

Chapitre 3

Fiscalité environnementale et innovation

Ce chapitre vise à déterminer l'efficacité de la fiscalité environnementale en tant que moyen de stimuler l'innovation. Il commence par aborder les problèmes que pose la mesure empirique de l'innovation et présente des outils de mesure potentiels. Le chapitre se penche ensuite sur plusieurs études de cas afin de mettre en évidence des liens d'interdépendance éventuels, ce qui aboutit à des résultats contrastés. Il indique les différents types d'innovation favorisés (ou non) par la fiscalité environnementale. Les contraintes qui altèrent l'efficacité de la fiscalité environnementale en termes d'innovation sont également examinées.

L'imposition de taxes environnementales revient à attribuer un coût particulier à la pollution, ce qui incite les entreprises soucieuses de maximiser leurs profits à trouver des moyens de moins polluer pour alléger leur charge fiscale. Pour ce faire, elles peuvent restreindre l'ampleur de leur activité, réduire leurs émissions polluantes à l'aide des technologies actuelles, ou bien inventer ou adopter de nouvelles innovations. La littérature montre clairement que l'innovation est primordiale pour atteindre à moindre coût les objectifs de la politique de l'environnement. Alors que les gouvernements adoptent de plus en plus des stratégies axées sur le marché pour obtenir les résultats escomptés de cette politique, la question est de savoir quel est l'impact réel de la fiscalité environnementale sur l'innovation. Ce chapitre étudie les moyens de mesurer l'innovation, l'efficacité de la fiscalité écologique s'agissant de favoriser l'innovation, ainsi que la présence d'obstacles à l'innovation.

3.1. Mesurer l'innovation

Pour analyser l'efficacité de la fiscalité écologique s'agissant de stimuler l'innovation, il faut tout d'abord disposer d'outils permettant d'identifier et de mesurer l'innovation (ou des éléments qui s'en rapprochent). Or l'innovation se caractérise en principe par une fluidité qui la rend difficile à mesurer et qui suppose de définir des données et des outils de mesure adéquats. Mesurer l'innovation suppose normalement de préciser quelle partie de la phase d'innovation est examinée. On peut ainsi mesurer les intrants de l'innovation, par exemple les dépenses de R-D, ou bien les extrants directs de l'innovation, par exemple les brevets. Étant donné que ces données sont imparfaites, et parfois indisponibles ou inexploitable, il est nécessaire d'effectuer des mesures indirectes des extrants de l'innovation pour pouvoir en déduire l'innovation. Toutes ces solutions possibles ont leurs avantages et leurs inconvénients, comme indiqué ci-après dans l'encadré 3.1.

3.1.1. Mesure des intrants de l'innovation liée à l'environnement

Les intrants ne représentent qu'un facteur parmi d'autres dans le processus global d'innovation, mais ils fournissent de précieuses informations sur les ressources allouées aux activités d'invention. Les deux éléments majeurs constituant cet indicateur sont les dépenses de recherche-développement et le nombre de chercheurs. Le premier élément fournit plus d'informations grâce à la ventilation entre dépenses publiques et privées et à la possibilité de classer les thèmes de recherche dans différentes catégories. En principe, les intrants sont un indicateur important car ils permettent de déterminer l'intention de l'entreprise ou de l'institut de recherche (compte tenu des ressources consacrées à cet objectif). Ces mesures sont indépendantes des résultats du processus de R-D, auquel est associé une certaine mesure de chance. L'existence d'activités de R-D n'implique pas obligatoirement que l'entreprise est innovante. Une enquête menée dans plusieurs pays a montré que le pourcentage d'entreprises ayant introduit une innovation de produit ou de procédé excédait largement le pourcentage d'entreprises ayant réalisé des travaux de R-D (OCDE, 2009h).

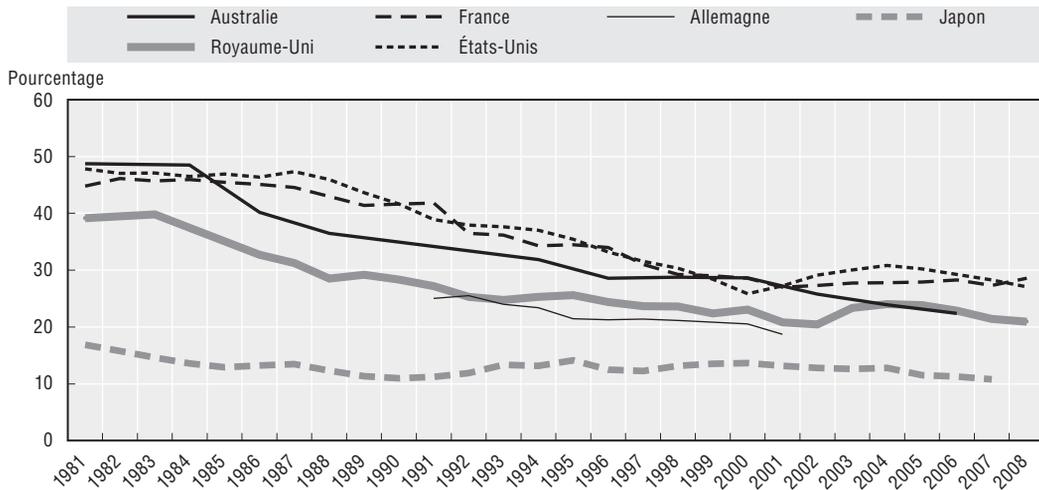
Encadré 3.1. **Mesurer l'innovation : la recherche est-elle différente dans le cas des taxes environnementales ?**

Le choix du moyen d'action mis en œuvre pour faire face aux problèmes d'environnement peut influencer sur l'impact en termes d'innovation. Les mesures de nature plus prescriptive, comme les exigences réglementaires reposant sur des technologies particulières, définissent de fait le périmètre des innovations qui peuvent être créées et adoptées avec profit par les entreprises. Les innovations sont limitées par la portée des réglementations. Par exemple, une réglementation exigeant que les centrales thermiques au charbon soient équipées d'épurateurs destinés à réduire la pollution atmosphérique ne créera d'incitations que pour un nombre très restreint d'activités. En revanche, une taxe sur les émissions des mêmes polluants élargira considérablement l'éventail des innovations qu'une entreprise peut envisager d'adopter pour réduire sa charge fiscale. Ainsi, on peut s'attendre à ce que les études fassent apparaître une différence sensible en faveur du potentiel d'innovation des taxes par rapport aux normes reposant sur des technologies particulières.

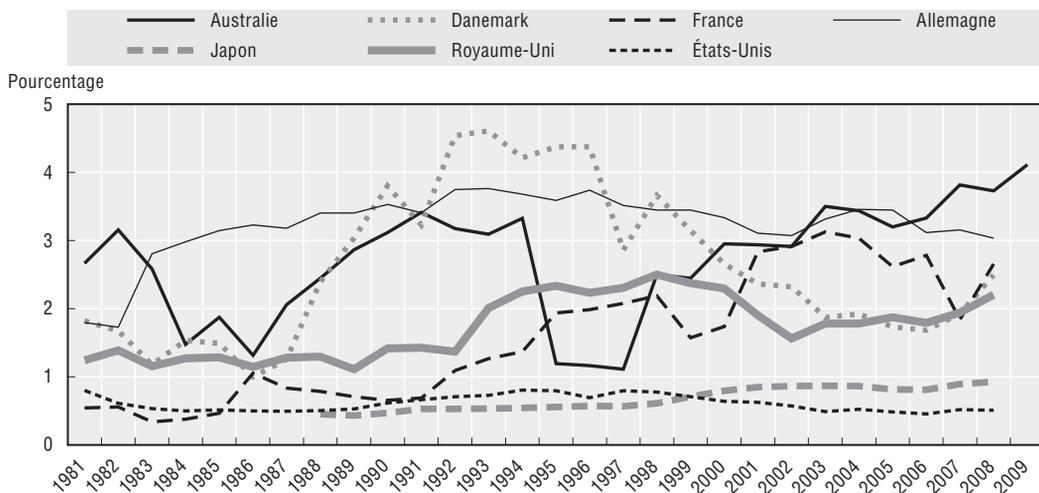
Cependant, les implications concrètes découlant de la méthode de mesure conduisent parfois à un travail empirique moins solide. Ainsi, utiliser les données sur les brevets pour étudier la relation entre l'augmentation des brevets dans un domaine précis (par exemple, les progrès dans la conception des épurateurs) et l'introduction de normes peut donner des résultats probants car il est facile de discerner les catégories de brevets concernées par des innovations de ce type. En revanche, le large éventail d'innovations pouvant découler d'une taxe bien conçue rend le processus beaucoup plus difficile. L'imposition de taxes peut amener les entreprises à améliorer l'efficacité de la production, prendre de nouvelles mesures correctrices, voire créer des produits entièrement nouveaux qui sont généralement adoptés par de larges secteurs de l'économie. Les chercheurs peuvent avoir beaucoup de mal à recenser tous les domaines d'innovation possibles et repérer ensuite les relations potentielles avec les régimes fiscaux, aussi les conclusions qu'ils tirent concernant l'innovation suscitée par la fiscalité peuvent-elles s'avérer statistiquement moins solides. L'étude de cas sur l'incidence des taxes et des normes dans plusieurs pays (voir encadré 3.6) illustrera ce problème de manière concrète.

Un des chiffres les plus utilisés – et les plus largement disponibles – correspond au niveau des fonds publics directement alloués à l'innovation. Les dépenses directes de l'État (qui n'englobent pas celles effectuées dans le cadre de l'enseignement supérieur) représentent en général moins de la moitié des dépenses totales consacrées à la R-D dans l'économie, comme le montre le graphique 3.1. De plus, le rôle des dépenses publiques directes de R-D a diminué ces dernières années, avec l'augmentation relative du financement assuré par le secteur privé et les établissements d'enseignement supérieur.

Il peut être difficile de définir des sous-catégories d'innovation à partir des données disponibles. Toutes sortes de problèmes peuvent empêcher d'attribuer un objectif unique à un ensemble de travaux de recherche, tel que l'innovation à des fins environnementales (voir l'analyse de l'encadré 3.1). Le problème est encore plus évident pour les travaux relevant davantage de la recherche fondamentale. Par exemple, on peut considérer que les innovations relatives à la pollution résultant de la combustion se rattachent aussi bien à l'environnement qu'à la performance des entreprises ou à l'énergie. Conscients de ces problèmes, les gouvernements des pays de l'OCDE se sont employés à classer leurs dépenses par catégories en fonction des priorités de recherche. Les graphiques 3.2 et 3.3 ci-dessous indiquent le pourcentage des dépenses publiques de R-D consacrées respectivement à l'environnement et à l'énergie. Depuis 1981, les dépenses publiques

Graphique 3.1. **Part des dépenses publiques directes dans le total des dépenses de R-D**

Source : OCDE (2010a).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932323715>Graphique 3.2. **Part de la R-D environnementale dans le total des dépenses publiques de R-D**

Note : Les données sont définies par objectif socio-économique (dans le cas présent, pollution et protection de l'environnement) selon la nomenclature Eurostat pour l'analyse et la comparaison des budgets et programmes scientifiques.

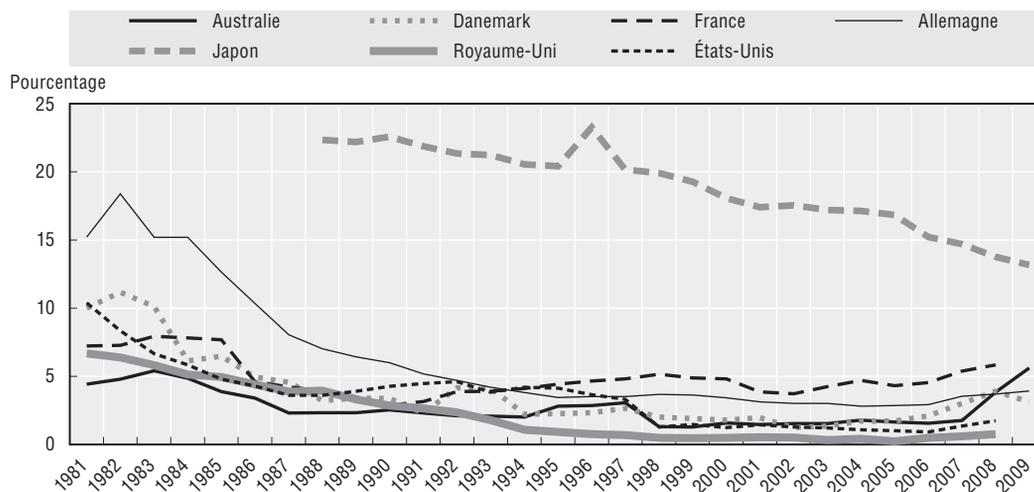
Source : OCDE (2010b).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932323734>

relatives à la R-D environnementale sont en légère augmentation, la France se distinguant par une progression soutenue durant la période. Les États-Unis et le Royaume-Uni ont maintenu un faible niveau de dépenses par rapport aux autres pays de l'OCDE. Le Danemark affiche des fluctuations importantes, avec de fortes progressions au milieu des années 90.

Par ailleurs, les dépenses publiques de R-D relatives au domaine de l'énergie affichent une tendance très différente, celle d'une baisse à long terme. Or, même les niveaux atteints

Graphique 3.3. Part de la R-D énergétique dans les dépenses publiques totales de R-D



Note : Les données sont définies par objectif socioéconomique (dans le cas présent, production, distribution et utilisation rationnelle de l'énergie) selon la nomenclature Eurostat pour l'analyse et la comparaison des budgets et programmes scientifiques.

Source : OCDE (2010b).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932323753>

ces dernières années, qui sont relativement bas, restent supérieurs à ceux des dépenses de R-D environnementale. Les données disponibles ne remontent que jusqu'à 1981, mais les chocs pétroliers des années 70 ont certainement entraîné de fortes augmentations de la R-D menée pour le compte des États dans le domaine de l'énergie. Quand les prix du pétrole en termes réels sont revenus à des niveaux moins élevés, un pourcentage limité des fonds affectés à la R-D a été lentement réorienté vers d'autres priorités. La faible augmentation enregistrée en 2007 et 2008 semble indiquer que la flambée des prix du pétrole à cette période a aussi contribué à modifier les priorités de la R-D. Il est vraisemblable que la moindre ampleur de cet effet par rapport aux années 70 s'explique à la fois par le retard des pouvoirs publics à réagir à ces évolutions de prix et par la courte durée de la flambée des prix. Globalement, l'évolution des dépenses de R-D dans le domaine de l'énergie laisse penser que la hausse des prix peut avoir un impact non négligeable sur l'orientation des tendances concernant la R-D.

La principale difficulté tient au fait que les données sur la R-D du secteur privé ne sont généralement pas disponibles, en particulier en ce qui concerne la R-D du secteur privé ventilée par grand objectif. La fiscalité écologique encourage précisément ce type d'activité, de sorte qu'il est difficile d'établir des liens d'ordre général entre les données sur la R-D et la fiscalité liée à l'environnement.

3.1.2. Mesure des extrants directs de l'innovation liée à l'environnement

La numérisation croissante des données, en particulier dans le domaine des brevets, permet d'obtenir de plus en plus de données sur les extrants de l'innovation. Les brevets constituent pour les chercheurs un précieux outil de mesure car ils fournissent des renseignements précis sur les innovations produites, leur date de création et leur auteur. Les brevets apportent également des informations précieuses sur leurs propres caractéristiques et le système des brevets renseigne sur la valeur de chaque brevet grâce

aux indications concernant les citations et les transferts au niveau international. Les brevets constituent manifestement une source d'information extrêmement utile sur l'innovation.

Même si, selon l'OCDE (2009i), la plupart des grandes innovations sont brevetées, l'évaluation des données sur les brevets exclut nécessairement certains types d'innovation. Les innovations empiriques et les innovations organisationnelles sont difficiles, voire impossibles, à breveter. Par ailleurs, les brevets reflètent nécessairement la capacité d'innovation d'un pays, qui peut se caractériser par la productivité des chercheurs, les politiques d'éducation et d'autres instruments d'action (Rassenfosse et Pottelsberghe, 2009). Par conséquent, le nombre de brevets peut être influencé par la propension d'un pays à déposer des brevets, qui reflète ses traditions juridiques, culturelles et administratives. De plus, les caractéristiques du système de brevets en place peuvent influencer grandement sur le nombre de brevets, notamment les frais administratifs et le degré de protection offert aux titulaires de brevets. À ce titre, la prudence est de rigueur en ce qui concerne les conclusions à tirer de la simple comparaison entre pays des données sur les brevets.

Pour surmonter certaines de ces difficultés, l'Office européen des brevets et l'OCDE ont créé une base de données unique en son genre (PATSTAT) qui fournit des informations détaillées sur les brevets au niveau mondial (OCDE, 2004). Cette base de données regroupe les brevets des principaux pays délivrant des brevets, et les classe par catégories en fonction de plusieurs critères. Elle est mise à jour régulièrement et contient plus de 70 millions de brevets, avec des renseignements détaillés sur l'historique et la finalité de chaque brevet. Elle constitue une source d'information inestimable pour les chercheurs et a été utilisée pour plusieurs des études de cas entreprises dans le cadre du présent projet.

Même avec d'excellentes bases de données, les stratégies de recherche restent primordiales pour obtenir tous les brevets pertinents et utiles dans un domaine donné. C'est pourquoi il peut être beaucoup plus intéressant, par rapport aux recherches simples en matière de brevets, de s'attacher aux « priorités revendiquées » (les demandes de brevet accompagnées d'une déclaration de priorité et déposées auprès d'un autre office des brevets que celui qui a reçu la demande initiale) (OCDE, 2009d) :

- cette démarche permet de filtrer les brevets de qualité médiocre n'ayant vraisemblablement guère de valeur économique, car les coûts d'enregistrement des brevets dans plusieurs États ne seront engagés que pour les brevets présentant un potentiel économique important ;
- elle évite le double comptage lorsque des communautés de brevets sont constituées ; et
- elle assure une véritable couverture mondiale des brevets.

3.1.3. Mesure des extrants indirects de l'innovation liée à l'environnement

Outre les indicateurs d'innovation relativement bien définis que sont les dépenses de R-D ou les brevets, des mesures plus indirectes permettent de déduire l'innovation s'il n'existe pas d'autres mesures ou si elles ne sont pas exploitables. Ces mesures portent sur les effets de l'innovation dans les domaines où ils sont attendus pour l'entreprise en question, et non sur l'innovation proprement dite. En ce qui concerne les taxes sur la pollution, les mesures indirectes de l'innovation peuvent inclure les éléments suivants :

- *Diminution des coûts marginaux de réduction des émissions.* Les innovations environnementales qu'il est rentable pour l'entreprise de mettre en œuvre contribuent à

réduire le coût marginal de lutte contre la pollution. La diminution des coûts marginaux de réduction des émissions (ou le déplacement vers le bas de la courbe de ces coûts) peut donc être révélatrice de l'intégration d'innovations dans le mode opératoire de l'entreprise.

- *Découplage entre la pollution et les extrants.* Le découplage des tendances relatives à la pollution et aux extrants peut être révélateur de l'adoption d'innovations par les agents économiques, même si la façon dont ce découplage s'opère est relativement floue.
- *Réduction de la pollution selon les technologies adoptées.* La réduction des émissions résultant de l'adoption de technologies existantes peut fournir des indications sur les innovations utilisées par les entreprises qui vont au-delà des moyens habituels de lutte contre la pollution.

Il importe de tenir compte du fait que des mesures indirectes de l'innovation apparemment solides peuvent résulter de l'action d'autres facteurs que l'innovation. Les gains d'efficacité, les augmentations de productivité ou la substitution d'intrants peuvent se traduire par une production moins polluante. Par exemple, un découplage entre la pollution et les extrants peut être lié à une augmentation de la production, qui permet de réaliser des économies d'échelle en termes de consommation d'énergie, et un déplacement vers le bas des courbes du coût marginal de réduction des émissions peut résulter de gains de productivité.

L'étude de cas concernant la taxe suédoise sur les NO_x, présentée dans l'encadré 3.2, est un bon exemple dans lequel le recours à des mesures indirectes a été utile à l'analyse puisqu'on ne disposait pas de données sur les dépenses de R-D au niveau des entreprises et que les effets liés aux brevets ne pouvaient être spécifiquement rattachés à l'instauration de la taxe¹. Malgré cela, les auteurs de l'étude ont pu effectivement déduire qu'il y avait eu innovation en effectuant une analyse au niveau des entreprises. Premièrement, les courbes du coût marginal de réduction des émissions des entreprises se sont nettement déplacées vers le bas suite à l'instauration de la taxe. On peut en déduire que les entreprises ont su abaisser le niveau de leurs émissions à moindre coût en combinant gains de productivité et innovation. Même si elle ne permet pas de distinguer les gains de productivité des gains d'innovation, cette mesure, associée à d'autres facteurs, laisse à penser que la taxe a suscité cette innovation. Deuxièmement, les émissions de NO_x ont été découplées de la production d'électricité. Enfin, même les entreprises qui ne s'étaient pas équipées de technologies antipollution telles que des dispositifs en bout de chaîne ont quand même vu l'intensité de leurs émissions diminuer chaque année, signe d'innovations de procédé incrémentales au niveau des installations.

Par conséquent, la question demeure de savoir quels indicateurs il faut utiliser pour effectuer une analyse de l'innovation. Les données détaillées sur la R-D renseignent de manière précise sur la volonté d'innover des entreprises, indépendamment du résultat des efforts accomplis. Or, les niveaux de R-D ne permettent guère de prévoir le nombre de dépôts de brevets, qui témoigne de la réussite des projets. (Klienkecht et al., 2002). Par ailleurs, il est quasiment impossible d'obtenir des données sur les activités précises de R-D, surtout dans le secteur privé. Les données relatives aux brevets peuvent être utiles pour déduire les intrants et les extrants de l'activité d'invention en l'absence de données détaillées sur la R-D (Griliches, 1990). Les mesures indirectes de l'innovation sont également importantes pour mieux comprendre le déroulement de l'innovation. Aucune mesure existante de l'innovation n'est donc parfaite. Même si des progrès ont été

Encadré 3.2. Étude de cas : la taxe suédoise sur les NO_x

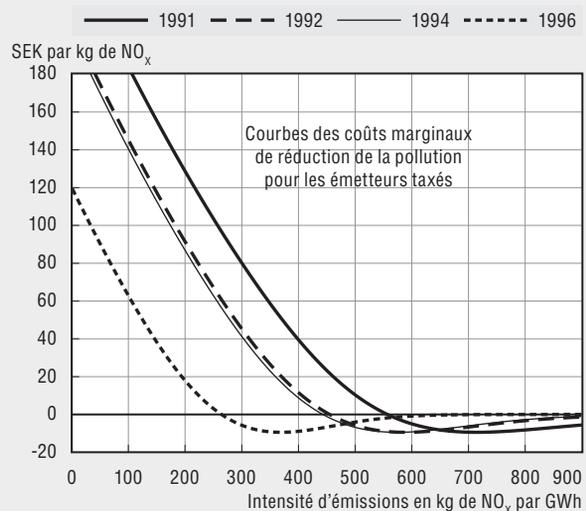
La Suède a instauré en 1992 une taxe sur les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) émanant des grandes installations de combustion, généralement des centrales électriques. Les NO_x, qui englobent le dioxyde d'azote (NO₂) et le monoxyde d'azote (NO), contribuent à la formation de smog photochimique, de pluies acides et de particules. Ils se forment lors de la combustion à haute température. La taxe suédoise était relativement élevée par rapport à d'autres pays, mais son produit était restitué aux entreprises sur la base de leur production d'énergie.

La taxe ayant été très efficace pour réduire les émissions de NO_x des entreprises visées par cette réglementation, il a été envisagé de l'étendre aux installations plus petites. Durant la période 1992-2007, les émissions totales de NO_x provenant des installations réglementées sont restées relativement stables (malgré l'extension de la taxe aux petites installations relativement polluantes) alors que la production d'énergie pour le même échantillon a augmenté de 77 %, ce qui laisse penser que la taxe a permis de découpler la production des émissions de NO_x. L'une des premières conséquences de la taxe a été d'amener les entreprises à adopter rapidement des technologies antipollution, la part des entreprises équipées de systèmes de réduction des émissions passant de 7 % en 1992 à 62 % en 1993. Il s'agissait plutôt d'investissements dans une production plus propre que de dispositifs en bout de chaîne, ce qui est à prévoir dans le cas d'instruments économiques plus souples. De fait, l'intensité relative des émissions de NO_x d'un certain nombre d'entreprises a augmenté sur la période, généralement parce qu'elles ont adopté des combustibles qui émettent plus NO_x mais contribuent à la réalisation d'autres objectifs environnementaux et stratégiques.

Il semble bien que la taxe suédoise sur le NO_x ait eu un impact sur l'activité de brevet dans les domaines connexes. Entre 1988 et 1993, le nombre de brevets a bondi par rapport aux périodes précédentes, ce qui a placé la Suède parmi les plus importants inventeurs dans ce domaine, compte tenu de la taille de sa population. Même si les dépôts de brevets n'ont pas été aussi nombreux après 1993, le pays demeure l'un des principaux innovateurs dans ce domaine. Il est toutefois difficile de faire la part du rôle joué par la taxe et de celui des réglementations préexistantes, ou de considérer, du point de vue de l'économie politique, que l'augmentation des brevets doit permettre d'appliquer une taxe plus élevée.

Il ne faut pas pour autant en déduire qu'aucune innovation n'a eu lieu. Une caractéristique majeure de la taxe suédoise a été l'utilisation de dispositifs de surveillance en continu qui ont permis aux entreprises de savoir où et comment les émissions de NO_x se forment et, par conséquent, comment étalonner les instruments et équipements de manière à optimiser le rapport production d'électricité/émissions. Le graphique ci-contre, qui représente les courbes des coûts marginaux de réduction des émissions du secteur de l'énergie durant les premières années d'application de la taxe, montre clairement que le coût d'un niveau donné de réduction de la pollution diminue. On peut en déduire l'existence de méthodes antipollution innovantes, ainsi que de gains de productivité au niveau des méthodes existantes.

Courbes des coûts marginaux de réduction de la pollution pour les émetteurs taxés



StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932323791>

Encadré 3.2. Étude de cas : la taxe suédoise sur les NO_x (suite)

Par ailleurs, on constate que l'intensité des émissions des entreprises diminue chaque année, aussi bien pour celles qui adoptent de nouvelles technologies antipollution (baisse de 3.2 %) que pour celles qui ne le font pas (baisse de 2.9 %). Il est normal que le groupe des entreprises qui s'équipent de nouveaux dispositifs antipollution affiche une baisse d'intensité continue : l'équipement de nouvelles entreprises fait diminuer cette intensité à court terme, et les gains d'efficacité résultant d'une meilleure utilisation des équipements impliquent des baisses à long terme. La baisse d'intensité des émissions des entreprises qui n'adoptent pas de technologies antipollution semble indiquer que de nouvelles innovations sont conçues et adoptées au niveau de mesures antipollution autres que physiques, ce qui devrait également être le cas dans les entreprises ayant adopté des technologies de réduction physique de la pollution. Ces éléments sont associés au découplage des émissions de NO_x et de la production d'électricité.

Ainsi, même si les données relatives aux brevets sont quelque peu ambiguës en ce qui concerne les nouvelles technologies de réduction des émissions de NO_x, il se produit néanmoins des innovations. Celles-ci demandent des méthodes de mesure plus indirectes mais leur importance ne devrait pas être minimisée, car elles contribuent de manière importante à la réduction des émissions et à la baisse des coûts de la lutte contre la pollution. On trouvera une description plus complète de cette étude de cas dans le résumé figurant dans l'annexe A.

Source : OCDE (2009b).

accomplis pour obtenir de meilleures sources de données, comme la *Base de données OEB/OCDE* sur les brevets, la prudence reste de rigueur en ce qui concerne les conclusions à tirer des données disponibles sur l'innovation, et il est recommandé de diversifier les sources d'information.

3.2. Définir les avantages et les inconvénients de l'innovation

Une des difficultés pour les chercheurs et les décideurs est de savoir comment encourager et mesurer l'innovation qui est socialement utile. Toutes les innovations n'ont pas des effets bénéfiques sur la société. Celles dont le but est l'évasion fiscale ou qui n'ont pas d'utilité pratique (par exemple mettre au point un meilleur télégraphe au XXI^e siècle) n'apportent aucun avantage à la société et nuisent aux efforts qui pourraient servir des objectifs plus intéressants. Certaines innovations, comme celles qui rendent moins coûteuses des activités polluantes (pensons aux innovations récentes permettant d'extraire du pétrole de manière rentable dans des lieux auparavant inaccessibles) peuvent même être considérées comme préjudiciables à l'environnement (bien qu'utiles). Cependant, la distinction entre les innovations utiles et superflues peut être assez difficile à établir de manière subjective.

Dans le cadre d'une analyse au niveau international, une méthode objective pour ne retenir que les innovations économiquement utiles consiste à cibler les brevets déposés dans plus d'un pays. Seules les innovations dont l'utilité a été démontrée justifient le temps et les dépenses consacrées au dépôt de brevets dans plusieurs pays. On peut aussi examiner l'impact des innovations sur les coûts pour les entreprises. Dans le cas de la taxe suédoise sur les émissions de NO_x (voir encadré 3.2), l'utilité de l'innovation peut se mesurer à la baisse des coûts marginaux de réduction des émissions pour les entreprises assujetties à la taxe, car seules les innovations utiles ont un impact sur ces coûts. Malgré ces exemples, il est très difficile de faire la distinction entre les innovations qui sont utiles et celles qui ne le sont pas, surtout à partir de données sur les intrants de l'innovation

telles que les dépenses de R-D. Les décideurs doivent donc savoir que toutes les innovations ne sont pas bénéfiques pour la société, et qu'il peut être aussi problématique d'identifier et de promouvoir uniquement les innovations utiles. L'encadré 3.3 présente un exemple intéressant à cet égard.

Une fois mise en place, une innovation peut avoir toutes sortes de répercussions environnementales et économiques (qui ne seront pas toujours bénéfiques). Il arrive donc que des gouvernements souhaitent activement décourager le lancement de certaines innovations sur le marché et en favoriser d'autres, notamment par le biais de la fiscalité. Le graphique 3.4 récapitule les réponses possibles des pouvoirs publics face à diverses combinaisons d'externalités économiques et environnementales liées à des innovations

Il est plus facile d'interpréter la notion d'externalité économique dans la moitié supérieure du tableau, où elles sont positives. Il s'agit du cas de figure classique justifiant l'octroi d'aides publiques en faveur des inventions, les avantages économiques qu'apporte une invention donnée à la société dans son ensemble l'emportant sur ceux que les inventeurs potentiels parviendraient à obtenir. Toutefois, on peut également envisager une situation dans laquelle les avantages d'une invention donnée pour la société seraient moins importants que ceux pouvant être obtenus par l'inventeur (externalité économique négative), par exemple lorsque les prix sont faussés et permettent à l'inventeur de tirer un profit « excessif » de son invention².

Le graphique 3.4 montre que dans ce cas, une aide publique en faveur d'une invention donnée peut aussi se justifier si l'externalité économique négative n'est pas très importante et si l'impact de l'innovation sur l'environnement est suffisamment bénéfique. Il serait logique également d'accorder un soutien public aux inventions entraînant des conséquences négatives pour l'environnement, à condition que celles-ci soient faibles et que les externalités économiques positives liées à cette invention soient importantes.

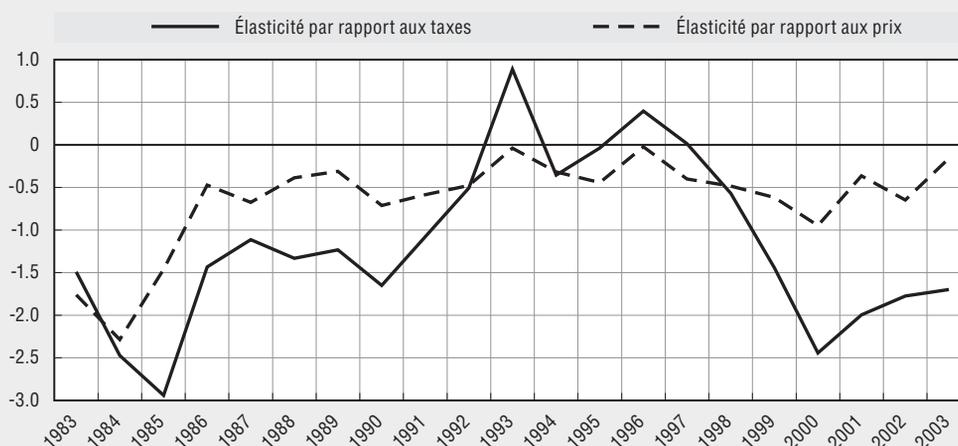
Graphique 3.4. **Impact économique et environnemental des innovations**

		Impact environnemental				
		Positif		Négatif		
		Important	Peu important	Peu important	Important	
Impact économique	Positif	Important	Cas « idéal » justifiant l'octroi d'aides publiques, par exemple sous forme de subventions ou d'un régime fiscal préférentiel.	Une aide doit être accordée.	Les avantages économiques l'emportent sur les inconvénients environnementaux ; l'aide publique reste justifiée.	Une évaluation plus précise des coûts et avantages s'impose.
		Peu important	Une aide doit être accordée.	Une aide doit être accordée.	Une évaluation plus précise des coûts et avantages s'impose.	L'impact économique est trop dommageable, aucune aide ne doit être accordée.
	Négatif	Peu important	Les avantages économiques l'emportent sur les inconvénients environnementaux ; l'aide publique reste justifiée.	Une évaluation plus précise des coûts et avantages s'impose.	Une aide ne doit pas être accordée.	Une aide ne doit pas être accordée.
		Important	Une évaluation plus précise des coûts et avantages s'impose.	L'impact économique est trop dommageable, aucune aide ne doit être accordée.	Une aide ne doit pas être accordée.	Aucune aide ne doit être accordée : l'application de ce type de technologies doit être limitée, par exemple au moyen de taxes.

Encadré 3.3. Toute innovation est-elle souhaitable ? L'innovation et l'évasion fiscale en matière d'environnement

De nombreux pays de l'OCDE différencient les taxes sur le gazole en fonction de son utilisation finale : taux plein pour l'utilisation sur route et exonération ou faible taux pour les autres utilisations que la route (industrie, agriculture, chauffage domestique, etc.). Comme le combustible est quasiment identique dans les deux cas, le risque d'évasion fiscale est élevé. En 2005, la différence de prix dans de nombreux États des États-Unis dépassait 0.13 USD par litre. L'évasion fiscale n'est bien sûr pas souhaitable : elle entraîne une diminution des recettes publiques et les fraudeurs créent un coût de distorsion. Marion et Muehlegger (2008) ont étudié le cas de la fiscalité du gazole aux États-Unis où, à partir d'octobre 1993, un colorant inerte devait être ajouté aux carburants diesel non routiers afin d'aider les autorités à contrôler le respect de la réglementation. De plus, l'ajout de colorant devait être effectué à proximité du site de production pour faciliter la tâche des organismes chargés de la surveillance.

Cette innovation de l'administration fiscale a eu immédiatement un impact significatif sur la consommation de carburant, compte tenu d'un large éventail d'autres facteurs. Les ventes de gazole (taxé) ont augmenté immédiatement de 25 à 30 % alors que celles de fuel-oil (un bon substitut pour le gazole, et non taxé) ont diminué. Comme le laisse prévoir la théorie économique, cet impact a été plus marqué dans les États où le niveau des taxes était plus élevé.



StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932323810>

Les auteurs ont analysé en outre l'élasticité de la consommation de carburant diesel par rapport aux prix et par rapport aux taxes. Dans la période précédant l'ajout de colorant, ces chiffres étaient différents ce qui semble indiquer qu'il existait une évasion fiscale. Après l'ajout du colorant, les valeurs se sont rapprochées. Toutefois, l'analyse des élasticités sur une base annuelle permet de faire une constatation intéressante (voir graphique). Avant 1993, on observe un écart persistant entre l'élasticité de la consommation de carburant diesel par rapport aux prix et son élasticité par rapport aux taxes. Cet écart correspond sans doute à de l'évasion fiscale, car seuls des fraudeurs changeraient de comportement en fonction d'une modification des dispositions fiscales, en comparaison de n'importe quel autre mouvement de prix. Avec l'introduction du colorant en 1993, l'écart disparaît et l'élasticité par rapport aux taxes devient moins importante que l'élasticité par rapport aux prix. À partir de 1998, toutefois, l'écart entre les deux élasticités réapparaît. Il semble donc que les fraudeurs aient innové et trouvé de nouveaux moyens de ne pas payer les taxes, surmontant l'obstacle du colorant. Si l'innovation est quelque chose d'important, ce type d'innovation, qui entraîne une perte sèche pour l'économie, n'est manifestement pas bénéfique pour la société.

Bien entendu, il est quasiment impossible de déterminer *a priori* quelles seraient les répercussions économiques et environnementales précises des inventions susceptibles de découler d'un programme de soutien public particulier – ces répercussions ne peuvent être constatées qu'*a posteriori* (et parfois avec beaucoup de difficulté). Néanmoins, il est peut-être utile de ne pas perdre de vue ces conséquences possibles lors de la conception d'instruments d'action visant à promouvoir des inventions importantes pour l'environnement, afin d'éviter de soutenir des inventions qui s'inscriraient dans la partie inférieure droite du tableau. Si de telles inventions sont faites, on pourra recourir à l'écofiscalité afin d'en limiter la diffusion.

3.3. Études de cas sur la fiscalité environnementale et sa capacité de susciter l'innovation

Manifestement, l'innovation contribue à l'efficacité des politiques de l'environnement – mais les taxes ou systèmes de permis négociables jouent-ils véritablement un rôle à cet égard (l'encadré 3.4 approfondit l'examen des similitudes entre ces deux instruments)?

Avant d'examiner de près la question des taxes, les chercheurs ont étudié dans quelle mesure les variations du niveau général des prix peuvent favoriser l'innovation dans les entreprises. Dans le domaine de l'environnement, ils se sont penchés sur les prix du pétrole, de l'électricité et d'autres produits de base afin de déterminer leur incidence sur la demande et l'innovation. Selon Lichtenberg (1986 et 1987), les prix de l'énergie aux États-Unis, surtout dans les années 70, ont effectivement influé sur le niveau relatif des dépenses de R-D consacrées à des projets énergétiques, grâce aux importants effets de prix de cette période. Selon Popp (2001), on peut considérer que deux tiers de l'évolution de la consommation d'énergie due aux variations de prix résultent de la substitution de facteurs induite par les prix, le tiers restant étant imputable à l'innovation induite par les prix. Popp (2002) étudie également l'incidence des prix de l'énergie sur les technologies économes en énergie, et conclut que les hausses de prix n'ont pas seulement incité les entreprises à abandonner les processus gourmands en énergie, mais ont aussi stimulé l'innovation au profit de nouvelles méthodes sobres en énergie. Par ailleurs, cet auteur note que les rendements de la R-D semblent aller décroissant et que l'offre de projets (c'est-à-dire le stock de connaissance existant) se situe également à un niveau critique. Par ailleurs, l'effet des prix sur l'innovation est relativement rapide, la moitié environ de l'effet global des hausses de prix de l'énergie sur l'innovation se produisant dans les cinq ans. Enfin, Kumar et Managi (2009) et Crabb et Johnson (2010) estiment que les hausses du prix du pétrole à long terme favorisent un progrès technologique substantiel.

Dans ses travaux plus spécialement axés sur la modélisation du changement climatique, l'OCDE (2009a) a constaté que la fixation d'un prix du carbone visant à stabiliser les concentrations de CO₂ dans l'atmosphère multiplierait par plus de trois les dépenses de R-D énergétique en pourcentage du PIB (et par quatre celles concernant plus particulièrement les énergies renouvelables). Si les dispositions en vigueur sont renforcées, entraînant une augmentation du prix du carbone, les dépenses de R-D progressent plus que proportionnellement en raison de l'augmentation des coûts marginaux de réduction des émissions. En dépit de ces augmentations, les répercussions sur les coûts de l'atténuation du changement climatique sont limitées : maintenir les dépenses de R-D au niveau de référence dans le modèle n'entraîne qu'une légère augmentation des coûts en 2052, dans l'hypothèse où il n'existe aucune percée technologique. Pourtant, si l'on tient

Encadré 3.4. Similitudes entre les taxes environnementales et les permis négociables

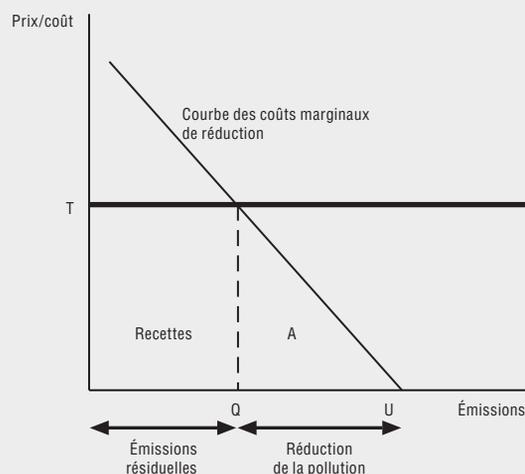
Lorsque les pouvoirs publics décident de s'attaquer aux problèmes d'environnement à l'aide d'instruments économiques, le débat porte en général sur le choix entre les taxes et les permis négociables. Les différences entre ces deux instruments sont cependant très faibles en théorie, si l'on suppose un degré de certitude raisonnable concernant le futur. Plus précisément,

1. Si une taxe environnementale, fixée à un taux par unité d'émissions T , implique un niveau d'émissions Q , alors inversement la décision de régler le même problème en délivrant une quantité Q de permis d'émission négociables se traduira par un prix de permis par unité d'émissions T (si le marché des permis est concurrentiel).
2. Le niveau et la courbe de réduction de la pollution, ainsi que les incitations en faveur de l'innovation, seront les mêmes pour les deux instruments. Dans les deux cas, l'incitation à réduire les émissions à la marge est, pour les entreprises, de T par unité d'émissions, et les entreprises réduiront leurs émissions si le coût par unité est inférieur à cette incitation. Dans le graphique, les mesures antipollution adoptées ramènent les émissions au niveau Q à partir du niveau U antérieur à la réglementation.
3. Le coût de réduction des émissions pour les entreprises sera le même. Le coût total encouru par les entreprises pour ramener leurs émissions de U à Q correspond à l'aire A du schéma représentant le coût marginal de réduction des émissions.

Les propriétés 1 à 3 sont valables indépendamment du fait que les permis sont distribués gratuitement ou vendus (par enchères, par exemple). Dans les deux cas, la valeur du dernier permis utilisé est égale au coût de réduction de la pollution qui serait autrement encouru, ce qui correspond au coût marginal de réduction des émissions au niveau Q , qui est de T par unité. La valeur des permis d'émission négociables est donc indépendante de la façon dont les permis sont distribués (tant que le marché des permis est concurrentiel). Si les permis sont vendus aux enchères, il existe un autre point commun entre la taxe sur les émissions et les permis d'émission négociables :

4. Si les permis sont vendus dans le cadre d'une adjudication d'offres concurrentes, les recettes dégagées seront de $Q \cdot T$, montant égal aux recettes collectées en cas de prélèvement d'une taxe environnementale.

C'est pour ces raisons que cette étude porte à la fois sur les taxes liées à l'environnement et sur les permis négociables, et présente des études de cas relatives aux deux instruments. Il faut noter cependant que, dans le monde réel, certaines conditions peuvent départager les deux instruments. Premièrement, l'information est généralement imparfaite, ce qui oblige les décideurs à poser des hypothèses et à tenir compte de facteurs de tolérance au risque d'erreur lié à ces hypothèses. Si les coûts engendrés par l'augmentation des activités antipollution augmentent de façon extrêmement rapide au regard des résultats obtenus (c'est-à-dire si la courbe du coût marginal de réduction des émissions est plus pentue que la courbe des dommages marginaux), il se peut que le plafonnement des émissions puisse entraîner une augmentation du prix des permis. Dans ce cas, les taxes peuvent constituer un instrument plus approprié pour équilibrer les incidences environnementales et économiques. Si l'on estime que c'est la courbe des dommages marginaux qui a une pente plus forte, l'inverse peut être vrai.



Encadré 3.4. **Similitudes entre les taxes environnementales et les permis négociables** (suite)

Deuxièmement, il importe de tenir compte des coûts de mise en conformité et des coûts administratifs liés à ces instruments. Troisièmement, l'efficacité des marchés de permis n'est pas toujours garantie, du fait de problèmes pouvant être liés à l'emprise sur le marché, à l'étendue de la participation, au niveau des échanges et à la conception du dispositif. Quatrièmement, dans un système fiscal, les nouvelles innovations entraîneraient effectivement une réduction des émissions totales, à condition que le taux de la taxe ne soit pas modifié. Dans le cas d'un système de plafonnement et d'échange, ces innovations n'influeraient pas sur le niveau global des émissions à condition que le plafond ne soit pas modifié, par contre les prix des permis diminueraient. En principe, cependant, il faudra modifier les dispositions dans les deux cas si les innovations qui apparaissent font baisser les coûts de réduction de la pollution (en supposant qu'elles ont été définies à un niveau optimal avant que l'innovation existe). Dans un dispositif fiscal, le taux de la taxe devra être réduit et, dans un système de plafonnement et d'échange, c'est le nombre total de permis qui devra être réduit. Enfin, il existe une différence importante dans la façon dont un dispositif fiscal et un système de plafonnement et d'échange interagissent avec d'autres instruments d'action s'appliquant au même problème environnemental. Dans le cas d'une taxe sur la pollution, il est possible que d'autres instruments d'action entraînent de nouvelles réductions d'émissions; dans celui d'un système de plafonnement et d'échange ce n'est pas le cas. Le plafond étant fixé, des mesures supplémentaires de lutte contre la pollution ne feront que faire baisser le prix des permis.

Source : OCDE (2008).

compte des technologies de rechange – ou de rupture – les coûts liés aux dispositions en vigueur sont divisés par deux comme l'indique le graphique 1.1.

À ce jour, les travaux consacrés à l'efficacité des instruments économiques s'agissant de favoriser l'innovation n'ont pas été très nombreux. La lutte contre les émissions de dioxyde de soufre (SO₂) aux États-Unis dans les années 90 est un exemple qui a fait l'objet de nombreuses analyses. Burtraw (2000) estime que le système de permis négociables (l'un des premiers dispositifs à grande échelle) mis en place dans sept États du Nord-Est du pays a permis d'atteindre les objectifs fixés à un coût bien moindre que ce que les analyses *ex ante* laissaient prévoir. Obtenues principalement grâce à des méthodes innovantes, ces réductions de coûts n'ont pas été réalisées par des moyens classiques tels que de nouvelles technologies brevetables. Les changements intervenus au niveau des procédés de production, du comportement organisationnel et des marchés d'intrants ont été d'une importance primordiale. Par exemple, la flexibilité apportée par le dispositif des permis négociables a encouragé le recours accru au charbon à basse teneur en soufre, facilité par les innovations techniques et la réorganisation des transports ferroviaires suite à la déréglementation des années 80. De nouvelles techniques de mélange de combustibles ont été découvertes. Les usines concernées ont modifié leurs structures organisationnelles, transférant la responsabilité du système d'échange des chimistes aux responsables financiers. Ces innovations ont été cruciales pour la réussite globale du programme, mais bon nombre d'entre elles n'étaient visiblement pas brevetables. Certaines analyses ont même semblé indiquer que les entreprises se trouvaient dans une situation plus favorable après l'instauration du dispositif de permis négociables, mais les gains exceptionnels engendrés par l'attribution des permis sur la base de droits acquis y ont vraisemblablement contribué.

La possibilité d'obtenir de tels résultats a conduit à un débat sur l'hypothèse de Porter (Porter, 1991; Porter et van der Linde, 1995), selon laquelle les nouvelles mesures environnementales, y compris les taxes, peuvent avoir l'effet d'un choc et inciter les entreprises à revoir leur mode de fonctionnement. Ainsi, on peut constater que les innovations développées en réponse à la nouvelle politique environnementale sont plus efficaces pour lutter contre la pollution, mais augmentent également la rentabilité de l'entreprise, si celle-ci n'a pas auparavant étudié toutes les solutions rentables. Cette situation gagnant-gagnant peut être assimilée à un « repas gratuit » [voire un « repas rémunéré » selon les termes de Jaffe et Palmer (1997)] au profit de l'environnement : une meilleure protection de l'environnement et une entreprise plus rentable. Bien que très en vogue ces dernières années, et confirmée par quelques exemples, l'hypothèse de Porter n'a pas trouvé d'éléments de preuve solides (voir encadré 3.5).

Hormis quelques exemples significatifs tels que le cas évoqué précédemment, il existe peu d'études empiriques sur les liens entre la fiscalité, l'innovation et l'environnement. Il est difficile d'étudier de manière empirique l'innovation dans les entreprises et les différents secteurs, et en particulier les liens éventuels avec des mesures environnementales souples. C'est pourquoi les études de cas réalisées dans le cadre de ce projet devraient permettre de combler cette lacune.

Comme il a déjà été indiqué, une des fiscalités environnementales les plus répandues dans les pays de l'OCDE est celle visant les carburants automobiles, notamment l'essence et le gazole. Le prélèvement de taxes sur les carburants automobiles s'accompagne presque toujours de réglementations (de plus en plus rigoureuses) sur les émissions des véhicules. Ces politiques visant à la fois les constructeurs et les consommateurs ont des chances de renforcer les incitations à innover. Une étude portant sur plusieurs pays, évoquée dans l'encadré 3.6, a été réalisée afin d'examiner de quelle façon ces différents instruments de politique environnementale interagissent et influent sur le nombre et le type de brevets déposés.

Cette analyse internationale concerne les taxes sur l'essence, le prix de l'essence et la rigueur de la réglementation concernant les gaz d'échappement et la consommation de carburant des véhicules aux États-Unis, en Allemagne et au Japon. La rigueur de la réglementation, notamment s'agissant des émissions de CO et de NO_x, semble avoir un effet positif sur les dépôts de brevets concernant des technologies en bout de chaîne ou l'amélioration de la conception des moteurs. Aucune incidence sur l'activité de brevet n'a été constatée suite aux limitations imposées à la consommation de carburant des véhicules. S'agissant du prix de l'essence et des taxes, les résultats sont plus contrastés. Les taxes sur l'essence semblent avoir une influence positive sur l'innovation qui concerne des mesures d'économie d'énergie ne portant pas sur le moteur (mais sur l'aérodynamisme ou la résistance au roulement, par exemple). Toutefois, le signe et l'importance des coefficients sont relativement sensibles à la spécification de l'équation de régression, et les coefficients relatifs aux taxes et aux prix sont généralement de signes opposés (dans l'hypothèse où tout mouvement de prix doit avoir en général un effet similaire). Des travaux supplémentaires dans ce domaine permettraient d'apporter des éclaircissements sur certaines de ces questions.

Les diverses études de cas entreprises dans le cadre de ce projet montrent qu'il est difficile de vérifier concrètement l'impact de la fiscalité environnementale. Dans le cas des taxes de niveau élevé appliquées à grande échelle comme les taxes sur les carburants

Encadré 3.5. L'hypothèse de Porter

Il est difficile de nier le caractère séduisant pour les décideurs de l'hypothèse de Porter, selon laquelle les entreprises visées tirent du seul renforcement de la réglementation environnementale des avantages financiers qui sont supérieurs aux coûts liés à l'application des nouvelles dispositions, ce qui augmente par conséquent leur rentabilité. On manque toutefois de preuves convaincantes et d'aucuns soulignent que la recherche initiale repose sur quelques cas relevés parmi des centaines de milliers d'entreprises (Palmer et al., 1995).

Des travaux théoriques récents semblent indiquer que l'hypothèse de Porter peut être valable dans un nombre de cas limité, compte tenu de certaines hypothèses (voir, par exemple, Popp, 2005; Greaker, 2003). Cela étant, aussi bien les études par pays (Brännlund et Kundgren, 2009, par exemple) que les analyses de travaux empiriques antérieurs (comme celle de Ambec et Barla, 2006) concluent généralement que la réglementation environnementale porte atteinte à la productivité globale de l'entreprise, et que les données concernant l'existence d'un lien entre les performances financières et environnementales ne sont guère concluantes.

La validité des variantes de l'hypothèse de Porter paraît mieux étayée, comme l'indiquent Jaffe et Palmer (1997). La version « faible » suppose que la réglementation environnementale stimule l'apparition d'innovations dans le domaine de l'environnement, et la version « étroite » que des politiques environnementales plus souples inciteront davantage les entreprises à innover. Ces hypothèses se définissent par rapport à une version « forte », selon laquelle une réglementation bien conçue peut susciter des innovations permettant de réaliser des économies de coûts qui feront plus que compenser les coûts de mise en conformité. Lanoie et al. (2010) s'emploient à étudier les variantes de l'hypothèse de Porter en s'appuyant sur une enquête menée par l'OCDE auprès d'entreprises. Tout d'abord, ils constatent que la rigueur des dispositions environnementales est positivement corrélée aux activités de R-D environnementale dans les entreprises. Ils trouvent en outre une corrélation positive entre les performances environnementales et économiques, ce qui confirme d'autres observations selon lesquelles les entreprises qui cherchent des moyens de renforcer leur efficacité (au niveau de la consommation d'énergie, par exemple), ou qui ont de meilleures références environnementales à faire valoir auprès de leurs clients, obtiennent également de meilleurs résultats commerciaux. Par ailleurs, la rigueur de la politique de l'environnement est positivement corrélée à la performance environnementale, et négativement corrélée à la performance commerciale. Ces résultats semblent indiquer que les entreprises ont intérêt à s'engager dans des activités qui répondent à des objectifs à la fois financiers et environnementaux, tels que l'amélioration de leur efficacité énergétique. Parallèlement, le fait que les mesures environnementales mises en place par les pouvoirs publics aient des répercussions préjudiciables sur les entreprises suggère que la version « forte » de l'hypothèse de Porter ne tient pas (même si elle laisse entendre que ces mesures ciblent en fait les émissions que le secteur privé ne chercherait pas réduire autrement). Les versions « faible » et « étroite » de l'hypothèse de Porter seront examinées ultérieurement dans ce rapport, hors du cadre de cette hypothèse.

L'idée que les mesures environnementales peuvent avoir pour effet d'accroître la rentabilité des entreprises visées par ces mesures amène à se poser des questions plus générales. Sur un marché libre, de tels gains de rentabilité (qui devraient théoriquement être faibles, puisque la majeure partie des avantages est censée être répercutée sur les consommateurs) laissent supposer que le fonctionnement normal du marché est peut-être entravé. Selon l'hypothèse de Porter, le fait que la rentabilité de certaines entreprises augmente semble indiquer la présence d'imperfections du marché, liées par exemple à la position dominante de certains acteurs. Les décideurs doivent impérativement se préoccuper de l'impact des politiques environnementales sur la performance des entreprises; de même, la possibilité d'inciter les entreprises à atteindre et maintenir des niveaux de profits élevés suggère que des éléments défavorables sont aussi à prendre en considération par les décideurs.

Encadré 3.6. Étude de cas : impact sur l'activité de brevet des normes et taxes sur les carburants dans différents pays

Toutes sortes d'instruments de politique économique ou environnementale sont utilisés dans les économies de l'OCDE pour réduire la consommation de carburant et les émissions polluantes des véhicules à moteur : réglementation limitant les émissions, normes de consommation de carburant, composition des carburants, taxes sur les combustibles fossiles, et même limitations de vitesse. Compte tenu de la dimension mondiale du marché des véhicules et du large éventail d'instruments environnementaux utilisés, ce domaine se prête parfaitement à une analyse de l'impact sur l'innovation des taxes sur les carburants automobiles, par rapport à d'autres instruments.

Dans le cadre de cette étude de cas, les normes sur les émissions de CO, HC, NO_x et particules, les normes de consommation de carburant, ainsi que les taxes sur l'essence et les prix de l'essence hors taxes ont été examinées dans plusieurs économies de l'OCDE. Ces normes ont été évaluées au regard des données sur les brevets, réparties entre trois grands types d'innovations pouvant être attendus de l'adoption de tels instruments :

- les innovations en bout de chaîne ciblant des polluants atmosphériques spécifiques (convertisseurs catalytiques, par exemple),
- les innovations de production portant sur les moteurs (systèmes d'injection et dispositifs de diagnostic embarqués, par exemple),
- les innovations de production ne portant pas sur les moteurs (conception aérodynamique et résistance au roulement, par exemple).

Sur ces trois catégories, les brevets délivrés durant la période 1965-2005 ont concerné principalement les innovations liées aux moteurs (72 %) et les innovations en bout de chaîne (21 %), les innovations ne portant pas sur les moteurs étant relativement peu importantes (7%). La très grande majorité des innovations provient de trois pays (États-Unis, Japon et Allemagne), qui représentent 89.2 % des brevets concernés délivrés dans les 19 économies de l'OCDE possédant des installations de production de véhicules. La régression par les MCO des diverses normes et taxes pour les trois catégories de brevets dans les trois pays cités donne des résultats intéressants :

	Innovations en bout de chaîne		Innovations de production portant sur les moteurs		Innovations de production ne portant pas sur les moteurs	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Norme CO (km/g)	9.30*** (2.84)	9.54*** (2.75)	-11.58 (8.96)	-9.24 (7.41)	-2.78** (1.29)	-1.64 (1.20)
Norme HC (km/g)	-0.78 (0.61)	-0.95 (0.71)	-8.83*** (1.91)	-8.36*** (1.91)	-0.97*** (0.28)	-0.56* (0.31)
Norme NO _x (km/g)	1.60 (4.07)	-2.93 (5.27)	57.05*** (12.83)	40.12*** (14.12)	11.57*** (1.85)	6.40*** (2.30)
Norme PM (km/g)	-0.38 (0.75)	-0.13 (0.97)	-6.25*** (2.36)	-5.54*** (2.60)	-1.60*** (0.34)	-1.31*** (0.42)
Norme de consommation de carburant (L/100 km)	-3.00*** (1.13)	-0.52 (1.28)	-4.49 (3.55)	0.59 (0.86)	0.29 (0.51)	0.18 (0.56)
Taxes sur l'essence	5.67 (60.76)	-209.04*** (68.90)	456.34** (191.37)	-223.65 (185.62)	108.05*** (27.62)	88.27*** (30.10)
Prix de l'essence	-67.01*** (22.21)	101.16*** (36.41)	-78.35 (69.96)	468.72*** (98.10)	-32.34*** (10.10)	-13.87 (15.91)
Effets fixes temporels	non	oui	non	oui	non	oui
R ² corrigé	0.76	0.65	0.90	0.89	0.66	0.80

Note : Toutes les régressions portent sur 108 observations et incluent des variables de contrôle correspondant au nombre total de brevets et aux effets fixes pays.

- * signifie $p < 0.05$.
- ** signifie $p < 0.01$.
- *** signifie $p < 0.001$.

Encadré 3.6. Étude de cas : impact sur l'activité de brevet des normes et taxes sur les carburants dans différents pays (suite)

Deux éléments déconcertants ressortent de l'analyse ci-dessus : i) l'incidence des effets fixes temporels sur le signe et l'importance des variables, notamment taxes sur l'essence et prix de l'essence et ii) les signes différents des taxes sur l'essence et des prix de l'essence. Concernant le premier aspect, l'incidence généralement négative des prix de l'essence sur les régressions sans effets fixes temporels suggère que la hausse des prix de l'essence est peu susceptible d'avoir un effet simultané sur les inventions. Les flambées des prix du pétrole sont souvent inattendues et la première réaction des consommateurs est de réduire leur consommation de carburant en conduisant moins et en achetant des voitures plus économes en carburant parmi les modèles existants, ce qui réduit les émissions et, par conséquent, atténue les pressions exercées sur les inventeurs pour trouver de nouvelles technologies limitant les émissions. La situation est différente pour les taxes sur l'essence, qui font souvent l'objet d'un débat public (ou ne produisent pas d'effet immédiatement) et sont par conséquent moins imprévues. Le second aspect n'est pas facile à expliquer, car on aurait plutôt pensé que les signes auraient été les mêmes pour les prix de l'essence et les taxes sur l'essence (étant donné qu'ils ont le même effet sur le consommateur). Il apparaît donc nécessaire de poursuivre les travaux dans ce domaine, et faire preuve de prudence pour tirer des conclusions de l'analyse ci-dessus.

Compte tenu de ces réserves, plusieurs tendances intéressantes se dégagent :

- Premièrement, les normes de consommation de carburant semblent avoir peu d'incidence discernable sur l'activité de brevet sinon la régression (1), même dans les technologies ne portant pas sur les moteurs qui seraient directement influencées par ces activités.
- Deuxièmement, imposer des normes plus rigoureuses concernant les émissions de CO et NO_x semble avoir un impact positif sur l'activité de brevet dans certains domaines. L'absence de résultats plus probants concernant les différents polluants tient peut-être aux arbitrages importants qu'implique cette forme de lutte contre la pollution (par exemple, en modifiant le ratio air-carburant afin d'améliorer l'efficacité des convertisseurs catalytiques en termes de réduction des émissions de NO_x, on augmente sensiblement les émissions de CO et HC).
- Enfin et surtout, on observe que les taxes sur l'essence et les prix de l'essence varient sensiblement selon que l'on tient compte ou non des effets fixes temporels. Il est encourageant de constater, dans les colonnes (5) et (6), que les taxes sur l'essence ont un impact positif non négligeable sur l'activité liée aux brevets concernant principalement la consommation de carburant, mais que les prix de l'essence n'ont guère d'impact (il se peut que l'effet retardé des prix de l'essence soit plus important en raison du caractère imprévisible des fluctuations du prix du pétrole comparé à la stabilité et la prévisibilité du niveau des droits d'accise). De toute évidence, les taxes sur l'essence ont un impact mais il faut poursuivre les travaux si l'on veut pouvoir tirer des conclusions précises.

Les résultats de cette étude de cas sont globalement cohérents avec ceux d'une analyse similaire ayant conclu à l'existence d'une relation positive entre les prix TTC de l'essence et les brevets relatifs à la conception des moteurs, les politiques environnementales normatives (telles que l'obligation faite d'installer des dispositifs de diagnostic embarqués aux États-Unis) n'ayant qu'un effet insignifiant. C'est l'inverse pour les innovations en bout de chaîne, puisque les prix TTC de l'essence n'ont guère d'impact tandis que les politiques normatives influent considérablement sur ce type d'innovation (Vries et Medhi, 2008).

* On aurait pu définir un quatrième type d'innovations, à savoir les innovations portant sur les intrants, associées à des combustibles plus propres, mais celles-ci ne représentaient que 0.1 % des brevets dans les quatre catégories, et n'ont par conséquent pas été retenues dans l'analyse de régression.

Source : OCDE (2009f).

automobiles, il faut tenir compte de nombreux paramètres comme les variations entre pays, les fluctuations sous-jacentes du prix des produits, et l'interaction de nombreux autres instruments de la politique environnementale ou économique. Ces interactions permettent difficilement de tirer des conclusions précises quant à l'impact spécifique de la fiscalité environnementale sur l'innovation. À l'inverse, les taxes liées à l'environnement prélevées à une échelle plus restreinte dans une seule juridiction peuvent sembler favoriser les innovations qu'on ne peut pas recenser à partir des indicateurs habituels comme le nombre de brevets.

Outre qu'il est difficile de déterminer les effets de la fiscalité environnementale à partir des données disponibles, il faut commencer par résoudre le problème de l'obtention des données. Les instruments de l'action des pouvoirs publics nécessitent des délais de mise en œuvre et il faut du temps pour que la taxe ou le dispositif de permis négociables fonctionnent correctement. La collecte de données est nécessairement retardée, de sorte que l'analyse *ex post* de ces mesures intervient bien plus tard. L'étude de cas sur le système coréen d'échange de permis d'émission, décrit dans l'encadré 3.7, illustre bien certains de ces problèmes. Le dispositif a été lancé au début de 2008, mais il faudra sans doute plusieurs années avant de disposer de données suffisantes pour réaliser une analyse à grande échelle de son efficacité du point de vue environnemental, économique et de l'innovation.

L'ensemble des études de cas présentées jusqu'à présent et dans le reste de ce chapitre ainsi que dans les chapitres suivants dessinent un tableau contrasté de l'efficacité de la fiscalité environnementale. Certains exemples sont convaincants. L'étude de cas suédoise (voir encadré 3.2) met en lumière le rôle non négligeable que peut jouer la fiscalité pour favoriser divers types d'innovation, et la nécessité de disposer de multiples moyens pour déceler les effets sur l'innovation. En Suisse (voir encadré 3.8, la taxe sur les composés

Encadré 3.7. Étude de cas : le système d'échange de permis d'émission de la Corée

La Corée est l'une des économies de l'OCDE où le problème de la pollution atmosphérique urbaine est le plus grave. Aussi le gouvernement a-t-il adopté en janvier 2008 un dispositif d'échange de permis d'émission qui couvre la majorité des émissions de NO_x, SO_x, PM₁₀ et COV. La première phase s'est appliquée aux plus gros émetteurs, les autres rejoignant le dispositif en juillet 2009. Le plafond fixé pour la première année correspondait à la moyenne des émissions des cinq dernières années, et il devait diminuer progressivement jusqu'en 2014 pour atteindre la limite fixée. La différenciation géographique implique que chaque ville et chaque province participant au dispositif délivrent des permis pour la région, en tenant compte du fait que les concentrations locales de certains polluants peuvent varier sensiblement d'une région à l'autre.

Au cours des dernières décennies, et plus particulièrement ces dix dernières années, la Corée a accompli des progrès considérables dans le domaine des technologies de lutte contre la pollution atmosphérique, puisqu'elle est à l'origine de 23.1 % des brevets délivrés au niveau mondial entre 2000 et 2004, juste derrière les États-Unis. Les entreprises ont également beaucoup investi dans des équipements antipollution. Ces résultats sont cependant en grande partie imputables aux politiques et aux mesures gouvernementales antérieures. Dans la mesure où la mise en place du dispositif d'échange de permis d'émission n'a démarré que récemment, il est tout simplement impossible à ce stade d'obtenir des données pertinentes et de les analyser au regard de l'adoption du système. Des travaux supplémentaires dans ce domaine devraient normalement apporter des éléments utiles pour la recherche future.

Source : OCDE (2009e).

organiques volatils (COV) a modifié les comportements et suscité de nombreuses innovations à petite échelle dont les données agrégées rendent difficilement compte.

Dans d'autres études de cas, en revanche, les résultats ne sont pas si concluants. Celle portant sur la taxe à taux réduit du Royaume-Uni (voir encadré 4.1) montre que les entreprises dont la charge fiscale est allégée sont moins innovantes, mais pas nécessairement pour les types d'innovation encouragés par la taxe. La comparaison internationale concernant les taxes sur les carburants, le prix des carburants et les normes de consommation (voir encadré 3.6) montre que les taxes n'ont pas un impact décisif sur l'innovation liée aux véhicules à moteur. Parfois, la convergence de multiples facteurs rend quasiment impossible de distinguer les effets produits par les taxes, comme dans le cas de la fiscalité de l'eau en Israël (voir encadré 4.3) ou celui des entreprises britanniques (voir encadré 4.6). Dans d'autres cas, la taxe a effectivement un impact sur l'innovation, mais sa conception est telle qu'elle nuit de fait à l'effort d'innovation (même si elle favorise la diffusion des innovations) : c'est le cas de la taxe japonaise sur la pollution atmosphérique (voir encadré 4.2). On voit donc qu'il n'est pas facile de mettre en évidence l'efficacité immédiate de la fiscalité environnementale à favoriser l'innovation, en raison des problèmes posés aussi bien par les données que par la conception des taxes. Ces questions seront examinées dans les sections et chapitres suivants.

Nombre des études de cas réalisées aux fins du présent rapport sont axées sur les dommages environnementaux causés par des polluants ou émissions. Cela ne doit pas faire oublier que les taxes sur les dommages environnementaux causés par l'utilisation ou l'exploitation des ressources (par exemple prélèvements d'eau, foresterie, extraction minière) peuvent aussi contribuer à protéger l'environnement tout en favorisant l'innovation visant une utilisation plus rationnelle des ressources et la mise au point de solutions de remplacement. L'expérience d'Israël dans le domaine de la tarification de l'eau en offre une illustration intéressante (voir encadré 4.3). Si certains de ces problèmes sont sans doute plus complexes compte tenu de l'interaction possible des redevances ou des taxes sur les superprofits (dans le cas de rentes spécifiques à la localisation), les taxes sur les externalités devraient jouer un rôle analogue à celui des taxes sur les émissions.

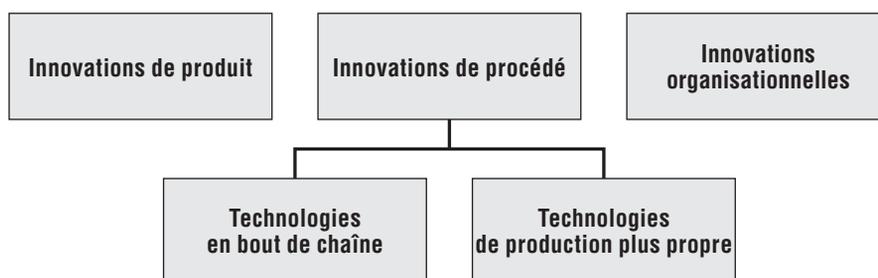
3.4. La fiscalité environnementale et les différents types d'innovation

L'innovation représente un vaste défi dans le domaine de l'environnement. Pour atteindre certains des objectifs que s'est fixé la communauté internationale, il faudra modifier fondamentalement la nature de l'offre et de la demande. Ces modifications n'apparaîtront pas immédiatement, mais la présence d'une fiscalité environnementale bien conçue peut amorcer le changement de trajectoire du développement économique actuel afin que ce dernier soit plus réactif et novateur vis-à-vis des problèmes d'environnement. L'éventail des innovations qui en résulteront dans le domaine de l'environnement sera large, et ces innovations pourront, d'une manière générale, être classées dans trois catégories en fonction de leur impact sur l'entreprise qui les créera ou les adoptera : innovations de produit, innovations de procédé et innovations organisationnelles.

- Les innovations de produit consistent en la création ou l'amélioration de produits finis qui contribuent à la protection de l'environnement. Les pulvérisateurs de déodorant sans CFC ou les économiseurs d'eau domestiques sont de bons exemples de ce type d'innovation.

- Les innovations de procédé portent sur les moyens de production et contribuent à protéger l'environnement en réduisant les émissions de polluants tout en maintenant la production finale. Améliorer l'efficacité énergétique d'une centrale électrique est un bon exemple d'innovation de procédé.
- Les innovations organisationnelles contribuent de manière appréciable à réduire la pollution sans constituer une technologie proprement dite (découvrir de nouveaux moyens d'organiser les entreprises ou d'analyser leur performance environnementale). La mise en œuvre de systèmes de comptabilité environnementale ou la réorganisation d'entreprises ou d'industries en réponse à la politique environnementale en sont des exemples.

Graphique 3.5. **Types d'innovations liées à l'environnement**



Source : Frondel et al. (2007).

Parmi les innovations de procédé, on distingue deux sous-groupes : les technologies en bout de chaîne et les technologies de production plus propre (voir graphique 3.5). Dans les deux cas, l'innovation permet de réduire les émissions mais en abordant le problème sous des angles différents. La nature des instruments de la politique environnementale en place peut influencer sur le type d'innovation de procédé qui a lieu.

- Les technologies de production plus propre visent à réduire la quantité de polluants créés ou émis. En modifiant le mode de fabrication des produits, l'objectif est de réduire la pollution à la source. Pour ce faire, on peut modifier soit les intrants, soit le mécanisme de production intégré. C'est ainsi qu'en passant du charbon au gaz naturel, les centrales électriques peuvent réduire directement leurs émissions, que les véhicules équipés de systèmes de diagnostic embarqués permettant de calibrer les moteurs pour qu'ils consomment moins de carburant produisent moins d'émissions, et que l'élimination du chlore dans l'industrie des pâtes et papiers peut améliorer la qualité de l'eau.
- Les technologies en bout de chaîne visent à réduire la quantité de polluants émis, mais pas nécessairement la quantité de polluants créés. Il ne s'agit pas de modifier le processus de production pour réduire la pollution à la source, mais de gérer les polluants une fois qu'ils ont été générés. Par exemple, des « épurateurs » sont utilisés pour capter les émissions atmosphériques des centrales électriques et les rendre moins nocives. La production d'électricité génère encore des NO_x et des SO_x , mais des moyens sont mis en œuvre pour empêcher *a posteriori* leur émission dans l'atmosphère. Par ailleurs, les technologies de séquestration du carbone consistent à capter le CO_2 émis pour le stocker dans le sous-sol afin d'empêcher sa libération dans l'atmosphère, mais elles n'ont aucun effet sur la création de dioxyde de carbone.

Les technologies de production plus propre sont en général considérées comme plus efficaces car elles permettent d'utiliser moins d'intrants et d'améliorer l'efficacité du processus de production, tout en contribuant aux objectifs environnementaux, alors que dans la plupart des cas, les technologies en bout de chaîne visent uniquement la protection de l'environnement. Il est impossible d'atteindre la totalité des objectifs environnementaux par des ajustements progressifs des procédés de production. Les centrales électriques ne peuvent sans doute innover que jusqu'à un certain point afin de réduire les émissions de mercure, SO_x et autres substances chimiques sans modifier fondamentalement leur processus de production. De ce fait, les technologies en bout de chaîne continueront de faire partie intégrante de la panoplie d'instruments nécessaires pour faire face aux problèmes d'environnement.

Parmi les études de cas examinées dans ce rapport, on trouve des exemples de toutes ces formes d'innovation. Dans l'étude de cas suisse sur les émissions de COV, les fabricants de peintures ont réagi à la taxe sur les émissions en mettant au point et commercialisant de nouvelles peintures à faible teneur en COV, répondant à la fois à l'impact financier de la taxe sur leurs produits et à l'augmentation de la demande de produits plus respectueux de l'environnement et moins nocifs pour la santé sur le marché. Toutefois, la nature de la taxe et son champ d'application limitent sans doute les innovations de produit qu'elle peut favoriser. Dans le cas de la taxe suédoise sur les NO_x , le type d'entreprises assujetties à cette taxe, principalement des entreprises du secteur de l'électricité bénéficiant d'un système de recyclage des recettes, a limité le véritable potentiel d'innovation de produit dans la mesure où i) le produit final était homogène et ii) la charge fiscale n'était pas répercutée sur les consommateurs mais compensée par un mécanisme de remboursement.

Par ailleurs, les innovations organisationnelles sont une composante majeure des mesures susceptibles d'abaisser le coût global de l'action menée par les pouvoirs publics pour lutter contre la pollution, et elles complètent en général les innovations de procédé. Dans l'étude de cas concernant la taxe sur les COV en Suisse, décrite dans l'encadré 3.8, le secteur de la fabrication de peintures a mis en place un système permettant aux consommateurs de recycler leurs peintures, de manière à pouvoir capter les éventuelles émissions de COV. L'enquête menée auprès d'entreprises britanniques concernant l'influence d'un large éventail de facteurs sur leur activité de R-D, décrite dans l'encadré 4.6, a permis de constater que la fixation en interne d'objectifs chiffrés, concernant aussi bien la consommation d'énergie que les émissions de gaz à effet de serre, avait eu un impact nettement positif sur les activités de R-D visant des innovations de procédé liées au changement climatique³, ce qui laisse penser que le mode d'organisation et de fonctionnement des entreprises a une influence sur les priorités de la recherche⁴. On peut supposer que les coûts supplémentaires engendrés par la fiscalité environnementale peuvent inciter les entreprises à se fixer des objectifs permettant de réduire ces dépenses, mais pour établir un lien direct entre la fiscalité environnementale et la fixation d'objectifs, il faudrait approfondir l'analyse ce qui dépasse la portée de la présente étude.

Enfin, la nature des innovations de procédé peut varier selon le rôle de la fiscalité environnementale par rapport à celui d'autres instruments. Sur la base d'une enquête menée par l'OCDE en 2003, Johnstone *et al.* (2008) ont examiné les entreprises de sept grands pays de l'OCDE. De nombreux éléments montrent que des mesures souples axées sur des procédés de production plus propre sont plus efficaces en termes de réduction de la pollution que celles axées sur des solutions en bout de chaîne, dans la mesure où ce type

Encadré 3.8. Étude de cas : les taxes sur les COV en Suisse

En 2000, le gouvernement fédéral suisse a instauré une taxe de 2 CHF par kilogramme sur les composés organiques volatils (COV), qui a été portée à 3 CHF en 2003. Les COV sont des solvants utilisés dans des industries comme la fabrication de peintures ou la découpe de métaux, qui ont besoin de substances s'évaporant rapidement. Outre leurs effets sur la santé humaine, les COV contribuent également à la formation d'ozone troposphérique (smog estival). Il n'existe pas de définition universellement reconnue des COV, mais on considère généralement que ces substances englobent le benzène, le styrène, le chlorure de méthylène, le perchloréthylène et le tetrachloréthylène. L'objectif est de taxer les émissions de COV sur le territoire suisse afin de réduire leurs effets; à ce titre, les exportations de COV ou de biens qui en contiennent sont exemptées de la taxe.

Cette mesure fiscale a permis de réduire sensiblement les émissions de COV. Entre 1998 et 2001, les émissions liées aux produits taxés ont diminué de 12 %; sur la période 2001-04, lorsque la taxe était pleinement appliquée, la baisse des émissions a atteint 25 %. Ce recul de 33 % est considérable, mais les émissions de COV de sources non taxées ont quant à elles diminué de 28 % sur la même période, en grande partie grâce aux efforts du secteur automobile.

Cette étude approfondie a porté essentiellement sur trois branches d'activité (imprimerie, fabrication de peintures et nettoyage/dégraissage des métaux) qui utilisent toutes des quantités importantes de COV. Les entretiens menés ont révélé que de nombreuses entreprises étaient très innovantes, même si quelques-unes seulement avaient formalisé des programmes de R-D. Dans le secteur de la fabrication de peintures, les innovations de produit ont donné lieu à la commercialisation de peintures à faible teneur en COV (et haute teneur en solides). La plupart des innovations recensées sont apparues de manière empirique, par exemple en cherchant à utiliser moins de COV tout en maintenant la qualité des travaux d'impression. La taxe a aussi poussé les fabricants de peintures à lancer, au niveau de la branche, un projet proposant aux consommateurs des solutions de recyclage, ce qui indique une innovation organisationnelle.

Les entreprises n'ont pas toutes réagi de la même manière à ce nouveau prélèvement. La plupart des grandes entreprises ont innové et adopté assez vite de nouvelles technologies, alors que les contraintes financières et les problèmes d'information ont freiné la réponse des entreprises plus petites. Le rôle des cantons n'a pas non plus été le même dans tous les cas, certains considérant qu'il leur appartenait de jouer un rôle administratif et de facilitation (en favorisant la diffusion des informations et des technologies), alors que d'autres se sont contentés de percevoir l'impôt.

Source : OCDE (2009c) et Banatte (2009).

d'instruments permet aux entreprises de réaliser des économies d'échelle au niveau des activités de production et de lutte contre la pollution. Les solutions en bout de chaîne visent exclusivement la réduction de la pollution et sont davantage associées à des approches contraignantes de la politique de l'environnement (Frondel *et al.*, 2007, parviennent à des résultats similaires à partir des mêmes données).

Les études de cas montrent que la grande majorité des innovations recensées peuvent être classées dans la catégorie des innovations de procédé. L'instauration de la taxe suédoise sur les NO_x (voir encadré 3.2) s'est traduite par de nombreuses innovations de ce type, liées en particulier à des procédés de production plus propres. Les entreprises assujetties à la taxe ont appris à optimiser leurs activités, changé de combustible ou

installé de meilleures technologies de combustion, selon une démarche généralement empirique. Un instrument d'action flexible a été utilisé, mais de nombreuses entreprises ont aussi adopté des technologies en bout de chaîne pour réduire leurs émissions.

L'étude suisse sur les COV montre que les entreprises ont créé ou adopté des innovations de procédé comprenant aussi bien des solutions en bout de chaîne que des procédés de production plus propre. Les entreprises des trois secteurs étudiés ont pris des mesures pour utiliser moins de COV, expérimentant des produits nettoyants sans COV, s'équipant de nouvelles imprimantes, etc. De plus, des entreprises ont également pris des mesures pour capter et recycler les COV ou les associer à d'autres processus, tels que la cogénération.

3.5. Degré d'innovation : technologies d'amélioration progressive et technologies de rupture

Outre leur impact sur les différentes formes d'innovation, les instruments de la politique environnementale peuvent plus ou moins influencer le degré d'innovation. Les entreprises privilégient en général les technologies et les solutions aussi proches que possible du stade de commercialisation, car leurs chances de succès seront plus grandes que s'il s'agissait de projets encore à l'étude. Ce type d'innovation progressive engendre de meilleurs produits et des moyens de production plus efficaces grâce à des avancées technologiques relativement limitées. Il peut jouer un rôle important en apportant des solutions peu coûteuses pour faire face aux problèmes environnementaux. Comme il s'agit uniquement de modifier légèrement des technologies existantes, il ne peut généralement pas en résulter de changements transformationnels. La fiscalité environnementale et les autres instruments de marché incitent à accélérer la mise au point d'innovations prêtes à être commercialisées et pouvant être proposées rapidement.

L'innovation progressive ne peut toutefois apporter qu'une solution partielle à certains problèmes environnementaux. On estime que pour lutter contre le changement climatique, il sera sans doute nécessaire de réduire de 80 % les émissions de CO₂ d'ici à 2050 afin de stabiliser les concentrations de GES dans l'atmosphère. Sachant que certains « resquilleurs » s'abstiendront de participer à un effort si important de réduction de la pollution, un tel objectif suppose effectivement de réduire l'intensité de carbone des pays industriels. L'innovation progressive risque de ne pas suffire.

Certaines technologies peuvent permettre d'accomplir de grands progrès en matière de lutte contre la pollution et s'avérer décisives pour atteindre les objectifs environnementaux à long terme à des coûts plus raisonnables par rapport au PIB. Ces technologies représentent une véritable rupture par rapport aux technologies du passé et proposent une approche radicalement différente. Le captage et stockage du carbone à grande échelle ou les sources d'énergie sans carbone en sont des exemples. Elles ne sont certainement pas aussi nombreuses que les innovations progressives mais quelques technologies de rupture peuvent avoir un impact significatif. Les modèles de changement climatique intégrant l'hypothèse que la création de technologies de rupture complètera les innovations progressives, par exemple, montrent que ces technologies peuvent avoir un impact considérable sur les coûts estimés par unité de PIB (OCDE, 2009a; Bosetti et al., 2009)⁵.

En dépit de l'augmentation de la demande suscitée par la fiscalité environnementale, nombre des obstacles à l'innovation persistent : incertitudes, problèmes de financement,

difficultés d'appropriation, etc. Ils sont généralement plus marqués pour les innovations à long terme (et par conséquent pour les technologies fondamentales et de rupture) (OCDE, 2009g). Pour ces types d'innovations, il se peut que les coûts de développement soient plus lourds, les échéances plus lointaines, les incertitudes plus grandes et les investisseurs moins nombreux. Face à ces problèmes, la fiscalité environnementale risque de n'avoir guère d'effet. Pour être optimale, la taxe environnementale devrait viser uniquement les externalités environnementales (et d'autres externalités associées lorsque la base d'imposition est une variable de substitution, comme les externalités liées aux accidents dans le cas des taxes sur les carburants) et non d'autres défaillances du marché telles que celles concernant l'innovation (une taxe qui ne se contenterait pas de cibler les externalités environnementales ne serait pas un instrument optimal et son taux pourrait être si élevé qu'il déclencherait une forte opposition et qu'elle risquerait de ne pas être appliquée pour des raisons d'économie politique). Le résultat est qu'une taxe sur la pollution risque tout simplement de ne pas être suffisamment incitative pour encourager un effort important de R-D visant des technologies susceptibles de n'être commercialisables que dans plusieurs dizaines d'années. Il est donc probable que la fiscalité environnementale aura un impact beaucoup plus grand sur les innovations prêtes à être commercialisées (et progressives) que sur la recherche (fondamentale) à plus long terme.

3.6. Obstacles à l'innovation comme réponse à la fiscalité environnementale

3.6.1. Obstacles au niveau des entreprises

Les obstacles au niveau des entreprises peuvent empêcher la fiscalité environnementale de contribuer pleinement à favoriser l'innovation. Pour commencer, les entreprises peuvent ne pas avoir connaissance de toutes les possibilités qui s'offrent à elles, comme le suggère l'hypothèse de l'innovation induite. La présence de coûts de recherche, d'une information incomplète, d'une inertie organisationnelle et d'autres entraves suggère que les entreprises ne sont pas en permanence à l'affût de toutes les possibilités d'investir dans l'innovation et, par conséquent, qu'elles n'optimisent pas pleinement leurs budgets de R-D. À condition que leur situation financière soit acceptable, les entreprises pourraient s'en satisfaire dans une certaine mesure. C'est pourquoi ces liens indirects entre les prix et l'innovation laissent penser que les hypothèses concernant l'optimisation complète de l'entreprise ne tiennent sans doute pas dans le monde réel (Jaffe et al., 2002).

Les budgets d'innovation des entreprises peuvent aussi être alloués sur la base de stratégies suboptimales (innovations empiriques portant sur le mode de fonctionnement de l'entreprise, la révision des modes de production ou la fréquence des audits externes, par exemple). Sinclair-Desgagné (1999) estime que les entreprises adoptent ces stratégies afin de mieux gérer l'énorme quantité d'informations qui leur parviennent, aussi bien du marché que des pouvoirs publics. Avec le temps, elles ne réagissent plus aux différents signaux qui leur sont adressés et peuvent recourir à des solutions de facilité qui, dans certains cas, procureront des gains nets positifs tant privés que publics. En cas de chocs plus forts (comme l'introduction de nouvelles mesures environnementales) les entreprises réévaluent leurs stratégies pour tirer profit de ces solutions immédiates, et les réajustent afin de limiter la possibilité de voir de tels scénarios se reproduire.

D'autres instruments environnementaux, tels que les taxes, peuvent aider les entreprises à réévaluer leurs décisions en matière d'innovation. Arimura et al. (2007)

montrent que la fiscalité environnementale ne provoque pas en soi d'augmentation des dépenses de R-D des entreprises; ces dernières sont incitées à adopter une comptabilité environnementale, et les possibilités mises en lumière par cette comptabilité les incitent à engager des dépenses de R-D. Cet effet en deux temps tient sans doute aux mécanismes de collecte d'information des entreprises ou à leur structure organisationnelle interne. Tempérer les hypothèses concernant la parfaite optimisation des entreprises aiderait sans doute à se faire une idée plus réaliste de la façon dont les entreprises, notamment les PME, abordent l'innovation.

3.6.2. La fiscalité environnementale et les contraintes en matière de ressources

L'innovation a généralement un coût. L'innovation institutionnalisée, qui implique des chercheurs, des laboratoires et des essais de commercialisation, exige que des entreprises consacrent des fonds à des projets spécifiques. Même une forme d'innovation moins formelle, consistant à laisser les employés apporter des retouches aux processus existants, a un coût d'opportunité supporté par l'entreprise.

Il n'est donc pas surprenant que les entreprises confrontées à de moindres contraintes financières (en termes de trésorerie ou de capacité d'obtenir des financements) consacrent davantage de ressources aux activités d'innovation (Savignac, 2008). La provenance des financements est aussi un aspect important, le financement interne étant plus fréquent dans le cas des dépenses de R-D, notamment comparé aux dépenses d'équipement pour lesquelles des sources de financement externes sont plus souvent sollicitées (Czarnitzki et Hottenrott, 2009). Cela peut désavantager les petites entreprises, dont les dépenses de R-D sont freinées par des contraintes externes supérieures à celles des grandes entreprises. Enfin, les contraintes du marché du crédit affectent plus directement les innovations de pointe que les innovations de routine, les premières constituant le moteur du progrès technologique (Binz et Czarnitzki, 2008).

Pour les entreprises qui n'ont pas les moyens de financer en interne leurs activités de R-D, l'accès au crédit est primordial. Nombre d'entre elles doivent lutter pour trouver les capitaux nécessaires, compte tenu des asymétries d'information et de l'incertitude des résultats. Cependant, l'accès au crédit est un problème macroéconomique qui dépasse les activités de R-D ou les projets liés à l'environnement. C'est pourquoi les pouvoirs publics s'efforcent généralement d'aider les entreprises à surmonter certains de ces obstacles par des programmes de prêts bonifiés ou des aides financières en faveur d'activités particulières, comme les subventions à la R-D.

Ces observations amènent à se demander dans quelle mesure la mise en œuvre de taxes liées à l'environnement influe sur la souplesse financière des entreprises et, par conséquent, sur leurs décisions en matière de dépenses d'innovation. L'introduction d'une nouvelle écotaxe oblige les entreprises à consacrer une part plus importante de leurs revenus à leurs obligations fiscales. Si les entreprises ne sont pas en mesure de répercuter pleinement leurs coûts sur les consommateurs, elles auront moins de souplesse financière pour entreprendre d'autres activités telles que de la recherche-développement, surtout si l'innovation repose davantage sur des sources de financement internes (Määttä, 2006).

Dans l'étude de cas sur la « Climate Change Levy » du Royaume-Uni (voir encadré 4.1), toutes les entreprises sont assujetties à des taxes sur l'énergie, mais les grandes entreprises grosses consommatrices d'énergie peuvent négocier des accords leur permettant de ne payer que 20 % du taux plein de la CCL à condition de respecter certains

objectifs environnementaux⁶. L'étude montre qu'en dépit d'une charge fiscale plus importante, la propension à breveter des entreprises assujetties au taux plein est en fait plus grande que celle des entreprises bénéficiant d'un taux réduit (dans l'hypothèse où il existe une corrélation entre les innovations réussies, comme les brevets, et les dépenses de R-D). On peut en conclure que le coût supplémentaire représenté par l'augmentation de la charge fiscale n'a pas eu d'incidence sur les ressources consacrées par les entreprises aux activités d'innovation, et que l'effet incitatif l'emporte en général sur les éventuelles contraintes auxquelles sont confrontées les entreprises en matière de ressources.

3.6.3. Effet d'éviction, effet d'entraînement et allocation optimale des dépenses de R-D

Outre son incidence sur le niveau de la R-D et des autres activités innovantes engagées par les entreprises, la fiscalité environnementale (ou toute autre facteur d'incitation important dans ce domaine) doit pousser les entreprises à examiner la répartition de leurs dépenses de R-D. Ces effets se font sentir dans tous les secteurs de l'économie, que les entreprises soient directement ou indirectement touchées par cette fiscalité, et peuvent avoir un impact considérable sur le niveau global des dépenses de R-D et leur allocation, ainsi que sur les autres décisions d'investissement.

Face aux politiques environnementales, les entreprises réagissent généralement de deux façons, encore que les travaux sur ce sujet soient assez rares. Les entreprises (ou les secteurs économiques) peuvent redéployer leurs budgets de R-D afin de consacrer davantage de ressources aux innovations en rapport avec la nouvelle politique de l'environnement. Cet « effet d'éviction » se traduit par l'affectation de moyens plus importants aux problèmes désormais prioritaires visés par les mesures environnementales, et ce au détriment d'autres domaines d'activité de recherche et développement, en raison de contraintes insurmontables quant aux ressources disponibles pour la R-D. D'un autre côté, les entreprises peuvent maintenir les moyens affectés aux priorités existantes et déployer des ressources supplémentaires pour répondre aux nouvelles mesures environnementales : c'est ce que l'on appelle « l'effet d'entraînement ».

Il est parfois difficile de dire lequel de ces deux effets, d'attraction et d'entraînement, est le plus souhaitable. Si, d'une manière générale, l'offre d'innovation est insuffisante, il est souhaitable à long terme de faire jouer l'effet d'entraînement puisque le niveau d'innovation est inférieur à l'optimum social et qu'un afflux de moyens permettra de s'en approcher. En revanche, si l'offre générale d'innovation est suffisante, cet effet d'entraînement peut se traduire par un excès d'activité d'innovation dans l'économie au détriment d'autres activités de production. Bien entendu, si l'effet d'éviction réduit la R-D orientée vers les activités dommageables pour l'environnement, l'optimum peut quand même être atteint.

À court terme, l'effet d'entraînement peut aussi influencer dans une certaine mesure sur le niveau effectif de l'innovation, car les possibilités de développer les activités de R-D en réponse à de nouvelles incitations sont réduites. Les décalages dans la mise en œuvre d'activités de R-D et l'offre limitée de chercheurs peuvent se traduire par une inélasticité de l'offre à court terme. Lorsque les gouvernements amplifient les dépenses de R-D, par exemple, ce qui en augmente le prix (du fait de la hausse des salaires versés aux chercheurs et de l'intensité de main d'œuvre de la R-D), le niveau de la R-D privée ne varie guère car une bonne partie des ressources supplémentaires sert à rémunérer les chercheurs et non à produire plus d'innovations (Goolsbee, 1998). à plus long terme, les

pressions en faveur de l'augmentation des moyens affectés à la R-D peuvent encourager de nouveaux chercheurs à s'orienter vers ce domaine, ce qui ramènera les coûts du travail à un niveau d'équilibre plus bas.

Cherchant à savoir s'il se produit un effet d'éviction ou d'entraînement, Goulder et Schnieder (1998) observent que l'augmentation de la R-D axée sur le changement climatique s'effectue au détriment de la R-D non énergétique ainsi que de la R-D sur les sources d'énergie sans carbone, avec comme résultat une diminution nette de la R-D dans son ensemble. En revanche, Carraro et al. (2009) proposent une approche plus nuancée. Ils examinent spécifiquement les effets d'un dispositif mondial d'échange de permis d'émission sur les investissements de R-D dans le secteur de l'énergie et les autres secteurs. Ils constatent que le prix des permis d'émission de carbone modifie la répartition des dépenses de R-D au profit de la R-D énergétique. Or, compte tenu de la taille relativement modeste du secteur de la R-D énergétique, la forte augmentation des dépenses de R-D liées à l'énergie ne compense pas entièrement le recul des dépenses de R-D dans les autres domaines. Elle ne se fait pas non plus au détriment de la R-D non énergétique (c'est-à-dire que la limitation des moyens disponibles dans les entreprises pour les activités de R-D ne produit pas d'effet d'éviction). Selon ces auteurs, la diminution des résultats de la R-D non énergétique provient d'une contraction de la production non énergétique sous l'effet des prix du carbone. Ainsi, bien que le recul de la R-D non énergétique s'accompagne d'une progression de la R-D énergétique, il n'y a pas d'effet d'éviction dans la mesure où les entreprises procèdent à une allocation optimale de leurs ressources en fonction du nouveau paysage économique résultant de la politique climatique, et non en raison de contraintes financières.

En outre, après avoir analysé des données sectorielles générales, Popp et Newell (2009) constatent que l'augmentation de la R-D dans le secteur de l'énergie n'a pas d'effet d'éviction sur la R-D dans d'autres secteurs. En se penchant sur des données sectorielles détaillées relatives à la R-D et aux performances financières des entreprises, ils observent un phénomène d'éviction (mesuré par la production de brevets) dans les entreprises qui s'intéressent aux énergies de substitution (mais pas dans le secteur de l'automobile). Au niveau des entreprises de raffinage en particulier, la R-D consacrée aux énergies vertes a évincé les innovations dans les domaines du raffinage et du forage. Ces résultats sont cohérents avec ceux de Gerlagh (2008), pour qui la R-D visant à économiser l'énergie carbonée évince celle portant sur la production d'énergie libérant du carbone mais n'a aucune incidence sur celle concernant la production d'énergie neutre en carbone.

3.6.4. Taille des entreprises et taille du marché

L'ampleur du marché soumis à la fiscalité environnementale aura sans doute une incidence sur le degré d'innovation. Les coûts liés à l'effort d'innovation, dont certains sont des coûts fixes, peuvent être considérables. Les entreprises doivent déterminer si les avantages escomptés d'un projet de recherche visant à trouver une solution innovante l'emporteront sur ses coûts. Pour l'entreprise concernée, ces avantages correspondent aux économies que lui permet de réaliser la mise en œuvre de l'innovation au niveau de sa propre activité, auxquelles s'ajoutent les recettes attendues de l'octroi de licences sur l'innovation à d'autres utilisateurs. Les entreprises non assujetties à la fiscalité pourraient s'efforcer d'innover dans le seul but de percevoir des redevances ou de lancer un nouveau produit sur le marché. Les recettes attendues dépendent dans une large mesure de la taille potentielle du marché.

Dans le cas de problèmes environnementaux d'ampleur mondiale comme le changement climatique ou l'appauvrissement de la couche d'ozone, l'impact de l'innovation sera plus grand, compte tenu de la taille importante du marché. Les efforts entrepris au niveau mondial pour s'attaquer à ces problèmes créent par conséquent un vaste marché pour les innovations, et devraient permettre de réduire la pollution à moindre coût par rapport à une situation où chaque État s'attaquerait individuellement à ces problèmes. Cet effet est modéré par le fait que les innovations ainsi créées ne pourront peut-être pas toujours être facilement appliquées dans tous les pays et devront parfois être adaptées au contexte local.

Par ailleurs, chaque entreprise doit décider si les efforts à entreprendre pour étudier les solutions envisageables sont efficaces par rapport à leur coût. Une petite entreprise ne possèdera pas nécessairement les connaissances spécialisées requises au niveau d'un aspect de l'activité, alors qu'une grande entreprise pourra disposer de personnel compétent dans des domaines précis. En outre, les innovations qui vont au-delà d'un meilleur calibrage des machines ou de nouvelles « ficelles du métier » peuvent s'avérer inabornables pour les entreprises plus petites, en raison de facteurs tels que l'indivisibilité du capital. Même si certains de ces facteurs sont susceptibles d'empêcher les petites entreprises de rechercher activement des solutions innovantes, celles-ci seront naturellement amenées à adopter des innovations lorsque leur matériel deviendra obsolète et qu'elles achèteront de nouveaux équipements intégrant les innovations.

Comme on l'a vu dans l'encadré 3.8, la Suisse a institué en 2000 une taxe sur les composés organiques volatils (COV). Le marché suisse est relativement restreint, surtout par rapport à la taille du marché européen sur lequel les entreprises suisses opèrent relativement sans entrave. D'une certaine façon, la taille du marché limite l'innovation. Dans le secteur de l'imprimerie, les besoins des entreprises suisses ne sont pas suffisants pour influencer sur la conception des machines d'impression, généralement fabriquées à l'étranger. La taille restreinte de ce marché n'a pas empêché l'importante activité d'innovation qui a suivi l'instauration de la taxe, principalement sous forme d'innovations de procédé. Les imprimeries ont essayé des encres à faible teneur en COV ou sans COV, et réduit les quantités de COV utilisées dans les processus de nettoyage. Dans le secteur de la fabrication de peintures, les entreprises ont mis en place une série d'innovations. Certaines sont des innovations de produit (nouvelles peintures à faible teneur en COV), d'autres consistent à recycler les COV ou adopter de nouvelles méthodes de nettoyage.

Les petites entreprises sont moins incitées à lutter contre la pollution. D'après les entretiens réalisés auprès des entreprises, l'adoption d'innovations est plus faible dans les petites entreprises, par méconnaissance ou manque de ressources financières suffisantes. Il ressort des entretiens réalisés au niveau des cantons que de nombreuses petites entreprises n'ont pas innové car la taxe ne concernait qu'une faible partie, en valeur tant absolue que relative, de leurs activités. Ces entreprises ne disposaient ni des connaissances ni du temps nécessaires pour expérimenter de nouveaux produits. Les PME étaient aussi davantage attachées à leurs méthodes de production traditionnelles et réticentes au changement. On peut considérer, en conclusion, que la création d'innovations a été davantage le fait des grandes entreprises, et que les entreprises plus petites se sont contentées d'adopter ces innovations ou de les adapter.

Les cantons ont aussi participé dans une large mesure à la diffusion de l'information et de la technologie (Banatte, 2009). Les cantons ont tous envisagé de manière quelque peu

différente le rôle qu'ils avaient à jouer dans l'application et l'administration de la taxe sur les COV, certains se contentant de percevoir la taxe et d'appliquer la loi tandis que d'autres assumaient le rôle d'expert technique et encourageaient activement la mise en œuvre de nouvelles solutions pour réduire les émissions. Les responsables cantonaux ont ainsi considérablement aidé les entreprises assujetties à la taxe, et en particulier les PME, à surmonter certains des obstacles à l'adoption de procédés innovants de réduction des émissions de COV. La taxe, à elle seule, n'aurait sans doute pas permis d'obtenir les mêmes résultats.

3.7. L'adoption et le transfert d'innovations liées à l'environnement

Outre la création des innovations, leur adoption et leur transfert sont décisifs pour lutter contre la pollution à faible coût. La diffusion des innovations abaisse le coût global de réduction de la pollution, car elle élargit l'éventail des possibilités offertes aux entreprises désireuses d'adopter des innovations dans ce domaine. L'ampleur des possibilités de diffusion encourage aussi les innovateurs à mettre au point de nouvelles technologies, ce qui favorise l'activité d'innovation.

3.7.1. Le processus d'adoption

À l'évidence, la fiscalité environnementale peut contribuer à faciliter l'adoption d'innovations liées à l'environnement par leurs utilisateurs potentiels. Le fait de taxer toutes les sources d'émissions constitue pour les émetteurs une incitation supplémentaire à adopter des technologies existantes afin de réduire leur charge fiscale. Cependant, comme les taxes environnementales sont le plus souvent fixées à un niveau relativement bas, cette incitation supplémentaire risque de ne pas être suffisante pour surmonter certains des obstacles habituels à l'adoption de nouvelles technologies, en particulier au niveau des ménages.

Les obstacles à l'adoption d'innovations en général jouent aussi de façon marquée sur les innovations liées à l'environnement. Dans certains cas, l'existence d'un réseau d'utilisateurs d'une même innovation est indispensable pour que celle-ci déploie tout son potentiel ou toute son utilité. Ce premier obstacle peut contribuer à un problème de verrouillage technologique, des technologies parfois inférieures devenant des solutions standard uniquement parce qu'elles ont été les premières à s'imposer sur le marché. Ainsi, les consommateurs n'achèteront de véhicules à énergie alternative que s'il existe un réseau de stations-service adaptées, de même les petits générateurs d'électricité (par exemple les éoliennes) ne peuvent être intégrés aux réseaux existants (ni répondre à la demande de base) en raison du caractère intermittent de la production d'électricité par ce type d'installations.

Par ailleurs, les consommateurs peuvent appliquer des taux d'actualisation très élevés⁷, préférant parfois des biens dont le coût d'achat est faible (et le coût de fonctionnement très élevé) à des biens plus chers (mais moins coûteux à l'usage). Jaffe et Stavins (1994) ont démontré que le coût initial de l'isolation d'un logement l'emportait nettement sur les prix de l'énergie. Lorsque les coûts de fonctionnement reposent sur des facteurs dommageables pour l'environnement, comme l'électricité, l'acquisition de biens moins chers mais plus coûteux à l'usage peut avoir des conséquences économiques et environnementales considérables. En outre, Jaffe et Stavins (1995) ont utilisé un modèle des investissements d'isolation thermique de logements fondé sur des données réalisées, pour simuler l'incidence d'une taxe sur l'énergie et celle d'une subvention d'installation

(calibrées pour avoir le même impact global) sur le niveau attendu des investissements consacrés à l'isolation des logements. Il ressort de leurs données que sur une période de dix ans, une taxe sur l'énergie de 10 % augmenterait la valeur de l'isolation des logements (et en favoriserait donc la diffusion) de 2 à 6 %, alors qu'une subvention à l'installation de 10 % augmenterait cette diffusion de 4 à 15 %.

Certains problèmes tiennent également à des asymétries d'information entre agents. Un exemple souvent cité concerne la relation entre un entrepreneur du bâtiment et un acquéreur. L'entrepreneur sait que l'utilisation de techniques du bâtiment économes en énergie pour l'isolation, l'étanchéité et les fenêtres, par exemple, peut réduire considérablement les coûts énergétiques sur toute la durée de vie de la maison, et compenser largement l'investissement initial dans ces améliorations. Or, il est peu probable qu'il puisse recouvrer ces coûts auprès de l'acquéreur puisque ce dernier n'a pas les mêmes informations sur ce qui a été fait et ne peut pas le vérifier de manière indépendante, ce qui influe sur le taux de diffusion des technologies en question. De manière comparable, le problème des incitations divergentes (qui se pose lorsque celui qui assume les coûts de l'adoption de la technologie n'est pas celui qui en retire le bénéfice) limite de la même façon la diffusion des technologies. Un propriétaire n'investira vraisemblablement pas dans la rénovation énergétique de son bien immobilier si c'est le locataire qui paie les factures d'énergie; de même, le locataire hésitera à entreprendre des travaux de rénovation du même type à moins que cet investissement soit transférable à la fin du bail ou que la durée de location soit suffisamment longue (et connue d'avance).

On trouve des exemples illustrant clairement l'effet produit par la diffusion des innovations, comme celui du secteur néerlandais des produits alimentaires et des boissons, qui a été assujéti à des taxes sur les effluents. Examinant la diffusion des technologies de traitement biologique de l'eau, Kemp (1998) observe que les redevances sur les effluents ont sensiblement contribué à la diffusion de ces technologies. De fait, il estime qu'à la fin de la période considérée, 4 % environ seulement des usines auraient installé des équipements d'épuration des eaux usées si la redevance avait été maintenue à son (faible) niveau de 1974 au lieu d'être portée à plus de 40 %. Par ailleurs, le dispositif français combinant taxes et subventions visant les émissions de NO_x et de SO₂ offre un cadre permettant d'évaluer la décision d'une entreprise d'installer un dispositif antipollution en bout de chaîne. à partir de données de panel concernant 226 installations appartenant à trois secteurs différents (sidérurgie, coke et produits chimiques) pour la période 1990-98, Millock et Nauges (2006) constatent que la valeur totale des taxes sur les émissions payées par l'installation (pour les deux polluants) a un impact positif sur sa décision d'investir dans des équipements antipollution, même si les taxes sont très faibles. Cependant, l'ampleur de l'impact varie considérablement d'un secteur à l'autre et n'est significative que pour le secteur de la sidérurgie.

Les études de cas mettent aussi en lumière le rôle de la fiscalité environnementale et de la diffusion de l'innovation. Comme le montre l'étude de cas suédoise, l'instauration de la taxe en 1992 a eu un effet immédiat sur l'adoption d'équipements antipollution par les entreprises concernées. En 1992, seules 7 % des entreprises réglementées utilisaient des technologies de réduction des émissions de NO_x; un an après, 62 % s'étaient équipées d'une forme ou d'une autre de technologie antipollution, visant le plus souvent à modifier leurs méthodes de combustion. Il s'agit d'un cas de diffusion rapide de technologie en réponse à l'instauration d'une taxe relativement élevée sur les émissions.

Afin de surmonter certains des effets spécifiques mentionnés dans la section précédente, les gouvernements ont parfois mis en place des aides pour encourager la diffusion d'une technologie particulière. La réduction du coût d'adoption vise à accélérer l'adoption dès les premières étapes puis à laisser le marché stimuler la demande. Les subventions accordées sur le prix initial peuvent aider les consommateurs à surmonter le « choc de l'étiquette » et acheter des articles moins gourmands en énergie, et permettent éventuellement de fournir des informations supplémentaires à l'acheteur (Aalbers et al., 2009). Dans le domaine de l'énergie verte, les gouvernements recourent également à des prix d'achat garantis en accordant une subvention par kWh aux combustibles visés. Cet instrument vise à encourager l'adoption des nouvelles technologies et à surmonter l'obstacle à cette adoption que constitue l'apprentissage par la pratique en favorisant les effets d'échelle. Toutefois, ces politiques peuvent avoir des conséquences imprévues pour l'innovation. Dans le contexte du changement climatique, les aides en faveur de l'adoption de technologies alternatives existantes peuvent créer des effets de verrouillage, décourageant dans une certaine mesure les efforts de R-D dans des technologies plus récentes non subventionnées, d'où une perte de bien-être social (Kverndokk et al., 2004). La fiscalité peut être utilisée d'autres façons pour promouvoir également la diffusion de technologies, comme on le verra dans le chapitre 4.

3.7.2. Le processus de transfert de technologie

Autant il importe que les technologies se diffusent dans les pays, autant conserver les produits de l'innovation à l'intérieur d'un même pays n'est pas dans l'intérêt de la communauté mondiale lorsque les problèmes environnementaux dépassent les frontières. Le transfert de technologies et le dépôt de brevets peuvent réduire les coûts de la lutte contre la pollution au niveau mondial. Ils peuvent également encourager les pays à renforcer leurs efforts de protection de l'environnement en abaissant le coût initial de ces efforts. Lovely et Popp (2008), par exemple, observent qu'au fil du temps, des pays affichant des niveaux de revenu par habitant de plus en plus faibles mettent en œuvre des politiques environnementales.

Les problèmes environnementaux sont souvent spécifiques et requièrent des connaissances et des solutions spécialisées, c'est pourquoi le transfert de solutions techniques peut s'avérer difficile. Même si les pays rencontrent des problèmes semblables, les destinataires d'une technologie doivent posséder les bases scientifiques nécessaires pour accepter, comprendre et adapter le transfert d'innovation de sorte qu'il fonctionne correctement dans le nouveau contexte (Johnson et Lybecker, 2009). Les auteurs du transfert ne doivent pas non plus être réticents à l'idée de communiquer à l'étranger des informations confidentielles, aussi le système des brevets joue-t-il un rôle de premier plan. De solides systèmes de protection de la propriété intellectuelle facilitent le transfert des connaissances, notamment entre pays développés. Étant donné que la diffusion des nouvelles innovations se heurte souvent à des contraintes juridiques, une plus grande prévisibilité des régimes juridiques ou de propriété intellectuelle applicables aux innovations encouragerait les transferts.

Les inventeurs répondent en général aux incitations qui leur sont offertes au niveau national, mais les pays en retard par rapport aux autres commencent le plus souvent par recourir à des innovations étrangères (par le biais des brevets, par exemple) (Popp, 2006). Même si le pays n'est pas retardataire, les autres pays peuvent être d'importantes sources d'innovations. Par exemple, si les États-Unis ont été les premiers à mettre en place des

normes strictes en matière d'émissions des véhicules, la majorité des brevets venaient d'autres pays (Lanjouw et Mody, 1996). Bien souvent, cependant, il existe des différences entre les pays, d'où la nécessité d'une R-D adaptative. Ce type de R-D est indispensable lorsque les innovations étrangères ne s'adaptent pas parfaitement au contexte local, ce qui laisse supposer que la diffusion à l'échelle internationale se fera plus lentement qu'au sein des pays (Pizer et Popp, 2008).

En outre, la capacité technique des pays d'origine et la capacité d'absorption des destinataires des transferts de technologie sont des éléments essentiels pour déterminer les flux de technologie. Ces caractéristiques supposent une capacité et une volonté des pays de participer aux transferts. Comparant le rôle du Mécanisme pour un développement propre (MDP) du Protocole de Kyoto et celui d'autres facteurs dans le cadre du transfert de technologies éoliennes, Haščič et Johnstone (2009) constatent que la capacité technologique des pays bénéficiaires est deux à trois fois plus importante que le MDP. Par ailleurs, la capacité d'offre du pays source est de trois à huit fois plus importante que le MDP, ce qui montre bien qu'il s'agit de facteurs à prendre en considération pour examiner l'efficacité globale des instruments d'action.

Le choix de l'instrument adopté par les pays en matière de politique environnementale, qu'il s'agisse de la fiscalité ou d'un autre instrument, peut influencer sur le transfert de technologie d'un pays à l'autre. Johnstone et Haščič (2010) démontrent que la flexibilité de la politique de l'environnement élargit l'éventail des innovations créées au niveau national et transférées, ainsi que le niveau des importations d'innovations. En appliquant des dispositions moins souples en matière de politique environnementale, les pays limitent l'éventail des innovations pouvant être utilisées avec profit par leurs industries. Deux pays dont les approches en matière de réglementation normative diffèrent n'ont guère intérêt à partager leurs innovations dans la mesure où leurs industries s'efforcent d'atteindre des résultats réglementaires qui ne se recoupent sans doute guère. Compte tenu du risque non négligeable de discordance, le transfert de technologie n'a pas lieu.

En revanche, lorsque les deux pays ont une approche flexible, leurs industries s'efforcent d'atteindre le même résultat : la réduction des émissions. Compte tenu du large éventail de solutions envisageables pour y parvenir, les innovations peuvent théoriquement servir aux entreprises des deux pays, ce qui élargit les possibilités de diffusion. Lorsqu'un pays a une approche souple alors que ce n'est pas le cas des autres, ce pays pourra théoriquement bénéficier de toutes les innovations apparues dans les autres pays. L'inverse n'est pas vrai. C'est pourquoi l'orientation et le degré de diffusion des innovations sont influencés par le choix des instruments d'action des pouvoirs publics.

En dépit de ces préoccupations concernant la R-D adaptative, les solutions à apporter aux problèmes environnementaux d'ampleur mondiale sont de plus en plus axées sur le rôle des économies émergentes, dont la population et la richesse par habitant sont en augmentation rapide, et dont la capacité d'innovation est parfois nettement inférieure à celle des pays développés. Un grand nombre de ces pays seront des adoptants tardifs, poursuivant des travaux entrepris auparavant dans les pays développés. Ces pays pourront alors enregistrer des progrès rapides, en s'appuyant sur les résultats initiaux obtenus par les pays qui ont été les premiers à adopter ces solutions, comme le montre Hilton (2001) dans une étude sur les adoptants précoces et tardifs dans le cadre du retrait progressif de l'essence au plomb. Il semble donc que la capacité de faciliter à la fois la mise au point et

la diffusion de l'innovation soit essentielle pour améliorer la protection de l'environnement non seulement dans les économies technologiquement avancées mais aussi dans les économies encore émergentes.

3.8. Conclusions

En théorie, la fiscalité environnementale est un instrument approprié pour favoriser l'innovation. Les taxes, en particulier celles prélevées directement sur les polluants, encouragent la création d'innovations puisque l'adoption de ces dernières permet de réduire la charge fiscale des entreprises. Par ailleurs, ces innovations couvrent toutes les catégories possibles : innovations de produit, innovations de procédé (technologies en bout de chaîne et technologies de production plus propre) et innovations organisationnelles. Les instruments qui ne reposent pas sur la fiscalité ne sont généralement pas aussi puissants. Outre la création d'innovations, les taxes contribuent aussi à faciliter le transfert d'innovations d'un pays à l'autre.

En pratique, pour évaluer l'efficacité de la fiscalité environnementale en tant que moyen de favoriser l'innovation, il faut commencer par effectuer des mesures. En effet, par rapport aux possibilités plus restreintes de se conformer à une réglementation donnée, l'éventail des innovations qui peuvent être suscitées par une taxe est si vaste que la recherche et l'évaluation des résultats obtenus sont des tâches difficiles. C'est notamment vrai lorsqu'il s'agit d'exploiter des données sur les brevets, le choix des critères à appliquer pour orienter la recherche d'innovations potentielles étant alors très large. Il faut donc trouver d'autres outils de mesure de l'innovation, comme par exemple les intrants de l'innovation (dépenses de R-D) ou des indicateurs indirects des extrants de l'innovation (comme les effets sur les courbes des coûts marginaux de réduction des émissions).

Compte tenu des problèmes de mesure qui se posent, les données empiriques concernant l'impact de la fiscalité environnementale sur l'innovation sont solides mais ne sont pas entièrement concluantes. Les contraintes en matière de données évoquées plus haut posent effectivement des problèmes, notamment dans le cas d'analyses de portée générale axées sur les brevets. L'étude consacrée aux taxes sur les carburants dans différents pays et celle portant sur la taxe énergétique à taux réduit appliquée au Royaume-Uni ont mis en lumière certains de ces problèmes. Cela étant, des études plus ciblées utilisant d'autres mesures de l'innovation ont donné des résultats robustes. Les études de cas suédoise et suisse, par exemple, ont montré clairement l'impact de ces taxes sur l'innovation.

Ces études de cas ont également permis de dégager certaines conclusions complémentaires. Le fait que la fiscalité environnementale impose aux entreprises un coût susceptible de nuire à leur rentabilité ne semble pas se traduire par une baisse du niveau de l'innovation. Le potentiel d'innovation semble en effet augmenter avec la taille du marché, notamment en ce qui concerne l'activité de brevet. Enfin, si l'on examine non seulement la quantité mais aussi le type d'innovations induites, on s'aperçoit que la fiscalité favorise un éventail complet d'innovations, y compris de nouveaux produits et de meilleures techniques de production. Cependant, les taxes liées à l'environnement (comme la plupart des autres instruments de la politique environnementale) n'ont peut-être pas une aussi forte influence sur les innovations à caractère plus fondamental que sur les innovations plus immédiatement commercialisables.

Notes

1. Il est intéressant de noter qu'en Suède, les brevets relatifs aux émissions de NO_x étaient répartis quasiment à parts égales entre les innovations liées à une production plus propre et les innovations en bout de chaîne, alors que dans nombre de pays, les brevets visant la réduction des émissions de NO_x portaient généralement sur des technologies en bout de chaîne; ce résultat pourrait s'expliquer par la plus grande souplesse de l'approche suédoise.
2. Par exemple, si les prix agricoles sont maintenus artificiellement à un niveau élevé au moyen d'aides (autres que liées à l'environnement) ou de mesures protectionnistes, une invention qui aurait pour effet d'augmenter la production agricole pourrait en ce sens être considérée comme porteuse d'externalités économiques négatives.
3. Il n'en va pas de même pour les innovations de produit. Étant donné que les produits innovants réduisent généralement les émissions de polluants au niveau de l'utilisateur final, et non de l'entreprise productrice, la fixation d'objectifs devrait avoir un effet plus indirect.
4. À l'inverse, on peut considérer que les entreprises qui ont déjà innové et sont en train de mettre en œuvre leur innovation s'imposent elles-mêmes des objectifs de manière à guider le processus de mise en œuvre.
5. Il faut mentionner toutefois que l'intégration de technologies de rupture dans les modèles de changement climatique relève de l'hypothèse selon laquelle ces technologies (aussi appelées technologies de rechange) apparaîtront en fonction du climat d'innovation prévu. Cette hypothèse est utilisée pour montrer l'effet que ces technologies *peuvent avoir*, mais ne laisse pas nécessairement prévoir qu'elles apparaîtront réellement.
6. Le rabais accordé au titre des accords CCA doit être ramené à 65 % à compter du 1^{er} avril 2011, contre 80 % actuellement.
7. Ces taux d'actualisation élevés peuvent refléter simplement le fait que les consommateurs préfèrent largement la consommation présente à la consommation future, et non qu'il existe nécessairement des distorsions ou des défaillances du marché.

Références

- Aalbers, Rob, et al. (2009), « Technology Adoption Subsidies: An Experiment with Managers », *Energy Economics*, 31, pp. 431-442.
- Ambec, Stefan et Philippe Barla (2006), « Can Environmental Regulations be Good for Business? An Assessment of the Porter Hypothesis », *Energy Studies Review*, 14(2).
- Arimura, Toshi H., Akira Hibiki, et Nick Johnstone (2007), « An Empirical Study of Environmental R&D: What Encourages Facilities to be Environmentally Innovative? » dans Johnstone, Nick (éd.), *Environmental Policy and Corporate Behaviour*, Edward Elgar et OECD, Cheltenham, Royaume-Uni.
- Banatte, Sam (2009), « Taxe incitative sur les composés organiques volatils (COV) : rôle des cantons dans les effets sur l'innovation », Mémoire de master, Université de Neuchâtel et Institut de hautes études en administration publiques, Suisse.
- Binz, Hanna L. et Dirk Czarnitzki (2008), « Financial Constraints: Routine Versus Cutting Edge R&D Investment », document de travail n° 08-005, Centre for European Economic Research.
- Bosetti, Valentina, et al. (2009), « The Role of R&D and Technology Diffusion in Climate Change Mitigation: New Perspectives Using the WITCH Model », document de travail n° 274, Fondazione Eni Enrico Mattei.
- Brännlund, Runar and Tommy Lundgren (2009), « Environmental Policy without Costs? A Review of the Porter Hypothesis », *International Review of Environmental and Resource Economics*, 3(2).
- Burtraw, Dallas (2000), « Innovation under the Tradable Sulfur Dioxide Emission Permits Program in the US Electricity Sector », document de travail n° 00-38, Resources for the Future, Washington DC.
- Carraro, Carlo, Emanuele Massetti et Lea Nicita (2009), « How Does Climate Policy Affect Technical Change? An Analysis of the Direction and Pace of Technical Progress in a Climate-Economy Model », document de travail n° 08.2009, Fondazione Eni Enrico Mattei.
- Crabb, Joseph M. et Daniel K.N. Johnson (2010), « Fueling the Innovative Process: Oil Prices and Induced Innovation in Automotive Energy-Efficient Technology », *Energy Journal*, 31(1), pp. 199-216.

- Czarnitzki, Dirk et Hanna Hottenrott (2009), « R&D Investment and Financing Constraints of Small- and Medium-sized Firms », *Small Business Economics*. <http://dx.doi.org/10.1007/s11187-009-9189-3>
- Fronde, Manuel, Jens Horbach, et Klaus Rennings (2007), « End-of-Pipe or Cleaner Production? An Empirical Comparison of Environmental Innovation Decisions across OECD Countries », *Business Strategy and the Environment*, 16, pp. 571-584.
- Gerlagh, Reyer (2008), « A Climate-Change Policy Induced Shift from Innovations in Carbon-Energy Production to Carbon-Energy Savings », *Energy Economics*, 30, pp. 425-448.
- Goolsbee, Austan (1998), « Does Government R&D Policy Mainly Benefit Scientists and Engineers? », *American Economic Review*, 88(2), pp. 298-302.
- Goulder, Lawrence H. et Stephen H. Schneider (1998), « Induced Technological Change and the Attractiveness of CO₂ Abatement Policies », *Resource and Energy Economics*, 21, pp. 211-253.
- Greaker, M. (2003), « Strategic Environmental Policy: Eco-dumping or a Green Strategy? », *Journal of Environmental Economics and Management* 45, pp. 692-707.
- Griliches, Zvi (1990), « Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey », *Journal of Economic Literature*, 28(4), pp. 1661-1707.
- Hašič, Ivan et Nick Johnstone (2009), « The Clean Development Mechanism and International Technology Transfer: Empirical Evidence on Wind Power Using Patent Data », présenté au Workshop on Globalisation and Environment, Kiel Institute for the World Economy, septembre 2009, disponible à l'adresse http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1493241.
- Hilton, F. Hank (2001), « Later Abatement, Faster Abatement: Evidence and Explanations From the Global Phaseout of Leaded Gasoline », *The Journal of Economic Development*, 10, pp. 246-265.
- Jaffe, Adam B., Richard G. Newell et Robert N. Stavins (2002), « Environmental Policy and Technological Change », *Environmental and Resource Economics*, 22, pp. 41-69.
- Jaffe, Adam B. et Karen Palmer (1997), « Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study », *The Review of Economics and Statistics*, 79(4), pp. 610-619.
- Jaffe, Adam B. et Robert N. Stavins (1994), « The Energy Paradox and the Diffusion of Conservation Technology », *Resource and Energy Economics*, 16, pp. 91-122.
- Jaffe, Adam B. et Robert N. Stavins (1995), « Dynamic Incentives of Environmental Regulations: The Effects of Alternate Policy Instruments on Technology Diffusion », *Journal of Environmental Economics and Management*, 29, pp. 43-63.
- Johnson, Daniel K.N. et Kristina M. Lybecker (2009), « Challenges to Technology Transfer: A Literature Review of the Constraints on Environmental Technology Dissemination », Colorado College, document de travail n° 2009-07.
- Johnstone, Nick et Ivan Hašič (2010), « Environmental Policy Design and the Fragmentation of International Markets for Innovation » dans V. Ghosal (éd.), *Reforming Rules and Regulations*, MIT Press.
- Johnstone, Nick, J. Labonne et C. Thevenot (2008), « Environmental Policy and Economies of Scope in Facility-level Environmental Practices », *Environmental Economics and Policy Studies*, 9(3), pp. 145-166.
- Kemp, Réne (1998), « The Diffusion of Biological Wastewater Treatment Plants in the Dutch Food and Beverage Industry », *Environmental and Resource Economics*, 12, pp. 113-136.
- Kleinknecht, Alfred, Kees van Montfort, et Erik Brouwer (2002), « The Non-Trivial Choice between Innovation Indicators », *Economics of Innovation and New Technology*, 11(2), pp. 109-121.
- Kumar, Surender et Shunsuke Managi (2009), « Energy Price-Induced and Exogenous Technological Change: Assessing the Economic and Environmental Outcomes », *Resource and Energy Economics*, 31(4), pp. 334-353.
- Kverndokk, Snorre, Knut Einar Rosendahl, et Thomas F. Rutherford (2004), « Climate Policies and Induced Technological Change: Which to Choose, the Carrot or the Stick? », *Environmental and Resource Economics*, 27, pp. 21-41.
- Lanjouw, Jean Olson et Ashoka Mody (1996), « Innovation and the international diffusion of environmentally responsive technology », *Research Policy*, 25, pp. 549-571.
- Lanoie, Paul, et al. (2010), « Environmental Policy, Innovation and Performance: New Insights on the Porter Hypothesis », à paraître dans le *Journal of Economic Strategy and Management*.
- Lichtenberg, F.R. (1986), « Energy Price and Induced Innovation », *Research Policy*, 15, pp. 67-75.

- Lichtenberg, F. R. (1987), « Changing Market Opportunities and the Structure of R&D Investment », *Energy Economics*, 9, pp. 154-158.
- Lovely, Mary et David Popp (2008), « Trade, Technology and the Environment: Why do Poorer Countries Regulate Sooner? », document de travail du NBER n°14286, disponible à l'adresse www.nber.org/papers/w14286.
- Määttä, Kalle (2006), *Environmental Taxes: An Introductory Analysis*, Edward Elgar: Cheltenham, Royaume-uni et Northampton, États-Unis.
- Marion, Justin et Erich Muehlegger (2008), « Measuring Illegal Activity and the Effects of Regulatory Innovation: Tax Evasion and the Dyeing of Untaxed Diesel », *Journal of Political Economy*, 116(4), pp. 633-666.
- Millock, K. et C. Nauges (2006), « Ex post Évaluation of an Earmarked Tax on Air Pollution », *Land Economics*, 82(1), pp. 68-84.
- OCDE (2004), « Triadic Patent Families Methodology », STI Working Paper 2004/2, OCDE, Paris.
- OCDE (2008), *Environmentally Related Taxation and Tradable Permit Systems in Practice*, OCDE, Paris, disponible à l'adresse [www.oecd.org/olis/2007doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2007\)31-final](http://www.oecd.org/olis/2007doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2007)31-final).
- OCDE (2009a), *Économie de la lutte contre le changement climatique : Politiques et options pour une action globale au-delà de 2012*, OCDE, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264073913-fr>
- OCDE (2009b), *Innovation Effects of the Swedish NO_x Charge* OCDE, Paris, disponible à l'adresse [www.oecd.org/olis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2009\)8-final](http://www.oecd.org/olis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2009)8-final).
- OCDE (2009c), *Effets de la taxe d'incitation sur les COV sur l'innovation en Suisse : Études de cas dans les branches de l'imprimerie, de la fabrication de peintures et dans le traitement des métaux*, OCDE, Paris, disponible à l'adresse [www.oecd.org/officialdocuments/displaydocument/?cote=COM/ENV/EPOC/CTPA/CFA\(2008\)35/FINAL&docLanguage=fr](http://www.oecd.org/officialdocuments/displaydocument/?cote=COM/ENV/EPOC/CTPA/CFA(2008)35/FINAL&docLanguage=fr).
- OCDE (2009d), « Indicators of Innovation and Transfer in Environmentally Sound Technologies: Methodological Issues », OCDE, Paris.
- OCDE (2009e), « A Case Study of the Innovation Impacts of the Korean Emission Trading System for NO_x and SO_x Emissions », OCDE, Paris.
- OCDE (2009f), « Fuel Taxes, Motor Vehicle Emission Standards and Patents Related to the Fuel Efficiency and Emissions of Motor Vehicles », OCDE, Paris, disponible à l'adresse [www.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)32-final](http://www.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)32-final).
- OCDE (2009g), « Policies for the Development and Transfer of Eco-Innovation: Lessons from the Literature », Document présenté au Forum mondial de l'OCDE sur l'environnement dédié à l'éco-innovation, 4-5 novembre 2009, OCDE, Paris, disponible à l'adresse www.oecd.org/dataoecd/21/36/43811507.pdf.
- OCDE (2009h), *Innovation in Firms: A Microeconomic Perspective*, OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264056213-en>.
- OCDE (2009i), *Manuel de l'OCDE sur les statistiques des brevets*, OCDE, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264056466-fr>.
- OCDE (2010a), « Dépense intérieure brute de R-D par secteur d'exécution et par secteurs bailleurs de fonds », *Statistiques de l'OCDE de la science et technologie et de la R-D (Base de données)*, <http://dx.doi.org/10.1787/data-00189-fr>.
- OCDE (2010b), « Crédits budgétaires publics de R-D », *Statistiques de l'OCDE de la science et technologie et de la R-D (Base de données)*, <http://dx.doi.org/10.1787/data-00194-fr>.
- Palmer, K., W. E. Oates et P.R. Portney, (1995), « Tightening Environmental Standards: The Benefit-Cost or the No-Cost Paradigm? », *Journal of Economic Perspectives* 9 (4), pp. 119-132.
- Pizer, William A. et David Popp (2008), « Endogenizing Technological Change: Matching Empirical Evidence to Modeling Needs », *Energy Economics*, 30, pp. 2754-2770.
- Popp, David (2001), « The Effect of New Technology on Energy Consumption », *Resource and Energy Economics*, 23, pp. 215-239.
- Popp, David (2002), « Induced Innovation and Energy Prices », *American Economic Review*, 92, pp. 160-180.
- Popp, David (2005), « Uncertain R&D and the Porter Hypothesis », *Contributions to Economic Policy and Analysis*, 4(1), article 6.

- Popp, David (2006), « International Innovation and Diffusion of Air Pollution Control Technologies: The Effects of NO_x and SO₂ Regulation in the US, Japan, and Germany », *Journal of Environmental Economics and Management*, 51, pp. 46-71.
- Popp, David et Richard G. Newell (2009), « Where Does Energy R&D Come From? Examining Crowding Out from Environmentally-Friendly R&D », document de travail du NBER n°15423, octobre 2009, disponible à l'adresse www.nber.org/papers/w15423.
- Porter, M.E. (1991), « America's Green Strategy », *Scientific American*, avril, 168.
- Porter, M.E. et C. van der Linde (1995), « Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship », *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), pp. 97-118.
- Rassenfosse, Gaeten de et Bruno van Pottelsberghe de la Potterie (2009), « A Policy Insight into the R&D-Patent Relationship », *Research Policy*, 38, pp. 779-792.
- Savignac, Frédérique (2008), « Impact of Financial Constraints on Innovation: What can be Learned from a Direct Measure? », *Journal of Economics of Innovation and New Technology*, 17(6), pp. 553-569.
- Sinclair-Desgagné, Bernard (1999), « Remarks on Environmental Regulation, Firm Behaviour and Innovation », Scientific Series Paper, Centre interuniversitaire de recherche et analyse des organisations (CIRANO), Montréal, Canada, disponible à l'adresse www.cirano.qc.ca/pdf/publication/99s-20.pdf.
- Vries, Frans de et Neelakshi Medkhi (2008), « Environmental Regulation and International Innovation in Automotive Emissions Control Technologies », *Environmental Policy, Technological Innovation and Patents*, OCDE, Paris.



Extrait de :
Taxation, Innovation and the Environment

Accéder à cette publication :

<https://doi.org/10.1787/9789264087637-en>

Merci de citer ce chapitre comme suit :

OCDE (2010), « Fiscalité environnementale et innovation », dans *Taxation, Innovation and the Environment*, Éditions OCDE, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264087651-6-fr>

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les arguments exprimés ici ne reflètent pas nécessairement les vues officielles des pays membres de l'OCDE.

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Vous êtes autorisés à copier, télécharger ou imprimer du contenu OCDE pour votre utilisation personnelle. Vous pouvez inclure des extraits des publications, des bases de données et produits multimédia de l'OCDE dans vos documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel d'enseignement, sous réserve de faire mention de la source OCDE et du copyright. Les demandes pour usage public ou commercial ou de traduction devront être adressées à rights@oecd.org. Les demandes d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales peuvent être obtenues auprès du Copyright Clearance Center (CCC) info@copyright.com ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) contact@cfcopies.com.