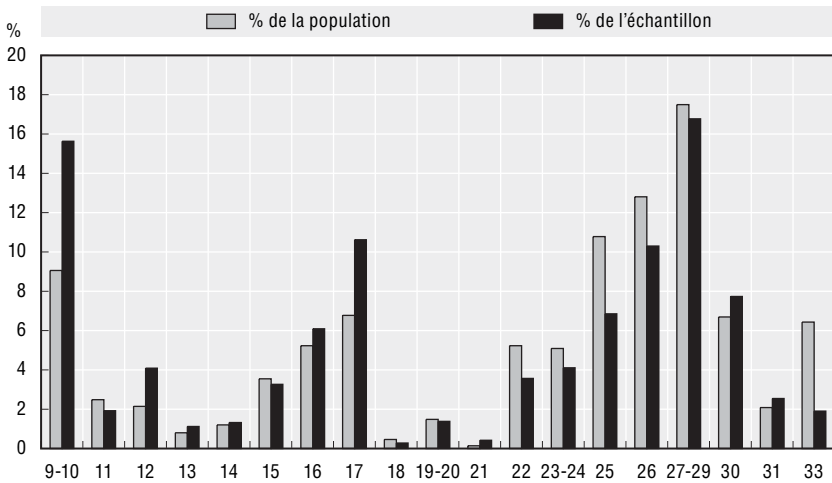
Graphique A1. Composition sectorielle en Norvège (par code NACE)



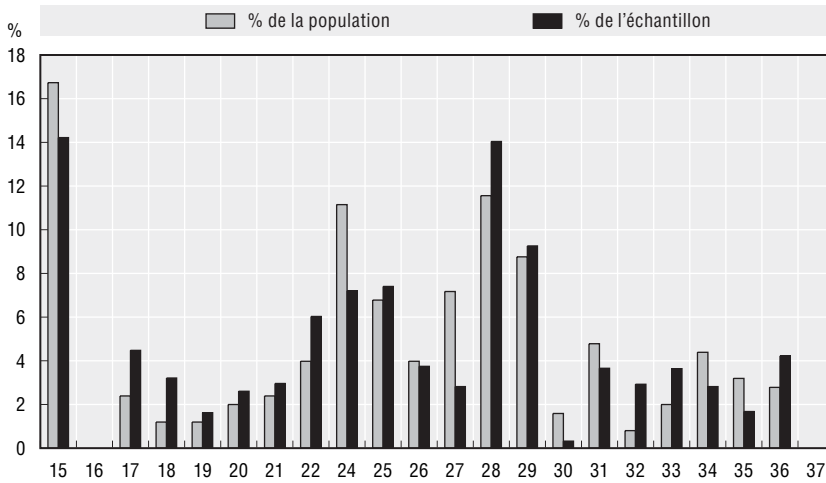
Graphique A2. **Composition sectorielle en Allemagne (par code NACE)**



Graphique A3. **Composition sectorielle au Japon (par code de la JSIC)**



Graphique A4. **Composition sectorielle en France (par code NACE)**



Graphique A5. **Composition sectorielle en Hongrie (par code NACE)**

