



La fiscalité, l'innovation et l'environnement



Stratégie de l'OCDE pour une croissance verte

La fiscalité, l'innovation et l'environnement

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les interprétations exprimées ne reflètent pas nécessairement les vues de l'OCDE ou des gouvernements de ses pays membres.

Merci de citer cet ouvrage comme suit :

OCDE (2010), *La fiscalité, l'innovation et l'environnement*, Éditions OCDE.

<http://dx.doi.org/10.1787/9789264087651-fr>

ISBN 978-92-64-08764-4 (imprimé)

ISBN 978-92-64-08765-1 (PDF)

Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem-Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

Les corrigenda des publications de l'OCDE sont disponibles sur : www.oecd.org/editions/corrigenda.

© OCDE 2010

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.

Avant-propos

Face aux défis environnementaux auxquels la planète est confrontée, citoyens, entreprises et pouvoirs publics devront conjuguer leurs efforts pour lutter contre la pollution et la dégradation de l'environnement et modifier la structure actuelle de l'offre et de la demande. La Stratégie de l'OCDE pour une croissance verte (www.oecd.org/croissanceverte) entend informer le débat et aider les pouvoirs publics à élaborer des politiques environnementales et économiques qui se renforcent mutuellement, illustrant le principe selon lequel écologie et croissance sont compatibles.

Les taxes liées à l'environnement peuvent atteindre efficacement de nombreux objectifs environnementaux, et leur utilisation progresse au sein des pays de l'OCDE. Toutefois, les technologies et le savoir-faire actuels ne permettront pas d'atteindre les objectifs environnementaux à un coût raisonnable : l'innovation est essentielle. Le projet à l'origine de ce rapport de synthèse analyse les avantages des taxes écologiques qui se manifestent lorsque, face aux coûts élevés rattachés à la pollution, il devient financièrement intéressant d'investir dans le développement de nouvelles technologies vertes. Plusieurs études de cas ont été effectuées ; certaines portent sur le rôle de la conception de ces taxes, tandis que d'autres examinent de quelle façon elles peuvent encourager l'innovation.

De fait, la fiscalité environnementale favorise l'innovation, car les entreprises réagissent positivement aux signaux du marché : développement de nouveaux produits, élaboration de nouvelles méthodes pour neutraliser les polluants et mise en place de procédés de production plus propres. Pour que les innovations soient les plus variées possible, les taxes écologiques doivent être judicieusement conçues et prévisibles afin que les entreprises aient l'assurance que les technologies propres qu'elles mettent au point aujourd'hui ont un avenir commercial.



Angel Gurría
Secrétaire général

Remerciements

Cet ouvrage est le fruit du travail de la Session conjointe des experts sur la fiscalité et l'environnement, groupe placé sous l'égide du Comité des affaires fiscales et du Comité des politiques d'environnement de l'OCDE. Des versions préliminaires de cette publication ont été présentées à ce groupe et les participants ont formulé des indications, observations et suggestions très utiles.

Cette publication s'appuie sur des études de cas approfondies qui analysent l'efficacité de la fiscalité environnementale pour induire différents types d'innovation. Ces études de cas ont été réalisées par un groupe d'experts externes dont les travaux ont abouti à des conclusions très parlantes. La seconde partie de cet ouvrage contient les synthèses de ces études.

Cette publication a été rédigée par Michael Ash, détaché auprès de l'OCDE par le gouvernement du Canada, en étroite coopération avec Nils Axel Braathen, Nick Johnstone, Ivan Haščič et Anthony Cox de la direction de l'environnement de l'OCDE, et avec Jens Lundsgaard et Stephen Matthews du Centre de politique et d'administration fiscales de l'OCDE.

Table des matières

Abréviations	9
Résumé	11
Chapitre 1. Introduction	19
1.1. La double défaillance du marché : pas assez d'innovations et trop de pollution. .	20
1.2. Innovation et protection de l'environnement efficiente et à faible coût	25
1.3. Conjuguer la fiscalité, l'innovation et l'environnement.	31
Notes	33
Références	33
Chapitre 2. La fiscalité environnementale aujourd'hui	35
2.1. Recettes provenant de la fiscalité environnementale dans les différents pays. .	36
2.2. Les taxes visant certains polluants	40
2.3. Exonérations et allègements de fiscalité environnementale	57
2.4. Permis négociables.	65
2.5. Conclusions.	66
Notes	68
Références	68
Chapitre 3. Fiscalité environnementale et innovation	71
3.1. Mesurer l'innovation	72
3.2. Définir les avantages et les inconvénients de l'innovation	79
3.3. Études de cas sur la fiscalité environnementale et sa capacité de susciter l'innovation.	82
3.4. La fiscalité environnementale et les différents types d'innovation	90
3.5. Degré d'innovation : technologies d'amélioration progressive et technologies de rupture	94
3.6. Obstacles à l'innovation comme réponse à la fiscalité environnementale ...	95
3.7. L'adoption et le transfert d'innovations liées à l'environnement	100
3.8. Conclusions.	104
Notes	105
Références	105
Chapitre 4. Considérations relatives à la conception des taxes et autres instruments fiscaux	109
4.1. Définir un montant approprié d'impôt.	110
4.2. Déterminer la base d'imposition	126
4.3. Gestion de la taxe.	127

4.4. Instruments fiscaux	128
4.5. Choix de l'instrument fiscal	142
4.6. Adoption d'un train de mesures : combinaison des instruments favorables à l'environnement et à l'innovation	145
4.7. Conclusions	149
Notes	151
Références	152
Chapitre 5. Guide de la fiscalité environnementale destiné aux décideurs	155
5.1. Pourquoi des taxes?	156
5.2. Rendre efficace la fiscalité environnementale	159
5.3. Utiliser les recettes générées	162
5.4. Surmonter les difficultés liées à la mise en œuvre des taxes environnementales	164
5.5. La fiscalité environnementale ne peut pas être la seule réponse	169
5.6. Conclusions	170
Notes	170
Références	171
Études des cas (disponible en anglais)	173
<i>Annexe A. Sweden's Charge on NO_x Emissions</i>	175
<i>Annexe B. Water Pricing in Israel</i>	189
<i>Annexe C. Cross-country Fuel Taxes and Vehicle Emission Standards</i>	197
<i>Annexe D. Switzerland's Tax on Volatile Organic Compounds</i>	209
<i>Annexe E. R&D and Environmental Investments Tax Credits in Spain</i>	219
<i>Annexe F. Korea's Emission Trading System for NO_x and SO_x</i>	231
<i>Annexe G. UK Firms' Innovation Responses to Public Incentives: An Interview-based Approach</i>	239
<i>Annexe H. The UK's Climate Change Levy and Climate Change Agreements: An Econometric Approach</i>	250
<i>Annexe I. Japan's Tax on SO_x Emissions</i>	261
Tableaux	
2.1. Champ d'application des instruments fiscaux	50
2.2. Taxes sur les solvants chlorés	54
2.3. Taxes sur les pesticides et les engrais	56
2.4. Exonérations totales de taxes environnementales pour l'agriculture	59
2.5. Taxes sur l'électricité dans les pays de l'OCDE	62
2.6. Impact environnemental de certaines réductions/exemptions fiscales aux Pays-Bas	64
4.1. Effets des instruments fiscaux visant à encourager l'innovation	144
4.2. Effets des taxes et des subventions à la R-D sur le bien-être social	147
A.1. Adoption of NO _x mitigation technology in Sweden	177
A.2. NO _x patent applications across countries	178
A.3. Plants subject to the NO _x tax: Descriptive statistics	179
B.1. Agricultural prices for fresh water in Israel	190
B.2. Domestic water prices in Israel	191
C.1. Empirical results: Emission abatement technologies	205

C.2. Empirical results: Input (improved engine design) technologies	206
C.3. Empirical results: Output technologies	207
D.1. Largest VOC reductions by industry	211
E.1. Use of reasoned reports in Spain.	220
E.2. Sequential impact of tax credits	222
E.3. R&D&I tax credits and tax credit use	223
E.4. Impact of R&D&I tax credit on use of EI credit	223
E.5. Environmental Investments tax credits and tax credit use.	224
E.6. Impact of environmental investments tax credit in use of R&D&I tax credit.	224
E.7. Characteristics of tax credit use	225
F.1. Implementation progression of cap-and-trade programme	232
F.2. Pollution impact of low-NO _x burners	235
F.3. NO _x reduction efficiencies by low-NO _x burners	235
F.4. Patents by technical field in Korea	236
G.1. Drivers of innovation and construction of indices	242
G.2. Survey results and energy intensity	243
G.3. Survey results and productivity.	244
G.4. Survey results and innovation	246
H.1. Rates of the Climate Change Levy.	251
H.2. Descriptive statistics by CCA participation status	253
H.3. CCA participation and environmental performance	255
H.4. CCA participation and innovation performance	258
I.1. Annual average rate of change of SO _x reduction	269

Graphiques

1.1. Effets estimés de l'innovation	27
1.2. Moteurs de l'innovation	28
1.3. Modèle d'innovation en chaîne	29
2.1. Recettes provenant de la fiscalité environnementale en % du PIB	37
2.2. Recettes provenant de la fiscalité environnementale en pourcentage du total des recettes fiscales.	38
2.3. Ventilation des recettes provenant de la fiscalité environnementale dans les pays de l'OCDE	41
2.4. Composition des recettes fiscales environnementales, par pays.	41
2.5. Taxe sur les carburants	42
2.6. Variations en termes réels de la taxe sur l'essence	45
2.7. Taxes uniques sur les véhicules à moteur	46
2.8. Composante CO ₂ des taxes uniques.	47
2.9. Prix implicite du carbone et taxes sur les véhicules à moteur	48
2.10. Total des composantes CO ₂ dans la fiscalité des véhicules à moteur	49
2.11. Taxes sur le fioul léger	51
2.12. Taxes sur les émissions atmosphériques de NO _x	52
2.13. Taxe de mise en décharge	57
3.1. Part des dépenses publiques directes dans le total des dépenses de R-D.	74
3.2. Part de la R-D environnementale dans le total des dépenses publiques de R-D	74
3.3. Part de la R-D énergétique dans les dépenses publiques totales de R-D	75
3.4. Impact économique et environnemental des innovations	80

3.5. Types d'innovations liées à l'environnement	91
4.1. Impacts de l'innovation pour les systèmes de taxe et de permis négociables	117
4.2. Catégories de mesures fiscales	128
4.3. Avantages fiscaux accordés pour la R-D dans les pays de l'OCDE	138
4.4. Déterminants des émissions et perspectives d'innovation.....	142
A.1. Effectiveness of Swedish charge on NO _x emissions	176
A.2. Changes in NO _x emission intensities	180
A.3. NO _x emission intensities at individual plants.....	182
A.4. Declining marginal NO _x abatement cost curves	183
B.1. Agricultural output value per unit of irrigation water	192
B.2. Impact of the national water saving campaigns	193
C.1. Excise tax rates on diesel in select OECD countries	198
C.2. Regulatory tailpipe limits for petrol-driven vehicles	199
C.3. Engine calibration and emission levels	201
C.4. Patent applications for relevant vehicle technologies	203
C.5. Patent applications for the four technological categories	203
E.1. R&D&I and Environmental Investments tax credit use by firm size	221
E.2. Patent applications in Spain and EU15.....	226
F.1. Targets for ambient NO ₂ and PM ₁₀ concentrations	232
F.2. NO _x emission trends in Korea	233
F.3. NO ₂ concentration trends in Korea	234
F.4. SO _x emission trends in Korea	234
F.5. SO ₂ concentration trends in Korea	234
F.6. SO _x abatement patents in Korea	236
F.7. NO _x abatement patents in Korea.....	237
F.8. Budget for environmental R&D	237
H.1. Index of patents in the United Kingdom	257
I.1. Tax rates for current SO _x emissions	263
I.2. Trends in SO _x emissions.....	265
I.3. Factors of SO _x emissions	266
I.4. FGD sales and patents.....	270

Ce livre contient des...



StatLinks

**Accédez aux fichiers Excel®
à partir des livres imprimés !**

En bas à droite des tableaux ou graphiques de cet ouvrage, vous trouverez des *StatLinks*.

Pour télécharger le fichier Excel® correspondant, il vous suffit de retranscrire dans votre navigateur Internet le lien commençant par : <http://dx.doi.org>.

Si vous lisez la version PDF de l'ouvrage, et que votre ordinateur est connecté à Internet, il vous suffit de cliquer sur le lien.

Les *StatLinks* sont de plus en plus répandus dans les publications de l'OCDE.

Abréviations

AIE	Agence internationale de l'énergie
AN	Accord négocié entre l'industrie et les pouvoirs publics
BFEN	Brûleur à faible émission de NO _x
CCA	Accord sur le changement climatique (Royaume-Uni)
CCL	Taxe sur le changement climatique (Royaume-Uni)
CCR	Lié aux objectifs en matière de changement climatique
CDM	Coût de dépollution marginal
CL	Loi d'indemnisation (Japon)
CO	Monoxyde de carbone
CO₂	Équivalent dioxyde de carbone (concernant le potentiel de réchauffement de la planète)
COV	Composé organique volatil
DGC	Désulfuration des gaz de combustion
DM	Domage marginal
ECA	Subventions d'augmentation du capital (Royaume-Uni)
EF	Effets fixes
EPER	Registre européen des émissions de polluants
GES	Gaz à effet de serre
GNL	Gaz naturel liquéfié
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
GWh	Gigawattheure
HC	Hydrocarbure
HFC	Hydrofluorocarbone
IE	Crédit d'impôt pour investissements environnementaux (Espagne)
kcal	Kilocalorie
kWh	Kilowattheure
MCO	Régression des moindres carrés ordinaires
MDP	Mécanisme pour un développement propre du Protocole de Kyoto
MOE	Ministère de l'Environnement (Japon)
MWh	Mégawattheure
Nm³	Mètre cube normal (« normal » au sens du gaz individuel)
NO_x	Oxydes d'azote
PCA	Accord de lutte contre la pollution (Japon)
PI	Propriété intellectuelle
PIB	Produit intérieur brut
PM/PM₁₀	Particules/particules de diamètre ≤ 10 mm
PME	Petite et moyenne entreprise
PN	Permis négociable

ppm	Parties par million
PTF	Productivité totale des facteurs
R-D	Recherche et développement
RDI	Crédit d'impôt pour la recherche, le développement et l'innovation technologique (Espagne)
RCS	Réduction catalytique sélective
RNCS	Réduction non catalytique sélective
SCEQE	Système communautaire d'échange de quotas d'émission
SEPA	Agence suédoise de protection de l'environnement
SO₂	Dioxyde de soufre
SO_x	Oxydes de soufre
TVA	Taxe sur la valeur ajoutée
TWh	Térawattheure
UE15	Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Italie, Luxembourg, Pays-Bas, Portugal, Suède et Royaume-Uni
VO	Variable opérationnelle

Résumé

*L'innovation est essentielle afin de protéger
l'environnement à moindre coût*

Le monde est confronté à une kyrielle de problèmes écologiques. Certains, de dimension locale, peuvent être provoqués par un petit nombre de pollueurs, comme les émissions de mercure dans l'air ou les rejets d'eaux usées dans les cours d'eau; d'autres sont de portée mondiale et sont le fait de millions d'acteurs différents, comme les émissions de gaz à effet de serre. Bien que ces problèmes puissent être considérés comme les effets secondaires négatifs du développement économique des pays, il ne faut pas oublier qu'à mesure que les pays s'enrichissent, se développent et perfectionnent leurs technologies, la volonté et la capacité de relever ces défis se renforcent également.

De nombreux défis environnementaux auxquels les pays doivent faire face peuvent sembler gigantesques. Les conséquences de l'action peuvent paraître lourdes si les estimations du coût des mesures de remise en état de l'environnement s'appuient uniquement sur l'application des technologies et du savoir-faire technique existants. Pourtant, la capacité des entreprises et des consommateurs d'innover – en trouvant de nouveaux moyens et procédés techniques pour atténuer la pollution et ses effets – peut réduire significativement les coûts de la politique environnementale future. Comme on le verra au chapitre 1, il s'agit donc d'élaborer des instruments d'action qui garantissent des progrès environnementaux immédiats mais qui stimulent aussi l'innovation et l'élaboration de technologies plus propres à l'avenir.

L'environnement et l'innovation constituent des enjeux pour les pouvoirs publics parce que ces questions ne peuvent pas être résolues par les seules forces du marché. Les entreprises comme les consommateurs polluent trop car, pour l'heure, la pollution ne coûte rien. En outre, les marchés ne fournissent pas toujours des incitations suffisantes à innover. Lorsque les auteurs d'innovations ne sont pas en mesure d'en tirer pleinement parti, l'innovation est généralement insuffisante. Par conséquent, pour l'innovation liée à l'environnement, le problème est double : on déplore un manque général d'innovation, mais plus encore dans le domaine de l'environnement car, sans tarification de la pollution, les entreprises sont peu incitées à utiliser les innovations. Ces caractéristiques laissent penser que les pouvoirs publics ont un rôle à jouer afin de résoudre ces externalités.

*La fiscalité liée à l'environnement procure
de nombreux avantages et les pays de l'OCDE
l'utilisent de plus en plus souvent*

Les pouvoirs publics ont à leur disposition toute une panoplie d'instruments de politique environnementale : instruments réglementaires (ou « réglementation contraignante »), instruments de marché (comme les taxes et les permis négociables), accords négociés, subventions, systèmes de management environnemental et campagnes d'information. Bien qu'aucun instrument ne puisse être considéré comme intrinsèquement meilleur pour relever tous les défis écologiques, l'utilisation de la fiscalité environnementale (et des permis négociables) progresse dans les pays de l'OCDE.

Les taxes sur la pollution incitent clairement les pollueurs à réduire leurs émissions et à rechercher des solutions plus propres. En attribuant un coût direct aux atteintes à l'environnement, les entreprises en quête de bénéfices maximums sont davantage enclines à en faire une utilisation parcimonieuse, au même titre que les autres facteurs de production. Face à d'autres instruments de politique environnementale, comme les réglementations sur l'intensité des émissions ou les prescriptions technologiques, la fiscalité environnementale encourage l'ensemble des pollueurs à prendre les mesures de réduction les moins coûteuses et incite également à agir au niveau de chaque installation polluante. Ces taxes peuvent également envoyer des signaux très clairs et permettre au citoyen de savoir si certains secteurs ou certaines sources de pollution sont privilégiés par rapport à d'autres.

L'utilisation de la fiscalité environnementale et des systèmes d'échange de droits d'émission progresse dans les économies de l'OCDE, comme l'explique le chapitre 2. Elles sont de plus en plus nombreuses à appliquer des taxes et des droits dans des domaines comme l'élimination des déchets et sur des polluants spécifiques, tels les rejets de NO_x et de SO_x dans l'air. En outre, les pouvoirs publics s'efforcent d'accroître l'efficacité économique et environnementale de leurs taxes écologiques existantes.

Cette évolution s'inscrit dans un contexte de diminution progressive des recettes générées par les taxes écologiques depuis dix ans, tant en pourcentage du PIB que du total des recettes fiscales. Cette baisse est imputable en premier lieu aux taxes sur les carburants automobiles, qui représentent la grande majorité de ces recettes. Elle reflète en partie les hausses de prix qui ont freiné la demande de carburants automobiles dans les pays de l'OCDE, et en partie le déclin des taux réels des droits d'accise.

La structure des taxes sur les carburants automobiles est relativement homogène d'un pays à l'autre, mais pour d'autres taxes écologiques, on constate d'importants écarts. Pour les émissions de NO_x, les taux d'imposition varient selon un rapport de un à plus de cent entre les pays – et de nombreux pays de l'OCDE n'en prélèvent tout simplement pas.

La plupart des taxes écologiques génèrent très peu de recettes. Les bases d'imposition sont souvent très étroites, ce qui limite leur capacité à générer des recettes, même si elles peuvent être très efficaces du point de vue environnemental. Il se peut aussi que les taux d'imposition soient très faibles. À moyen terme, les recettes supplémentaires générées par les taxes sur le carbone et par les enchères de permis d'émission peuvent renforcer le rôle de la fiscalité environnementale dans le budget des États.

*La fiscalité liée à l'environnement encourage
le développement et la diffusion de technologies
et pratiques nouvelles*

Les taxes écologiques incitent à appliquer les technologies existantes de réduction de la pollution, mais aussi à innover car les entreprises et les consommateurs recherchent des solutions nouvelles et plus propres pour éviter de payer le prix attribué à la pollution. Par ailleurs, ces incitations rendent économiquement intéressant, soit pour le pollueur, soit pour l'inventeur externe, d'investir dans les activités de R-D visant à élaborer des technologies et à produire des biens de consommation ayant une empreinte écologique plus faible.

Les études de cas effectuées pour ce projet expliquent comment les taxes écologiques peuvent favoriser l'innovation, et le chapitre 3 réunit quelques-unes des principales conclusions. L'une des difficultés rencontrées lors de ces études était de mesurer l'innovation. Les méthodes les plus fréquentes consistent à examiner les efforts d'innovation déployés par les entreprises en évaluant les ressources qu'elles consacrent aux activités de recherche et développement, ou à analyser les résultats de leurs initiatives d'innovation validées par des brevets. Les études consacrées à l'impact sur l'innovation de la taxe sur le changement climatique adoptée par le Royaume-Uni visant les combustibles fossiles et l'électricité ont mis en évidence le fait que les entreprises assujetties au taux intégral de la taxe déposaient plus de brevets que celles bénéficiant du taux minoré représentant un cinquième du taux normal. Ce résultat donne à penser que la charge induite par la fiscalité environnementale (lourdeur de la taxe) ne nuit pas à la capacité financière des entreprises d'entreprendre des activités d'innovation.

L'innovation prenant de nombreuses formes différentes, comme la capacité d'optimiser les installations disponibles ou d'expérimenter des processus existants, les données relatives aux brevets ou les dépenses de R-D ne sont pas des mesures suffisantes car elles ne rendent pas compte de toutes les facettes de l'innovation. Des mesures plus informelles, comme des entretiens et des analyses au niveau des entreprises, peuvent fournir des informations supplémentaires très utiles. En Suisse, l'imposition d'une taxe sur les composés organiques volatils (COV) – substances à volatilité très rapide qui contribuent à la formation du smog – a concerné une large gamme de petits producteurs, comme les imprimeurs, fabricants de peintures et nettoyeurs de métaux. La plupart de ces sociétés ne disposaient pas de département de R-D et ne développaient pas de concepts se prêtant facilement à un brevet. Néanmoins, des entretiens ont révélé que l'adoption des technologies existantes, couplée à des innovations mineures réalisées par tâtonnements dans les entreprises, a permis de réduire considérablement l'utilisation des COV.

Attribuer un coût à la pollution ouvre la voie à de nombreux types différents d'innovations. Cela confère à la fiscalité un avantage sur d'autres instruments d'action plus contraignants qui ont tendance à mettre l'accent sur l'innovation en bout de chaîne (innovation qui réduit les émissions polluantes, mais pas leur production). Exemple typique : l'épurateur, dispositif placé à l'extrémité d'une cheminée industrielle afin de réduire les émissions. Ces innovations, certes importantes, sont souvent moins efficaces que les mesures qui atténuent la pollution en amont. La variété des actions qui peuvent être induites par la fiscalité encourage un rééquilibrage entre l'adoption de procédés de production plus propres et les mesures de réduction de la pollution en fin de cycle.

Même pour les entreprises qui n'ont pas les ressources ou le goût d'entreprendre des activités de R-D formelles, l'existence de taxes écologiques incite à se doter des dernières technologies déjà développées ailleurs. En Suède, par exemple, l'introduction d'une taxe sur les émissions de NO_x a conduit à une hausse considérable du taux d'adoption des technologies de réduction de la pollution qui existaient déjà : 7 % seulement des entreprises s'étaient équipées de ces technologies la première année de la taxe, contre 62 % l'année suivante.

Le contexte général joue également un rôle important lorsqu'il s'agit de déterminer l'effet de la fiscalité environnementale sur l'innovation : le régime des droits de propriété intellectuelle d'un pays, le système d'enseignement supérieur et les normes culturelles à l'égard de l'innovation sont autant de facteurs qui contribuent aux capacités d'innovation de ce pays. Dans l'étude de cas sur Israël, les innovations dans le secteur de l'eau sont le fruit d'une culture de l'innovation qui s'étend sur plusieurs décennies, outre des prix de l'eau élevés et des taxes dissuasives.

Il convient de remarquer que toutes les études de cas réalisées pour ce projet n'administrent pas la preuve catégorique que la fiscalité environnementale est toujours favorable à l'innovation et à l'adoption de nouveaux procédés technologiques. Par exemple, l'examen dans plusieurs pays des effets sur l'innovation des prix de l'essence et des taxes, réglementations et normes sur les véhicules à moteur constate l'existence de liens entre réglementation des émissions et brevets correspondants, ainsi qu'entre taxes sur les carburants et économies de carburant, mais les résultats ne sont pas entièrement concluants. L'étude sur le Royaume-Uni constate que la taxe sur le changement climatique encourage l'innovation en général, mais pas celle liée spécifiquement au changement climatique. Voici quelques raisons pour lesquelles les analyses empiriques ne mettent pas toujours clairement en évidence les liens entre innovation et fiscalité environnementale :

- Premièrement, le recours aux taxes écologiques (autres que celles prélevées sur les carburants automobiles) est relativement récent, ce qui limite les possibilités d'analyse à grande échelle.
- Deuxièmement, la mesure des effets de la fiscalité environnementale sur l'innovation est beaucoup plus délicate que pour d'autres instruments de politique environnementale. Les approches réglementaires sont souvent contraignantes (en fixant des volumes d'émission maximums ou en imposant des technologies en particulier) et visent des secteurs ou des pollueurs spécifiques. Dès lors, il est assez facile de localiser leurs effets. En revanche, les instruments fiscaux offrent l'avantage de promouvoir des innovations très diverses. Par conséquent, il est beaucoup plus difficile de localiser et d'identifier les innovations potentielles qui résultent des incitations fiscales.
- Troisièmement, la conception des taxes écologiques n'est pas toujours optimale, ce qui peut entraver les activités de dépollution, les décisions d'investissement et les efforts d'innovation.
- Enfin, de nombreux autres facteurs influent sur les efforts d'innovation des entreprises. Lorsque les données disponibles sont limitées, il peut être difficile d'isoler l'effet de la fiscalité.

La conception des taxes peut avoir un effet significatif sur l'innovation subséquente

La conception des taxes écologiques joue un rôle important qui est analysé au chapitre 4. Comme indiqué précédemment, le niveau de la taxe est un facteur déterminant : plus le taux est élevé, plus les incitations à innover seront fortes. Les taxes perçues à proximité de la source effective de pollution (taxes sur les émissions de CO₂ contre taxes sur les véhicules à moteur, par exemple) offrent plus de possibilités d'innovation. Dans certains cas, toutefois, les taxes prélevées directement sur les polluants peuvent être difficiles à administrer car elles nécessitent de superviser des sources nombreuses et disparates.

Un environnement propice à l'innovation, caractérisé par un engagement crédible de la part des pouvoirs publics et par la prévisibilité des taux, est également un élément critique pour encourager l'investissement dans les activités innovantes. À la différence de l'incertitude de marché (comme les cours du pétrole), il est plus difficile de se couvrir contre l'incertitude politique. Comme l'illustre la taxe japonaise sur les émissions de SO_x, l'incertitude entourant la viabilité du système global a eu des effets négatifs sur le dépôt de brevets à long terme, malgré le niveau très élevé de la taxe.

Il faut reconnaître que les considérations tenant à l'économie politique peuvent influencer sur la conception des taxes et avoir une incidence variable sur l'innovation. Au Royaume-Uni, les taux minorés appliqués à certains ménages ou aux secteurs gros consommateurs d'énergie ou exposés aux échanges réduisent considérablement les incitations à créer et adopter des innovations. Au lieu de pratiquer des taux réduits, certains pays ont mis en place des mécanismes de refinancement qui restituent les recettes aux entreprises concernées sur une base de calcul différente de celle utilisée pour la perception de l'impôt. Ces mécanismes préservent l'incitation marginale à lutter contre la pollution (surtout lorsqu'un taux d'impôt plus élevé peut être appliqué grâce à la possibilité de recycler les recettes), mais peuvent affaiblir certaines incitations à innover, surtout lorsque l'innovation est le fait d'un effort collectif. En outre, ils peuvent être en conflit avec le principe du pollueur-payeur en ne renchérissant pas le prix des activités ou des produits polluants.

Les aspects internationaux de la fiscalité environnementale sont importants à prendre en compte. À l'instar de nombreux instruments de politique environnementale, il existe toujours un risque que la charge fiscale soit trop lourde et pousse les entreprises grosses émettrices à transférer leurs activités dans d'autres pays. La coopération et la coordination internationales pour la fixation des taxes environnementales peuvent réduire considérablement ce risque. Elles offrent en outre un avantage supplémentaire sur le plan de l'innovation : le recours aux taxes écologiques optimise la diffusion internationale de l'innovation. Lorsque deux pays imposent des taxes sur le même polluant, une innovation générée dans l'un peut être aisément utilisée dans l'autre. C'est moins évident pour les approches réglementaires généralement plus contraignantes, qui risquent de limiter les possibilités de transférer les innovations d'un pays à l'autre.

Fiscalité et autres instruments d'action peuvent être complémentaires

Des taxes bien conçues attribuent clairement un prix aux atteintes à l'environnement et devraient donc permettre de résoudre pour l'essentiel les problèmes d'externalités écologiques. Toutefois, certains obstacles peuvent nécessiter des instruments d'action supplémentaires. Les consommateurs ne sont pas toujours conscients des répercussions à long terme de leur achat, et les taxes peuvent être sans effet sur certains agents (locataires par exemple) si ce sont d'autres agents (propriétaires par exemple) qui les paient. Ainsi, les campagnes d'information et la réglementation peuvent compléter la fiscalité environnementale et amplifier son impact. Ces complémentarités peuvent se renforcer mutuellement. Néanmoins, un chevauchement entre les taxes et les permis négociables applicables aux mêmes émissions peut être problématique, car l'impôt ne produira en définitive aucun avantage environnemental, voire même conduira certains secteurs à prendre des mesures de réduction inefficaces*.

Certains pays ont cherché à utiliser le système fiscal selon d'autres modalités, par exemple en permettant l'amortissement accéléré ou en réduisant les taux d'imposition de produits respectueux de l'environnement. Ces mesures tentent de réduire le coût des « bonnes » actions au lieu de pénaliser les « mauvaises » actions, et peuvent avoir un effet similaire aux subventions. Néanmoins, elles ont également tendance à privilégier les activités économiques à forte intensité capitaliste au détriment d'approches plus simples. En outre, elles ont un coût et supposent que les pouvoirs publics dégagent des ressources supplémentaires, ce qui pèse sur leurs budgets. Si la fiscalité attribue à la pollution un prix approprié, ces instruments ne sont pas très efficaces, par rapport à leurs coûts, pour inciter à lutter contre la pollution et à innover.

De nombreux pays mènent des politiques d'innovation au sens large, sous des formes parfois très diverses. Ces politiques incluent le soutien aux universités et aux chercheurs, le traitement fiscal favorable des ressources affectées aux projets de R-D et des recettes générées par l'innovation, les régimes de protection de la propriété intellectuelle, etc. Si ces dispositifs sont efficaces pour remédier au manque d'innovation en général, ils doivent l'être aussi pour l'innovation dans le domaine de l'environnement. Des crédits d'impôt ciblés en faveur de la R-D visant à encourager l'innovation environnementale présentent les mêmes inconvénients que d'autres mesures tendant à encourager les « bonnes » actions. Mais surtout, leurs effets sur l'innovation seront limités s'ils constituent le seul instrument de politique en faveur de l'innovation environnementale : en l'absence de coût attribué à la pollution, l'adoption des technologies générées par les crédits d'impôt en faveur de la R-D ne procure pas d'avantage à l'adoptant. Adopter une innovation n'est avantageux qu'à condition que d'autres coûts s'en trouvent réduits. Par exemple, une entreprise n'investira vraisemblablement pas, quel que soit le niveau du crédit d'impôt, dans une technologie qui a pour seul effet de réduire les émissions de carbone si ces émissions ne lui coûtent rien au départ. C'est uniquement si la technologie peut faire économiser de l'argent à l'entreprise (réduire les émissions de carbone en augmentant

* Les taxes peuvent jouer un rôle lorsqu'elles sont associées à des permis négociables adjudiqués gratuitement. Si elles portent exactement sur les mêmes émissions que celles couvertes par le régime de permis négociables, les taxes abaisseront le prix des permis mais récupéreront une partie des gains inattendus perçus par les entreprises du fait qu'elles n'ont pas à acheter leurs permis aux enchères, ce qui peut être souhaitable du point de vue de l'équité.

l'efficacité énergétique) qu'un crédit d'impôt pour R-D donnera une impulsion supplémentaire et contribuera à atténuer les dommages sur l'environnement.

La fiscalité environnementale soutient vigoureusement la production d'innovations immédiatement commercialisables, mais les projets à long terme et beaucoup plus risqués nécessaires aux percées scientifiques se heurtent toujours à des obstacles – incertitude politique et de marché, accès au capital et économies d'échelle – même si l'imposition de tous les polluants est optimale. Par conséquent, les politiques générales d'innovation n'apportent pas toujours une réponse adéquate aux problèmes écologiques spécifiques. Des crédits d'impôt supplémentaires en faveur de la R-D ciblant les résultats environnementaux favoriseraient probablement l'innovation, mais pas dans les domaines fondamentaux requis. Des mesures non fiscales peuvent être nécessaires, comme le financement public des projets de recherche fondamentale visant à élaborer des technologies radicalement nouvelles.

Par conséquent, l'approche optimale consiste à mener une politique résolue qui remédie aux multiples atteintes à l'environnement; les taxes prélevées directement sur les activités préjudiciables à l'environnement doivent jouer un rôle déterminant. La fiscalité doit s'efforcer de remédier aux dommages écologiques, mais pas plus, et notamment ne pas tenter de résoudre les problèmes d'innovation. Parallèlement, les politiques générales en faveur de l'innovation doivent s'attaquer au manque d'innovation (y compris dans le domaine de l'environnement).

Les pratiques exemplaires pour le déploiement d'une fiscalité liée à l'environnement prennent en compte un large éventail de facteurs

En s'appuyant sur les résultats de la présente étude et sur d'autres enseignements tirés par les pays de l'OCDE, le chapitre 5 expose un ensemble de pratiques exemplaires à l'intention des décideurs. Le potentiel d'utilisation des taxes écologiques dans les pays de l'OCDE est considérable, surtout pour s'attaquer au changement climatique. Le champ d'application et la conception de ces taxes doivent faire l'objet d'une analyse minutieuse. Pour être efficaces, les taxes écologiques doivent couvrir toutes les sources et tous les niveaux de pollution, et les pouvoirs publics ne doivent pas craindre d'imposer une taxe permettant de remédier pleinement au défi environnemental. Même si les taux de ces taxes doivent refléter un large éventail de facteurs potentiellement fluctuants, ils doivent néanmoins être relativement prévisibles afin de conforter les décisions d'investissement et de réduction de la pollution.

En pratique, la mise en œuvre d'une fiscalité environnementale peut impliquer d'importants enjeux tenant à l'économie politique. Les préoccupations suscitées par la nature potentiellement régressive des taxes, notamment sur l'eau et l'énergie, peuvent inciter les pouvoirs publics à réviser leur structure afin d'alléger la charge qui pèse sur les ménages à faible revenu. Bien que la progressivité soit un facteur à prendre en compte, c'est la progressivité de l'ensemble du système fiscal et social qui est importante. Il convient donc d'y répondre par des moyens autres que la taxe environnementale proprement dite (diminution de l'impôt sur le revenu des personnes physiques, crédits d'impôt sur les revenus du travail, augmentation des prestations sociales, etc.). En outre, il existe un risque que la fiscalité environnementale incite les entreprises à transférer leurs

activités très polluantes et exposées aux échanges internationaux dans un pays où ces taxes sont plus faibles ou inexistantes. Il n'est pas rare que ces activités bénéficient de taux réduits. Néanmoins, la coopération internationale offre la meilleure solution pour surmonter ce risque – élaborer des politiques environnementales analogues dans tous les pays. Enfin, les citoyens de certains pays sont souvent sceptiques à l'égard des taxes écologiques, qu'ils assimilent à un impôt détourné dont ils ne perçoivent pas pleinement la finalité. Une stratégie de communication efficace et des porte-paroles crédibles (constitution d'une commission chargée de la fiscalité verte, par exemple) peuvent contribuer à remédier à quelques-uns de ces problèmes.

Chapitre 1

Introduction

Ce chapitre d'introduction expose les raisons pour lesquelles un marché non réglementé crée trop de pollution et trop peu d'innovation, la combinaison de ces deux aspects impliquant que l'innovation liée à l'environnement est doublement insuffisante. Il montre que ce type d'innovation est essentiel pour atteindre les objectifs environnementaux au moindre coût. Les points examinés sont le processus d'innovation, ses moteurs et le rôle des pouvoirs publics et de l'industrie. Le chapitre examine en conclusion le rôle que joue la fiscalité dans la correction de ces deux défaillances du marché.

Les défis auxquels l'environnement est confronté ont aujourd'hui une dimension planétaire. La croissance démographique et l'expansion économique accroissent les pressions sur l'environnement. Dans le même temps, le développement économique et l'augmentation des revenus réels qui l'accompagne dans de nombreux pays créent également un effet de richesse verte, c'est-à-dire que les individus souhaitent consacrer une plus grande proportion de leur richesse à la protection de l'environnement. Cet intérêt, de plus en plus marqué et associé à la volonté de payer pour la préservation et la protection de l'environnement, n'est pas sans limites : réaliser les objectifs environnementaux fixés de manière efficiente et à faible coût reste une priorité majeure. L'innovation est un élément clé dans la mesure où il sera beaucoup plus coûteux d'accomplir des objectifs environnementaux ambitieux avec la technologie et le savoir-faire d'aujourd'hui que de recourir à des solutions entièrement nouvelles au cours des années et décennies à venir. La conception et la mise en œuvre d'idées et de technologies nouvelles pour faire face aux problèmes environnementaux actuels sont déterminantes. Dans le même esprit, Jaffe et Stavins (1990) suggèrent que « l'incidence des politiques publiques sur le changement technologique peut faire partie, à long terme, des principaux déterminants de la réussite ou de l'échec de la protection de l'environnement. »

La présente étude porte sur un aspect particulier de la politique environnementale, la fiscalité environnementale, et examine son influence sur le processus d'innovation. Dans ce contexte, l'important n'est pas seulement la mise au point d'innovations, mais aussi leur adoption par les entreprises.

1.1. La double défaillance du marché : pas assez d'innovations et trop de pollution

Les États s'intéressent à l'innovation environnementale pour la simple raison que les mécanismes de marché ne fonctionnent pas parfaitement. L'environnement et l'innovation sont des domaines qui connaissent des problèmes économiques classiques. Les citoyens qui sont « propriétaires » de l'environnement et qui veulent moins de pollution devraient, en principe, faire payer les pollueurs pour les dégradations causées à leurs biens. Un accord conclu entre les parties devrait permettre de résoudre le problème. De toute évidence, ce n'est pas ce qui se produit. Dans le monde réel, il y a trop de pollution parce que polluer ne coûte rien et qu'il n'est pas possible de faire valoir des droits de propriété en cas d'atteintes à l'environnement.

En ce qui concerne l'innovation, les inventeurs devraient, en principe, avoir une vision parfaite des perspectives futures et disposer de tous les financements nécessaires. Par ailleurs, ils devraient pouvoir tirer tous les avantages de monopole résultant de leur invention. Là encore, cette situation n'existe pas dans le monde réel et il y a donc pénurie d'innovation. Ces contraintes du marché, associées aux externalités de connaissances, réduisent le rendement potentiel de l'innovation. Jaffe et al. (2005) considèrent que,

globalement, l'innovation environnementale et le changement technologique induits par le marché sont insuffisants.

1.1.1. Une offre d'innovation insuffisante

L'innovation joue un rôle majeur dans le soutien de la croissance économique à long terme. De nouveaux produits, des processus plus efficaces ou des méthodes de gestion novatrices peuvent ouvrir de nouvelles perspectives commerciales et améliorer la rentabilité des entreprises innovantes. Dans le domaine de la santé, l'innovation peut entraîner des progrès décisifs de la médecine; dans le secteur des transports, elle peut conduire à la production de voitures plus sûres et plus fiables; dans le commerce de détail, elle offre au consommateur un plus large choix de produits à des prix plus bas. Fondamentalement, l'innovation élargit le spectre des possibilités et conduit à une affectation plus efficace des ressources disponibles.

Les imperfections du marché créent des conditions qui ne permettent pas d'atteindre le niveau d'innovation optimal. Mais comment savoir où se situe ce niveau « optimal »? Sur un marché parfaitement efficace, les entreprises investissent dans des processus qui aboutissent (du moins l'espèrent-elles) à des innovations. Les avantages escomptés ou le taux de rendement qui revient à l'inventeur déterminent le niveau d'investissement initial. Plus le taux de rendement escompté est élevé, plus l'investissement initial est important. Sur un marché au fonctionnement parfait où tous les droits de propriété sont garantis, l'entreprise perçoit tous les avantages de l'innovation. Ainsi, le taux de rendement de l'entreprise (c'est-à-dire le taux de rendement privé) serait égal au taux de rendement de l'économie entière (c'est-à-dire le taux de rendement social incluant celui de l'inventeur) puisque l'entreprise pourrait obtenir la totalité des avantages.

Néanmoins, le marché comporte des imperfections qui font obstacle au développement de l'innovation et empêchent l'inventeur de prévoir quelle sera la valeur de l'innovation.

- *Information incomplète* : pour que la création et le développement de produits et de processus innovants soient couronnés de succès, il est essentiel de bien cerner quelles possibilités offrira l'innovation en question. Très souvent cependant, la transmission de l'information entre les acteurs économiques est imparfaite ou des incertitudes entourent les résultats des efforts déployés. De ce fait, l'information incomplète peut constituer un obstacle qui explique que le niveau d'innovation soit inférieur à l'optimum social. La prévisibilité du cadre des politiques mises en œuvre est également un élément primordial. S'il existe une fiscalité environnementale ou des systèmes de permis négociables, par exemple, les modifications du taux d'imposition ou des quotas attribués peuvent influencer sur le taux de rendement escompté d'une entreprise. Les incertitudes liées au marché constituent également un élément non négligeable dans toute décision d'entreprendre. Investir dans des activités de recherche et développement ou dans des technologies qui n'ont pas encore fait leurs preuves implique des impondérables susceptibles de nécessiter un relèvement du taux de rendement minimal permettant de survivre, surtout si un financement externe est sollicité¹.
- *Économies d'échelle* : Il existe probablement des possibilités de réaliser des économies d'échelle au niveau des intrants de l'innovation, qui sont principalement les investissements en R-D. L'acquisition d'infrastructures physiques (indivisibles pour la plupart) et le recrutement du personnel affecté à la recherche ont certainement des taux

de rendement nettement plus élevés si l'investissement initial est plus important, ce qui accroît le taux de rendement minimal de l'investissement.

Deuxièmement, de par la nature de l'innovation, qui est à la base une idée, le marché ne permet pas à l'inventeur d'en récolter tous les fruits. Plusieurs raisons l'expliquent, notamment :

- *Externalités du savoir* : étant donné qu'un inventeur ne peut pas empêcher complètement que d'autres bénéficient, directement ou indirectement, de son invention, ces retombées du savoir réduisent le taux de rendement privé. On peut donc considérer que, le taux de rendement social restant le même, en ce sens que l'économie dans son ensemble profite de l'innovation, mais le taux de rendement privé diminue car l'entreprise ne peut pas internaliser certains avantages. Comme ce sont les entreprises qui décident des projets à engager, la baisse du taux de rendement privé laisse penser que le nombre de projets engagés est plus faible que si le taux de rendement social était déterminant. Il s'ensuit que l'offre d'innovation est inférieure à l'optimum social. Les pouvoirs publics ont mis en place des instruments qui permettent aux inventeurs de s'approprier une fraction plus élevée de la valeur de leurs inventions. Il peut arriver que d'autres inventeurs, s'inspirant de l'idée initiale, lancent des projets pour lesquels le titulaire du brevet ne sera pas rémunéré. Dans d'autres cas, des idées peuvent tout simplement ne pas être protégées par un brevet et, par conséquent, être copiées par des concurrents.
- *Externalités liées à l'utilisation* : souvent, la valeur d'un produit ou processus innovant augmente avec son utilisation, c'est-à-dire que les rendements sont dynamiques et croissants en fonction de l'utilisation. L'usage qui en est fait et/ou la fabrication du produit s'améliorent et ce savoir peut se diffuser, générant des externalités positives profitant à d'autres utilisateurs. Elles sont principalement de deux types :
 - ❖ *L'apprentissage par l'utilisation* : les nouveaux utilisateurs d'une technologie apprennent à faire un usage plus efficace de l'innovation, l'adaptent et l'intègrent à leurs pratiques habituelles. Dans certaines circonstances, cet apprentissage peut constituer une source d'information pour d'autres utilisateurs et générer alors des externalités.
 - ❖ *L'apprentissage par la pratique* : de manière très similaire, mais au niveau de la production, les fabricants réalisent des gains d'efficacité en reproduisant des technologies existantes. Si d'autres fabricants ont connaissance de ces gains, ils constituent un transfert de richesse intellectuelle irrécupérable en leur faveur.

D'autres personnes peuvent aussi se contenter d'adopter une technologie existante. Même si elles ne conçoivent pas de meilleures façons de l'utiliser, le seul fait de l'employer procure à d'autres des avantages qui peuvent être assimilés à des externalités de réseau. Cela signifie que l'utilisation d'une technologie par d'autres personnes accroît son utilité parce que la valeur du produit augmente. Les téléphones et les réseaux sociaux sont des exemples classiques. En général, il n'est pas possible de capter ces gains qui génèrent donc des externalités positives en faveur d'autres utilisateurs.

Ces diverses imperfections du marché ainsi que d'autres contraintes montrent clairement que le niveau d'innovation effectif est inférieur à l'optimum social, à moins d'adopter des politiques publiques visant à stimuler l'innovation. Ces défaillances du marché n'influencent pas seulement sur le niveau d'innovation et le changement technologique, mais peuvent aussi se répercuter sur le type d'innovations réalisées. Le spectre de l'innovation est infini, et peut aller d'innovations procurant d'importants

avantages publics (comme la recherche fondamentale sur la fusion nucléaire, par exemple) à des innovations générant des avantages privés importants (un mode de production plus efficace qui peut être breveté et appliqué par un monopoleur). Les entreprises privilégient les innovations offrant plus d'avantages privés. En raison des problèmes d'appropriation, de l'incertitude de certains projets à très long terme et des défaillances du marché, les innovations ayant un caractère public plus marqué sont encore moins nombreuses que celles ayant une dimension privée plus prononcée.

L'innovation est essentielle et les pouvoirs publics connaissent depuis longtemps les causes de son insuffisance. Un grand nombre d'initiatives et de programmes publics destinés à encourager le changement technologique ont été lancés. Cette stratégie s'articule autour de cinq principaux axes (le premier porte sur l'environnement de l'innovation en général, et les quatre autres concernent plus directement la question des externalités).

- *Créer un environnement favorable aux entreprises et à l'innovation* : réduire les obstacles à la création et la commercialisation d'innovations et veiller à ce qu'elles dégagent des rendements appropriés crée un contexte général propice à l'innovation par les entreprises. Ces mesures viennent compléter un environnement qui encourage les activités innovantes en général, tel qu'il existe dans une société axée sur la recherche et ouverte aux nouvelles technologies.
- *Protection des brevets* : les régimes des droits de la propriété intellectuelle offrent une protection juridique aux créateurs de propriété intellectuelle pendant un certain nombre d'années; cependant, ces structures ne sont pas parfaites et ne peuvent pas empêcher toutes les fuites d'informations.
- *Soutien direct à la recherche fondamentale* : les États investissent directement dans la recherche fondamentale menée par des laboratoires publics et des centres de recherche ou par le biais d'organismes qui octroient des subventions. Ils peuvent aussi subventionner les efforts de R-D d'entreprises privées, soit directement, soit dans le cadre de co-entreprises constituées avec des établissements d'enseignement supérieur.
- *Offre de chercheurs* : les États contribuent à l'offre de chercheurs en créant des postes dans les universités. L'objectif est double : créer un environnement plus propice à l'innovation et augmenter les budgets de R-D de façon à disposer d'un excédent une fois financées les augmentations de salaires.
- *Mesures fiscales en faveur de la R-D* : la plupart des pays de l'OCDE ont recours aux incitations fiscales en faveur des activités de R-D afin de soutenir l'innovation en surmontant les problèmes mentionnés plus haut. Ces mesures visent en général à réduire le coût marginal du capital pour les entreprises² en offrant des crédits d'impôt au titre des dépenses de R-D ou un traitement favorable pour les dépenses de capital ou de personnel.

Pour neutraliser les écarts entre les taux de rendement sociaux et privés, les régimes de protection des brevets tentent d'internaliser pleinement les externalités positives en augmentant les revenus de l'inventeur, mais ils n'ont aucun effet sur les coûts de l'innovation. En revanche, les crédits d'impôt ou les aides en faveur de la R-D sont les seuls instruments qui permettent de réduire les coûts de l'innovation, mais ils ne visent pas à augmenter les revenus de l'inventeur. Ces deux types de mesures sont susceptibles de générer des économies d'échelle dans la mesure où ils rapprochent le taux de rendement privé du taux de rendement social. La différence entre les deux approches est que, même

si les deux mécanismes ont pour but d'accroître le rendement des efforts d'innovation (en se rapprochant du taux de rendement social), les crédits d'impôt en faveur de la R-D le font sans internaliser les externalités et préservent donc les retombées positives de l'innovation qui bénéficient à l'économie dans son ensemble. Trouver le juste équilibre, compte tenu des autres pressions qui s'exercent sur les pouvoirs publics, reste un délicat problème.

Pour les États qui s'efforcent d'internaliser pleinement les externalités d'innovation, les choses ne sont pas si évidentes. D'un côté, ils doivent veiller à ce que les innovateurs puissent internaliser une grande partie des gains générés par leurs inventions afin de créer des incitations à innover. D'un autre côté, les retombées de l'innovation ont un effet positif sur le reste de l'économie, en apportant un élan et des idées qui favorisent la croissance future et des innovations supplémentaires. Cela est vrai tout particulièrement dans des domaines comme l'environnement. Les pouvoirs publics doivent donc trouver le juste équilibre entre ces deux objectifs, et l'utilisation de différents instruments dans le cadre de leur politique d'innovation est sans doute nécessaire.

1.1.2. L'excès de pollution et la surexploitation des ressources

À la différence de l'offre insuffisante d'innovation, les forces qui s'exercent sur un marché non réglementé ont pour effet de créer un excès de pollution dans l'économie. En l'absence de véritables droits de propriété liés à l'environnement, les pollueurs ne sont pas obligés de tenir compte des dommages qu'ils causent à l'environnement³. Les effets de la pollution ne se limitent pas à l'entreprise, mais touchent la société en général dont les préjudices ne sont pas indemnisés (externalités négatives). Dans un scénario optimal, les entreprises polluantes opéreraient pour un niveau de production auquel le coût marginal de réduction des émissions serait égal à la valeur marginale de l'environnement pour la société, c'est-à-dire la valeur d'une unité de pollution supplémentaire. En l'absence de mécanismes efficaces permettant de convertir la valeur de l'environnement pour la société en une contrainte économique imposée aux entreprises, les émissions polluantes se poursuivront tant que le coût marginal pour l'entreprise sera nul (aussi longtemps qu'elle pourra polluer gratuitement). Cela veut dire qu'elle polluera jusqu'au moment où ce ne sera plus économiquement rentable pour elle, c'est-à-dire bien au-delà de l'optimum pour la société.

Les pouvoirs publics disposent d'une gamme d'instruments pour remédier aux problèmes environnementaux. Par le passé, certaines politiques reposaient sur des réglementations prescriptives qui limitaient la marge de manœuvre des entreprises et l'éventail des mesures de lutte contre les émissions, mais qui fournissaient aussi des orientations claires en vue de réduire la pollution. Ces dernières années, les pays se sont tournés vers des stratégies davantage axées sur le marché.

- *Les approches réglementaires* : appelées également approches « normatives », elles fixent traditionnellement des plafonds et/ou imposent des méthodes à certains secteurs d'activité. Il peut s'agir de limites à l'intensité des émissions, de décrets imposant des technologies ou de limitations d'émissions en termes absolus. Elles visent des secteurs ou des caractéristiques spécifiques de produits et concernent, en général, les plus grandes entreprises des secteurs concernés.
- *Les approches volontaires* : les pouvoirs publics peuvent également entretenir des relations de coopération avec des partenaires dans un secteur d'activité en vue de parvenir à des

accords contraignants ou non contraignants concernant les émissions ou bien établir des programmes auxquels les entreprises peuvent participer sur une base volontaire, ce qui limite le besoin de légiférer.

- *Les instruments économiques* : ces instruments reposent sur l'émission de signaux de prix destinés à inciter les entreprises à trouver un moyen de réduire les émissions au moindre coût, en attribuant un coût à l'activité causant des dommages environnementaux. Ils peuvent prendre la forme d'une taxe sur les polluants, d'une taxation indirecte de la pollution ou d'un système d'échange de droits d'émissions qui attribue par voie d'enchères ou gratuitement des permis qui donnent à leur titulaire le droit de polluer (ou qui attribue des « crédits » d'émissions aux pollueurs qui diminuent leurs émissions au-delà d'un plancher). En règle générale, ces permis et crédits peuvent être échangés ou mis en réserves pendant une certaine période et ont des caractéristiques et des effets très similaires à ceux des taxes.
- *Subventions* : au lieu de tenter de réduire la pollution en taxant les « mauvaises » actions, les pouvoirs publics peuvent aussi subventionner les « bonnes » actions. En réduisant le coût d'initiatives ou de produits respectueux de l'environnement, on peut influencer sur la structure de l'offre et de la demande.
- *Informations* : en complément des mesures citées plus haut, les pouvoirs publics mènent souvent des campagnes d'information et de sensibilisation aux problèmes liés à la protection de l'environnement. Elles peuvent prendre la forme de messages publics incitant les citoyens à adopter des comportements écologiques ou fournir des informations plus détaillées sur les choix de consommation à préconiser pour protéger l'environnement, par exemple en donnant des renseignements détaillés sur la consommation d'énergie et les coûts prévus sur la durée de vie de certains appareils. Ces renseignements, qui sont en général difficiles à obtenir par le consommateur ou à comparer entre les différentes solutions proposées, peuvent contribuer à surmonter les obstacles liés à l'information et à renforcer la fiscalité environnementale sur l'énergie, par exemple⁴.

Il est difficile de déterminer les meilleurs instruments de politique environnementale compte tenu de la diversité des paramètres et de la persistance de certains obstacles à la mise en œuvre d'une politique optimale. Il est primordial de s'assurer que les instruments de politique environnementale procurent les résultats escomptés au coût le plus bas (ce qui implique d'encourager toutes les possibilités de réduire les émissions à tous les niveaux de pollution). Du point de vue théorique en particulier, la fiscalité environnementale et les systèmes de plafonnement et d'échange sont considérés comme un choix optimum puisqu'ils permettent d'obtenir les deux efficacités décrites plus haut (plus encore si la localisation précise de l'activité polluante est d'importance limitée). Toutefois, les lourdeurs administratives, les contraintes en matière d'information et les pressions tenant à l'économie politique ainsi que d'autres considérations engendrent des situations dans lesquelles d'autres instruments peuvent fournir de meilleurs résultats. Pour ces raisons, d'autres approches de la fiscalité environnementale (seule ou combinée à d'autres mesures) sont parfois plus efficaces.

1.2. Innovation et protection de l'environnement efficiente et à faible coût

Des avancées ou percées technologiques peuvent réduire considérablement les coûts liés à la réalisation d'objectifs environnementaux ou permettre d'atteindre des objectifs

environnementaux ambitieux au même coût. Ces innovations peuvent être de portée limitée, par exemple dans le cas d'une entreprise qui adopte une nouvelle méthode de calibrage des équipements industriels permettant de réduire les émissions polluantes, ou plus radicales comme le développement de sources d'énergie de substitution.

1.2.1. Pourquoi l'innovation doit jouer un rôle essentiel dans la politique de l'environnement

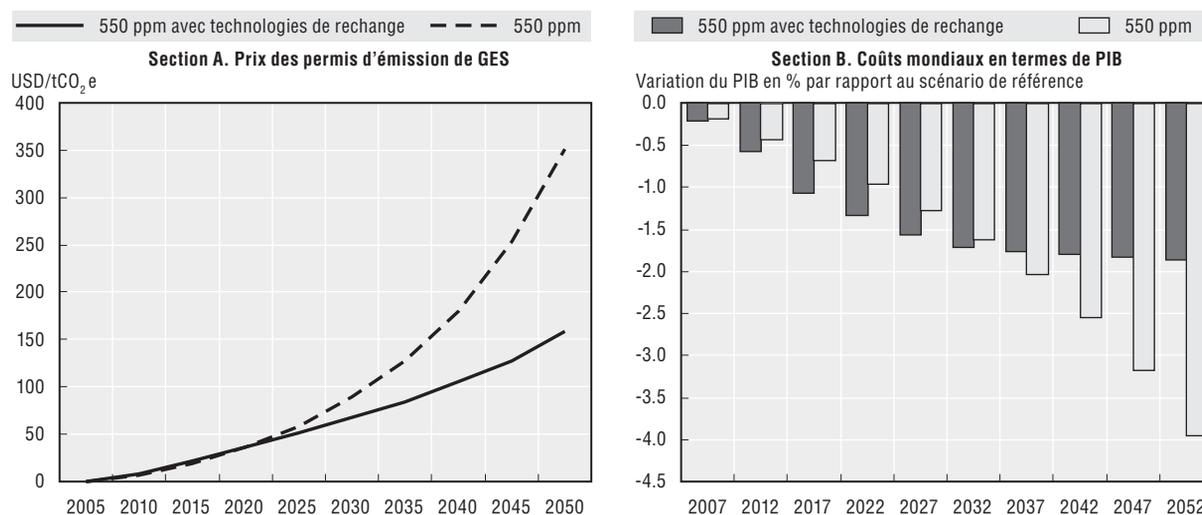
Les économistes créent des modèles de changement climatique, comme celui emblématique qui modélise les effets de l'innovation sur le coût économique des actions menées. Les résultats obtenus présentent des écarts considérables, mais ils ont en commun de montrer que l'innovation contribue grandement à réduire l'impact financier des mesures à mettre en œuvre pour faire face aux problèmes environnementaux. Popp (2004) a créé un modèle dans lequel l'innovation découle des nouvelles mesures environnementales. L'innovation entraîne une augmentation de 10 % du bien-être dans un scénario de taxe carbone optimale, qui résulte essentiellement d'économies de coût plutôt que d'améliorations environnementales supplémentaires. Gerlagh et Lise (2005) concluent qu'un modèle de changement climatique qui prend en compte le changement technologique avec une taxe carbone constante génère des réductions d'émissions trois fois plus importantes qu'un modèle qui ne tient pas compte de l'innovation. Kemfert et Troung (2007) estiment que la prise en compte du changement technologique induit atténue considérablement les effets négatifs sur le PIB des mesures de lutte contre le changement climatique. De même, Gerlagh (2008) estime qu'en intégrant le changement technologique dans son modèle, la taxe carbone optimale est inférieure de moitié à ce qu'elle serait dans un scénario d'où l'innovation serait absente.

Dans le modèle construit par l'OCDE, l'innovation potentielle a un impact important sur les coûts et l'incidence des politiques d'atténuation du changement climatique, comme l'illustre le graphique 1.1. Dans l'hypothèse de deux technologies marquant un progrès décisif (le modèle pose comme hypothèse que ces technologies qui ne sont pas déterminées et pas encore mises au point seront viables dans le futur), les efforts plus onéreux de réduction de la pollution découlant de l'innovation progressive (qui a des coûts marginaux supérieurs) n'ont plus lieu d'être. En conséquence, l'incidence négative des politiques de lutte contre le changement climatique sur le PIB en 2050 est réduite de moitié et le prix du carbone (sous l'effet des taxes ou des permis négociables) requis pour parvenir à un objectif de stabilisation de 550 ppm pour les gaz à effet de serre baisse considérablement. L'effort à fournir et les ressources nécessaires à court terme pour développer ces technologies radicalement nouvelles sont plus importants que si on s'en remet uniquement à l'innovation progressive, avec des effets à court terme plus marqués sur le PIB. Toutefois, à plus long terme, ces investissements dégagent des dividendes importants puisqu'ils stabilisent efficacement les pertes en termes de PIB. Par conséquent, il est essentiel de connaître les éléments qui favorisent l'innovation. Pour commencer, il faut avoir une bonne compréhension du processus en question.

1.2.2. Le processus d'innovation

On distingue trois phases dans l'innovation : la conception et la mise au point, son adoption (ou diffusion) dans l'économie et enfin son transfert entre les pays. Les sections suivantes examinent le mode de fonctionnement du processus et l'intérêt qu'il présente.

Graphique 1.1. **Effets estimés de l'innovation**
Prix estimés des permis d'émission et coûts en termes de PIB



Notes : Les émissions d'autres gaz que le CO₂ ne sont pas prises en compte par le modèle utilisé dans cette analyse et sont donc exclues de ces simulations. Le scénario de stabilisation de la concentration des gaz à effet de serre à 550 ppm utilisé ici est en fait un scénario à 450 ppm de CO₂ seulement et les prix des gaz à effet de serre sont les prix du CO₂. La stabilisation de la concentration de CO₂ à 450 ppm correspond à la stabilisation de la concentration globale des gaz à effet de serre à environ 550 ppm.

Source : OCDE (2009a).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932323449>

Par ailleurs, l'OCDE a défini une stratégie pour l'innovation (OCDE, 2010) qui répond globalement aux problèmes d'innovation.

Le développement et les moteurs de l'innovation sont des éléments qui, sur le plan théorique, sont bien connus (voir OCDE (2009b) pour un examen plus complet de cette question). D'une part, certains facteurs du côté de la demande stimulent l'innovation tirée par le marché. Les consommateurs, en réponse à des influences et appétences diverses, alimentent une demande pour des avancées technologiques (et encouragent la concurrence à fournir des biens et services existants à moindre coût). Les entreprises réagissent en investissant dans la R-D et en déployant rapidement des innovations. Ces innovations issues d'une demande tirée par le marché sont généralement plus élaborées et prêtes à être commercialisées, et les entreprises sont plus confiantes dans leurs possibilités de remporter un succès commercial. Ces innovations résultant d'une demande tirée par le marché sont en général le produit de deux facteurs :

- Les pressions concurrentielles s'exerçant sur un marché qui fonctionne correctement constituent le principal moteur de l'activité novatrice. La mise au point de nouveaux produits permettant d'obtenir un avantage sur le marché peut fortement inciter à investir dans l'innovation. L'industrie de haute technologie constitue un excellent exemple dans lequel le développement quasi constant de produits est crucial pour la réussite d'une entreprise.
- Adapter les processus en place et fabriquer les produits existants de manière plus efficiente en réduisant le coût des intrants peut permettre aux entreprises de remporter des parts de marché supplémentaires grâce à des prix plus compétitifs. C'est surtout vrai dans des industries où la production est relativement homogène, comme la production d'électricité.

D'autre part, les innovations poussées par la technologie ou par les produits interviennent généralement à un stade beaucoup plus précoce et sont davantage influencées par des facteurs liés aux stratégies des entreprises ou aux politiques publiques, tels que l'orientation des politiques de R-D ou la curiosité des chercheurs et des ingénieurs. Comme ces innovations potentielles n'ont pas forcément de retombées commerciales immédiates ou s'apparentent davantage à la recherche fondamentale (ce qui peut ensuite favoriser d'autres innovations), les politiques et financements publics jouent habituellement un rôle important dans ce domaine.

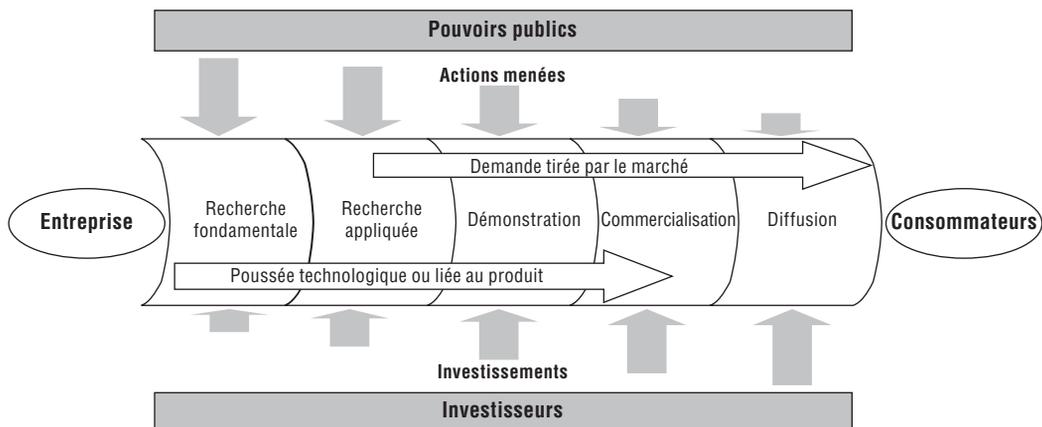
Comme l'indique le graphique 1.2, l'influence des pouvoirs publics s'atténue à mesure que l'innovation se situe à un stade de développement et de diffusion plus proche de la maturité. Ce sont alors les investisseurs qui jouent un rôle de plus en plus déterminant pour commercialiser l'innovation ou réagir à la demande des consommateurs.

Le processus effectif de création de l'innovation n'est pas si simple que semble l'indiquer le graphique 1.2. Chaque étape du processus a une incidence sur les autres étapes, tant pour l'innovation en question que pour d'autres innovations. Les relations entre la base de connaissance, le processus de création et le processus de développement créent un modèle d'innovation « en chaîne » (Kline et Rosenberg, 1986). Le graphique 1.3 présente ce modèle qui tient compte du fait que les idées apportées par des utilisateurs en phase de développement peuvent avoir des implications sur les éléments fondamentaux de l'innovation et même induire de nouvelles innovations. Ce modèle de va-et-vient qui alterne démarrages et arrêts reflète bien le caractère généralement mouvementé, non programmé et coopératif de la mise au point d'innovations.

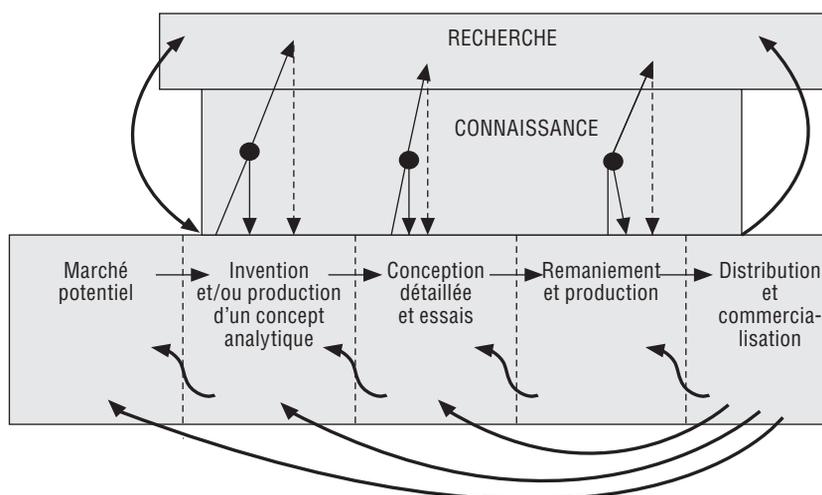
Ce modèle montre que l'innovation est un domaine beaucoup plus vaste qu'un de ses principaux vecteurs de développement, à savoir les activités de R-D. L'innovation ne se limite pas au développement d'idées au sein de l'entreprise par une équipe de spécialistes, suivi de leur commercialisation au profit de l'entreprise. L'innovation est une démarche pluridisciplinaire et coopérative qui sort du périmètre de l'entreprise. Elle s'appuie sur une expertise que détiennent différents acteurs dans d'autres domaines. Les innovations

Graphique 1.2. Moteurs de l'innovation

Innovation tirée par le marché par opposition à l'innovation poussée par la technologie ou par les produits



Source : Foxon (2003).

Graphique 1.3. **Modèle d'innovation en chaîne**

Source : Kline et Rosenberg (1986).

proprement dites peuvent être utilisées par de nombreux acteurs, dans l'entreprise, dans le secteur d'activité et au-delà.

Les relations et facteurs mis en lumière dans les graphiques 1.2 et 1.3 interagissent avec de nombreuses forces qui déterminent ou guident le rythme et l'orientation de l'innovation. Un contexte favorable à l'innovation peut influencer les personnes qui décident d'investir dans des activités de ce type. Les marchés où la réglementation est moins pesante semblent produire davantage d'innovations (Jaumotte et Pain, 2005). Un contexte macroéconomique stable (caractérisé notamment par des taux d'intérêt stables et relativement bas) est une condition tout aussi importante qui offre certaines garanties de récolter à l'avenir les fruits d'une innovation (OCDE, 2006). Enfin, l'offre de professionnels et de chercheurs de haut niveau peut stimuler les activités innovantes. L'existence d'un monopole a des effets ambigus sur l'innovation, dans la mesure où un marché fortement concurrentiel incite à innover pour accroître l'efficacité alors que les structures monopolistiques incitent fortement à innover pour réaliser des bénéfices (Howitt, 2009).

Il semble que le contexte social, économique et matériel dans lequel s'inscrit le développement technologique influe également sur l'innovation (OCDE, 2009b). Par exemple, les infrastructures en place et le niveau scientifique sur lesquels repose l'innovation, les institutions financières et réglementaires, les aspects culturels liés à l'acceptation et l'encouragement de l'innovation et les facteurs politiques diffèrent d'un pays à l'autre et exercent une influence particulière. La convergence de ces facteurs peut créer un contexte favorable, susceptible de fournir un solide appui à l'innovation. À titre d'exemple, une étude réalisée par Johnstone *et al.* (2010) concernant l'incidence de divers facteurs sur le dépôt de brevets dans le domaine des énergies renouvelables a révélé que le facteur prépondérant (mesuré par l'élasticité) était la capacité générale d'invention d'un pays qui joue un rôle plus important que les prix d'achat, les taxes, les dépenses de R-D ou bien d'autres facteurs.

L'innovation ne peut pas déployer tout son potentiel si elle reste une idée; il est primordial de dépasser la phase de création et de mise au point. L'adoption (ou la diffusion) repose sur la propagation de l'information entre les acteurs économiques, souvent selon

un modèle de diffusion en S qui s'apparente au modèle de propagation des épidémies. Le processus peut être relativement lent et durer plusieurs années entre l'utilisation initiale et une pénétration importante du marché (Stoneman, 2001). L'adoption d'une innovation est par conséquent une condition nécessaire mais elle se heurte à différentes difficultés et contraintes. Elle dépend de plusieurs facteurs : demande des consommateurs, prix des intrants, politiques publiques et coût des autres technologies. Beaucoup d'obstacles auxquels se heurte la création de produits et processus innovants pèsent aussi sur leur adoption. Cependant, il existe parfois d'autres obstacles à l'adoption d'une technologie qui sont liés au fait que les innovations ne sont pas toujours immédiatement acceptées.

Le verrouillage technologique peut agir comme un obstacle infranchissable pour les nouveaux innovateurs. Fortes de leur succès, les innovations précédentes ont fini par dominer le marché. Les innovations nouvelles sont confrontées à la perspective de devoir surmonter cette inertie. Pour y parvenir, des investissements considérables peuvent être nécessaires sur plusieurs fronts à la fois. Par exemple, il ne suffit pas que les consommateurs considèrent l'acquisition d'un véhicule à hydrogène comme un investissement intelligent; il doit également exister un réseau de stations de recharge pour que les usagers franchissent le pas. Le verrouillage technologique des combustibles liquides représente un obstacle important pour les innovations de substitution.

Les consommateurs peuvent parfois avoir des taux d'actualisation très élevés⁵, et privilégier l'acquisition de biens à faible coût (impliquant des coûts d'utilisation supérieurs) au détriment de biens ayant un prix plus élevé (mais avec des coûts d'utilisation inférieurs). De même, pour qu'une innovation déploie tout son potentiel ou toute son utilité, l'existence d'un réseau d'autres utilisateurs de cette même innovation est indispensable. Cela a dû être une évidence pour le premier utilisateur de Facebook (ou du téléphone, d'ailleurs); en effet, la valeur des sites de réseaux sociaux, par exemple, est fonction du nombre d'autres personnes qui utilisent cette même technologie.

Les innovations à forte intensité capitalistique (ou qui sont intégrées à du capital physique) posent une difficulté majeure. Les coûts liés à la nouvelle technologie ainsi que l'existence probable d'équipements plus anciens mais qui servent encore laissent penser que l'adoption de l'innovation aura lieu quand il sera nécessaire de remplacer l'ancienne technologie par la nouvelle. L'adoption a d'autant plus de chances d'être rapide que l'innovation apporte une amélioration majeure, mais le remplacement complet de l'équipement est peu probable, sauf dans le cas d'innovations représentant des avancées très significatives. Pour évaluer le niveau d'adoption d'une innovation, on se réfère souvent au pourcentage d'entreprises l'ayant adoptée. Ceci étant, il est certainement plus intéressant d'observer le degré d'assimilation de l'innovation, c'est-à-dire sa rapidité d'intégration dans les parties essentielles des processus industriels, de création ou de prestation de services. La diffusion de l'innovation à l'intérieur des entreprises est généralement plus lente qu'entre les entreprises parce que beaucoup d'entreprises se cantonnent à adopter l'innovation dans le cadre du remplacement permanent de matériels alors que son intégration dans toute l'entreprise demande plus d'efforts (Battisti et Stoneman, 2003; Battisti, 2008). Cela donne à penser que dans les domaines qui présentent un intérêt particulier pour les pouvoirs publics, il faudrait se concentrer sur cet aspect souvent négligé lorsqu'il est question de réorienter ou d'accélérer l'adoption d'une innovation.

Enfin, la diffusion de l'innovation ne se limite pas aux entreprises d'un même pays; le transfert de l'innovation dans d'autres pays (comme dans le cas de la propriété intellectuelle) peut élargir son champ d'influence et multiplier les solutions permettant aux pollueurs étrangers de réduire leurs émissions. Le transfert de l'innovation se heurte en grande partie aux mêmes difficultés que celles rencontrées pour son adoption. La compatibilité et la souplesse des politiques environnementales des pays influent sur les possibilités de transfert. La législation fiscale, les règles en matière d'investissements étrangers et la rigueur des régimes de propriété intellectuelle jouent également un rôle dans les décisions des entreprises concernant le transfert de propriété intellectuelle, qu'elle soit autonome ou intégrée dans un produit.

1.3. Conjuguer la fiscalité, l'innovation et l'environnement

Le but de la fiscalité environnementale est d'atteindre des objectifs de protection de l'environnement mais, dans la mesure où elle a pour cible le prix de produits de consommation préjudiciables à l'environnement, elle peut influencer sur l'innovation tirée par le marché puisque les éléments déterminants de l'innovation au sein de l'entreprise sont essentiellement liés aux prix appliqués aux entreprises. Dans un environnement concurrentiel, les entreprises cherchent à maximiser leurs bénéfices, de sorte que la combinaison des prix des intrants et des extrants peut, dans une large mesure, déterminer le mode ou le type de production des entreprises. Hicks (1932) a été le premier à décrire cet impact sur l'évolution technologique en formulant l'hypothèse de l'innovation induite :

« [La] modification du prix des facteurs est intrinsèquement une incitation à inventer, et à inventer de manière à réaliser des économies au niveau de l'utilisation d'un facteur devenu relativement cher. »

Pour continuer à maximiser leurs bénéfices, les entreprises redéfinissent leur combinaison d'intrants ou d'extrants afin de maximiser leurs revenus en minimisant leurs coûts. Pour réaliser ces économies, les entreprises sont amenées à adapter non seulement leur processus de production mais aussi leur comportement axé sur la recherche d'innovation, qui devient lui aussi guidé par les nouveaux prix relatifs. Appliqué à l'environnement, cet exemple théorique est tout aussi valable. Les entreprises sont obligées de prendre en compte l'ensemble des facteurs de production, notamment l'utilisation de l'environnement (qui est « consommé » s'il y a des émissions polluantes). Le problème est que l'environnement considéré comme un intrant n'a en général aucun impact identifiable (donc aucun impact réel) sur l'entreprise en l'absence de prix lié à l'utilisation ou à la destruction de l'environnement.

Évidemment, la fiscalité peut intervenir à ce niveau. Les taxes, plus spécialement les taxes d'accise, permettent d'attribuer un prix bien défini à l'environnement et devraient donc favoriser une innovation induite puisque la fiscalité modifie le taux de rendement pour l'investisseur. En l'absence de taxes, le rendement théorique de l'invention d'un nouveau processus économe en énergie correspond au flux futur de toutes les économies d'énergie réalisées. La mise en place de taxes crée un revenu potentiel supplémentaire pour l'investisseur; en effet, le rendement de l'investissement correspond alors au flux futur de toutes les économies d'énergie réalisées, majoré par l'allègement de la charge fiscale au titre des économies d'énergie réalisées. Le rendement escompté étant plus élevé, l'investissement initial (et, par conséquent, le niveau d'innovation correspondant) devrait être plus important.

Selon l'hypothèse de l'innovation induite, la taxe ou la réglementation environnementale qui a entraîné une modification de la production a toujours une incidence négative sur l'entreprise. L'augmentation du coût de certains intrants éloigne l'entreprise de l'optimum qui était atteint auparavant⁶. La nouvelle innovation induite par ce changement permet d'atténuer mais pas de neutraliser entièrement la charge qui pèse sur l'entreprise, elle peut même l'augmenter. Dans le cas où il existerait un avantage net pour l'entreprise, l'entreprise qui serait capable d'optimiser parfaitement sa rentabilité aurait adopté ce changement même en l'absence des nouvelles mesures environnementales. En l'absence d'incitation antérieure, ce qui est vrai pour l'émission de nombreux polluants atmosphériques, les nouvelles taxes écologiques peuvent désormais constituer une incitation à réduire les émissions. Il est à noter que les taxes et les permis négociables ont en général des effets très similaires à cet égard (voir l'encadré 3.4 pour plus d'informations).

Le régime fiscal offre d'autres moyens d'action que la simple fixation du niveau des taxes sur la pollution ou de taxes indirectes (comme sur l'essence). Les taux d'impôt minorés sur les produits « verts », l'amortissement accéléré prévu par le régime de l'impôt sur les sociétés et les crédits d'impôt pour les dépenses de R-D sont d'autres dispositifs utilisés pour encourager la protection de l'environnement et l'innovation. Ces diverses mesures fiscales peuvent avoir des effets variables non seulement sur le niveau mais aussi sur le type d'innovation.

La fiscalité environnementale vise une seule externalité qui est l'excès de pollution. De ce fait, elle devrait créer davantage d'incitations à innover. Cependant, elle n'a pas pour cible particulière l'externalité d'innovation. Il est possible que les incitations à innover soient plus importantes dans les pays qui appliquent des taxes liées à l'environnement, mais les obstacles à l'innovation demeurent. C'est la raison pour laquelle il y a peu de chances que la fiscalité environnementale réussisse à elle seule à créer l'innovation optimale (tant sur le plan quantitatif que qualitatif) en vue de résoudre les problèmes environnementaux planétaires. D'autres arguments valables plaident en faveur de l'utilisation d'autres instruments dans la vaste panoplie d'outils employés par les États pour remédier à l'externalité d'innovation. Ces mesures peuvent inclure des politiques d'innovation générales, incluant par exemple la R-D et les aides accordées aux universités (domaines d'intervention traditionnels des pouvoirs publics), ou des interventions plus ciblées si nécessaire.

Par conséquent, le présent rapport examine en détail un certain nombre de questions essentielles pour savoir, par exemple, si la fiscalité environnementale a une incidence positive sur l'innovation, quels types de mesures fiscales sont les plus efficaces et quelle est l'influence de la fiscalité sur les différentes possibilités d'innover. Le recours à la fiscalité environnementale dans les pays de l'OCDE est un autre aspect étudié. Enfin, sur la base de tous ces éléments, des orientations sont formulées à l'intention des responsables de la fiscalité environnementale.

Notes

1. Le taux de rendement minimal des technologies environnementales connues est bien documenté. Jaffe et Stavins (1994) indiquent que les défaillances du marché ou les contraintes de gestion comptent parmi les raisons qui expliquent ce paradoxe apparent, à savoir que les entreprises soucieuses d'optimiser leurs profits n'adoptent pas des technologies rentables et économes en énergie. Anderson et Newell (2004) concluent que, pour les usines de production, les coûts en amont ont une plus grande influence que les coûts annuels, et que les taux d'adoption liés au taux de rendement minimal se situent entre 50 % et 100 %.
2. Outre le fait de réduire le coût marginal du capital, les États peuvent également promouvoir l'innovation en augmentant le taux de rendement marginal des activités innovantes (par exemple, les enseignements tirés de la R-D subventionnée peuvent générer des gains d'efficacité pour de futurs projets de R-D), mais ces effets ne sont en général pas aussi importants que ceux qui concernent le coût marginal du capital.
3. L'ampleur et la complexité de nombreux problèmes environnementaux, surtout le changement climatique, impliqueraient que le théorème de Coase – l'idée qui peut sembler aller à l'encontre de l'intuition selon laquelle, indépendamment de l'attribution de droits de propriété (ou de l'absence de droits de propriété), les agents économiques sont incités à régler les problèmes d'externalités en trouvant une solution efficace par la négociation, ce qui découle d'un intérêt personnel bien compris – n'est pas applicable.
4. En revanche, combiner ces campagnes d'information avec un système de plafonnement et d'échange ne conduit pas des réductions supplémentaires tant que le plafonnement total du système d'échange reste inchangé.
5. Ces taux d'actualisation élevés peuvent simplement correspondre au fait que les consommateurs préfèrent nettement consommer aujourd'hui plutôt qu'à l'avenir, sans qu'il existe nécessairement des distorsions ou défaillances du marché.
6. Ce niveau n'aurait pas été optimal pour la société, étant donné que les dommages causés à l'environnement du point de vue de la société n'étaient pas pris en compte.

Références

- Anderson, S.T. et R.G. Newell (2004), « Information Programs for Technology Adoption: The Case of Energy-Efficient Audits », *Resource and Energy Economics*, 26, pp. 27-50.
- Battisti, Giuliana (2008), « Innovations and the economics of new technology spreading within and across users: gaps and way forward », *Journal of Cleaner Production*, 16S1, pp. S22-S31.
- Battisti, Giuliana et Paul Stoneman (2003), « Inter- and Intra-firm Effects in the Diffusion of New Process Technology », *Research Policy*, 32, pp.1641-1655.
- Foxon, T. (2003), *Inducing Innovation for a Low-Carbon Economy: Drivers, Barriers and Policies*, rapport préparé pour le Carbon Trust, Londres, www.carbontrust.co.uk/Publications/publicationdetail.htm?productid=CT-2003-07&metaNoCache=1.
- 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.
- Gerlagh, Reyer et Wietze Lize (2005), « Carbon taxes: A drop in the ocean, or a drop that erodes the stone? The effect of carbon taxes on technological change », *Ecological Economics*, 54, pp. 241-260.
- Hicks, John R. (1932), *The Theory of Wages*, Macmillan, Londres.
- Howitt, Peter (2009), « Competition, Innovation and Growth: Theory, Evidence and Policy Challenges », dans Chandra, Vandana, Deniz Eröcal, Pier Carlo Padoan et Carlos A. Primo Braga (éd.), *Innovation and Growth: Chasing a Moving Frontier*, OCDE, Paris.
- Jaffe, Adam B., Richard G. Newell et Robert N. Stavins (2005), « A Tale of Two Market Failures: Technology and Environmental Policy », *Ecological Economics*, 54, pp. 164-174.
- Jaffe, Adam B. et Robert N. Stavins (1990), « Evaluating the Relative Effectiveness of Economic Incentives and Direct Regulation for Environmental Protection: Impacts on the Diffusion of Technology », document préparé pour le Symposium WRI/OCDE *Toward 2000: Environment, Technology and the New Century*, 13-15 juin 1990, Annapolis, Maryland.
- 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.

- Jaumotte, F. et N. Pain (2005), « Innovation in the Business Sector », *Document de travail du Département des affaires économiques de l'OCDE*, n° 459, OCDE, Paris. [www.oecd.org/olis/2006doc.nsf/LinkTo/NT000073EA/\\$FILE/JT03218797.PDF](http://www.oecd.org/olis/2006doc.nsf/LinkTo/NT000073EA/$FILE/JT03218797.PDF).
- Johnstone, Nick, Ivan Haščič, et David Popp (2010), « Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts », *Environmental and Resource Economics*, 45(1), pp. 133-55.
- Kemfert, Claudia et Truong Truong (2007), « Impact Assessment of Emissions Stabilization Scenarios with and without Induced Technological Change », *Energy Policy*, 35, pp. 5337-5345.
- Kline, S.J., et N. Rosenberg (1986), « An Overview of Innovation », dans R. Landau et N. Rosenberg (dir. pub.), *The Positive Sum Strategy*, National Academic Press, Washington DC.
- OCDE (2006), *Réformes économiques : Objectif croissance*, OCDE, Paris, www.oecd-ilibrary.org/fr/economics/reformes-economiques-2006_growth-2006-fr.
- OCDE (2009a), *Économie de la lutte contre le changement climatique : Politiques et options pour une action globale au-delà de 2012*, OCDE, Paris, www.oecd-ilibrary.org/fr/environment/economie-de-la-lutte-contre-le-changement-climatique_9789264073913-fr.
- OCDE (2009b), « Environmental and Eco-Innovation: Concepts, Evidence and Policies », OCDE, Paris, disponible à l'adresse [www.oecd.org/olis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2009\)40-final](http://www.oecd.org/olis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2009)40-final).
- OCDE (2010), *La stratégie de l'OCDE pour l'innovation : Pour prendre une longueur d'avance*, OCDE, Paris. www.oecd-ilibrary.org/fr/science-and-technology/la-strategie-de-l-ocde-pour-l-innovation_9789264084759-fr.
- Popp, David (2004), « ENTICE: Endogenous Technological Change in the DICE Model of Global Warming », *Journal of Environmental Economics and Management*, 48, pp. 742-768.
- Stoneman, Paul (2001), *The Economics of Technology Diffusion*, Blackwell, Oxford.

Chapitre 2

La fiscalité environnementale aujourd'hui*

Ce chapitre décrit l'utilisation qui est faite de la fiscalité environnementale dans les pays membres de l'OCDE. Il commence par un examen approfondi des recettes provenant des taxes liées à l'environnement, de leur évolution et du rôle qu'elles jouent dans les budgets généraux des États. Il analyse ensuite l'évolution des taux d'imposition dans les pays et la façon dont ceux-ci continuent d'appliquer ces taxes. Le chapitre s'achève par un examen de l'étendue et des incidences des exonérations et réductions de taux consenties dans le cadre de la fiscalité environnementale.

* Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

Tous les pays de l'OCDE cherchent à s'attaquer plus efficacement aux problèmes environnementaux. Il existe de nombreuses possibilités d'œuvrer en ce sens mais l'une des plus intéressantes consiste à réorienter l'action gouvernementale dans le souci de l'environnement. La politique fiscale des États, qu'elle concerne les revenus ou les dépenses, a un impact important sur l'économie. La réorientation environnementale de la politique fiscale peut entraîner des changements de comportement dans toute l'économie.

La fiscalité est considérée comme un moyen, pour les pouvoirs publics, d'influer sur les décisions prises par les entreprises et les individus. Les gouvernements connaissent depuis longtemps ses effets sur l'emploi, la création d'entreprises et leur développement, ainsi que les modes de consommation, et s'efforcent donc en général d'augmenter les recettes en évitant de fausser les modes de consommation ou d'entraver les décisions d'investissement. Bon nombre de ces considérations peuvent s'appliquer à la fiscalité environnementale dont l'un des objectifs est cependant de modifier les modes de consommation et de production et de diminuer la base d'imposition, ce qui la démarque sensiblement de la plupart des autres types de taxes.

2.1. Recettes provenant de la fiscalité environnementale dans les différents pays

Si le concept de fiscalité environnementale a été davantage présent dans la concertation sur les politiques durant les dernières décennies, il y a bien longtemps que tous les pays de l'OCDE tirent des recettes de taxes liées à l'environnement. D'après la définition sommaire donnée dans l'encadré 2.1, ce concept couvre un large éventail de taxes telles que les droits d'accise sur les combustibles fossiles, les taxes d'immatriculation des véhicules à moteur et les taxes sur la pollution de l'eau ou sur les déchets. On constate des différences importantes entre les pays, qui reflètent des réalités et évolutions historiques propres au régime fiscal de chacun. Le graphique 2.1 montre que la fiscalité environnementale est une source de revenus modeste mais non négligeable pour les États, qui représente en moyenne 2 % environ du produit intérieur brut (PIB).

Le Danemark et les Pays-Bas arrivent nettement en tête des pays de l'OCDE en ce qui concerne les recettes provenant de la fiscalité environnementale et affichent des chiffres élevés durant les douze années considérées, ce qui contraste avec le recul général des pays de l'OCDE. On constate par ailleurs des disparités géographiques remarquables. Globalement, les quatre pays du continent américain présentent les taux les plus faibles de recettes tirées de la fiscalité environnementale. Trois des quatre pays de la zone Pacifique de l'OCDE ont des niveaux de recettes inférieurs à la moyenne arithmétique. En tête, on trouve les pays européens où les niveaux de recettes sont les plus élevés. Ce résultat est logique sachant que le rapport entre les recettes fiscales et le PIB est généralement élevé dans les pays européens. Le Danemark affiche le ratio recettes fiscales/PIB le plus élevé de tous les pays de l'OCDE.

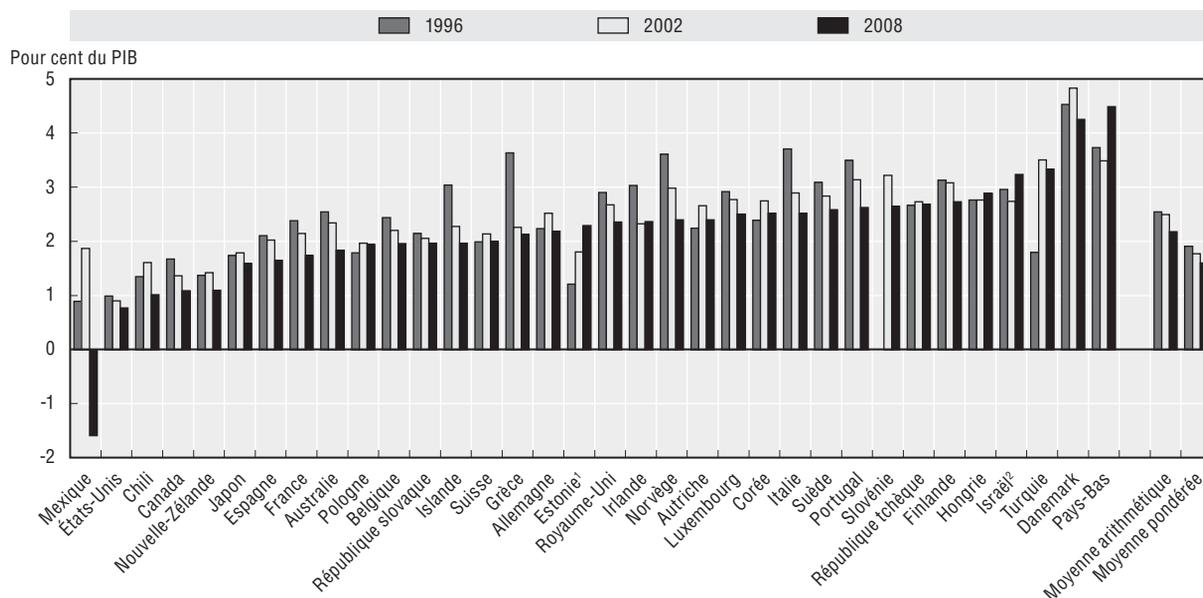
Encadré 2.1. Définition de la fiscalité environnementale

L'OCDE, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) et la Commission européenne se sont mises d'accord pour définir les taxes liées à l'environnement comme tout prélèvement obligatoire de l'État, effectué sans contrepartie et calculé sur des assiettes considérées comme présentant un intérêt particulier du point de vue de l'environnement : produits énergétiques, véhicules à moteur, déchets, émissions mesurées ou estimées, ressources naturelles, etc. Ces taxes sont dites sans contrepartie dans la mesure où les avantages que les pouvoirs publics offrent aux contribuables ne sont pas, normalement, proportionnels au montant du prélèvement. Les prélèvements obligatoires de l'État qui représentent une contrepartie plus ou moins proportionnelle au service rendu (au volume de déchets ramassés ou traités, par exemple) peuvent être qualifiés de « droits et redevances ». Le terme prélèvement couvre les taxes et les droits ou redevances.

Établir une définition des taxes environnementales est en soi problématique. Les taxes peuvent être appliquées pour diverses raisons, le plus souvent pour produire des recettes, et beaucoup ne tiennent pas, ou guère, compte des considérations environnementales. Par ailleurs, certaines taxes ont sans doute été appliquées en l'absence d'évaluation rigoureuse des coûts et dommages causés par la pollution, ce qui fait que leur taux n'est pas optimum. On pourrait essayer de différencier les taxes en fonction de la motivation des pouvoirs publics ou d'en exclure certaines en raison de leurs modalités, mais cela risque d'être très difficile. C'est la raison pour laquelle on utilise une définition générale qui ne prend en compte que la base d'imposition et pas la finalité ou l'adéquation de l'instrument.

Il est à noter que les taxes à assiette large, comme la taxe sur la valeur ajoutée (TVA), dont les assiettes recoupent celles de taxes susceptibles d'être liées à l'environnement, ne sont pas prises en compte dans le présent rapport. En outre, il n'est pas tenu compte des recettes tirées de la vente des permis négociables ou dérivées des redevances sur les ressources naturelles.

Graphique 2.1. Recettes provenant de la fiscalité environnementale en % du PIB



1. L'Estonie est un pays en voie d'adhésion à l'OCDE qui n'est pas pris en compte dans les moyennes.
2. Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

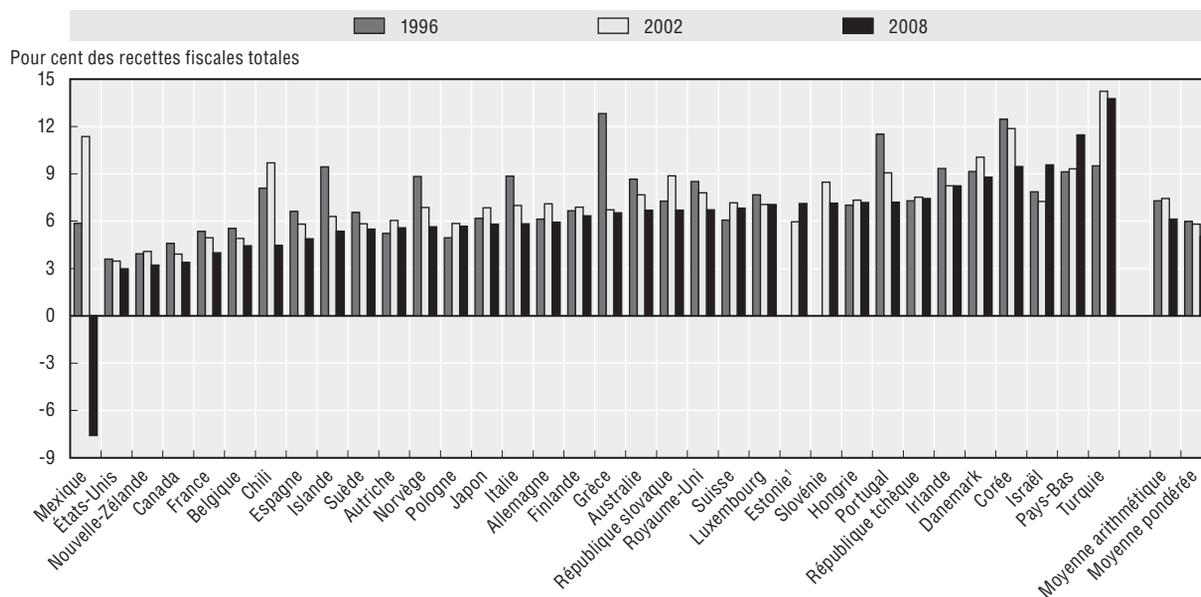
Source : Base de données OCDE/AEE sur les instruments employés dans la politique de l'environnement.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888932323468>

Le cas du Mexique est intéressant, car les recettes tirées de la fiscalité environnementale y ont été négatives en 2008. Comme dans la plupart des autres pays, la majeure partie des recettes fiscales provient normalement des taxes sur les carburants. Or la fiscalité mexicaine des carburants présente la particularité d'évoluer à l'opposé des fluctuations des cours du pétrole. En 2002, les prix du pétrole étant assez bas, le taux des taxes a été relativement élevé. En 2008, les prix du pétrole ayant sensiblement augmenté, le taux effectif des taxes sur les carburants est de fait devenu négatif, de même, par conséquent, que les recettes fiscales.

Par ailleurs, si on examine le rapport entre les recettes tirées de la fiscalité environnementale et le total des recettes fiscales, qui indique l'importance de ces recettes dans les budgets publics globaux, la même tendance apparaît (voir graphique 2.2). Les groupements géographiques sont un peu moins marqués et les écarts entre pays semblent moins considérables. La fiscalité environnementale occupe une place plus importante dans certains pays comme la Corée, qui n'a pas un rapport impôts/PIB élevé. La Turquie se distingue, car elle a considérablement augmenté la part de ses recettes fiscales liées à l'environnement, qui représente désormais près de 15 %, pourcentage bien supérieur à celui de tous les autres membres de l'OCDE. Cette évolution fait partie d'une réforme fiscale plus vaste en Turquie, qui vise à accroître les impôts sur la consommation et à diminuer ceux frappant d'autres sources comme l'impôt sur le revenu et l'impôt sur les sociétés. Les taxes sur les carburants ont été délibérément relevées dans le cadre des plans de développement nationaux dont l'objectif est la mise en place d'un développement plus durable, ce qui conduit à des prix de carburant parmi les plus élevés des pays de l'OCDE. En

Graphique 2.2. **Recettes provenant de la fiscalité environnementale en pourcentage du total des recettes fiscales**



1. L'Estonie est un pays en voie d'adhésion à l'OCDE qui n'est pas pris en compte dans les moyennes.
 2. Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

Source : Base de données OCDE/AEE sur les instruments employés dans la politique de l'environnement.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888932323487>

revanche, dans des pays comme la Grèce, le Mexique et le Portugal, le niveau de la fiscalité environnementale a fortement reculé durant les dix années considérées.

La volatilité des chiffres entre les années considérées peut s'expliquer de différentes façons. Il se peut ainsi que les recettes provenant de la fiscalité environnementale aient changé à la suite de modifications des taux d'imposition ou de la variation des quantités de polluants émis. Il se peut aussi que d'autres changements soient intervenus au niveau des recettes publiques, par exemple du taux de l'impôt sur le revenu ou de l'impôt sur les sociétés, ou que les bases d'imposition aient changé, sous l'effet par exemple d'un ralentissement économique faisant baisser le produit de l'impôt sur les sociétés.

En dépit de cette volatilité, une baisse relative générale des recettes reste perceptible dans le temps comme le montrent les moyennes des graphiques 2.1 et 2.2. Cette évolution peut s'expliquer par un certain nombre de facteurs :

- Durant la période considérée, les prix du pétrole ont considérablement augmenté, ce qui a ralenti la demande et contribué, par conséquent, à faire baisser les recettes provenant de ces taxes par rapport aux autres sources.
- La construction même des taxes environnementales – généralement des droits d'accise – faisant qu'elles sont prélevées par unité de produit (0.10 EUR par litre d'essence, par exemple), l'inflation peut affaiblir l'impact de cette fiscalité à long terme. Le taux d'imposition peut rester le même en valeur nominale mais diminuer en valeur réelle, à la différence des autres recettes fiscales qui sont basées sur un pourcentage (TVA sur la consommation ou impôt sur le revenu, par exemple). La résistance politique aux hausses d'impôt peut accentuer ces baisses et conduire à des niveaux d'imposition qui ne sont plus conformes à leur raison d'être initiale. Le maintien pendant des années du même taux d'imposition nominal est souvent suivi de hausses importantes concentrées sur une courte période.
- À mesure que se développent les systèmes d'échange de permis d'émission (qui présentent des traits communs avec les taxes), certains pays mettent en place ces systèmes et réduisent parallèlement les taxes s'appuyant sur des assiettes analogues. Comme indiqué à la section 2.5, les recettes tirées de la vente aux enchères de permis négociables ne sont pas encore prises en compte dans les chiffres de la fiscalité environnementale. Jusqu'à présent, le niveau de ces recettes est faible.
- Dans le même ordre d'idées, certains pays ont abandonné les taxes au profit de redevances (qui ne sont pas non plus incluses dans les chiffres ci-dessus) reposant sur les mêmes assiettes, en particulier dans le secteur des transports.
- Enfin, il se peut qu'une partie de l'impact puisse être attribué à l'efficacité des taxes proprement dites à réduire la quantité de polluants (et par conséquent de recettes fiscales).

Pour remédier à cette situation, plusieurs pays européens ont institué des taux d'imposition ajustés en fonction de l'inflation. Ils suppriment ainsi la nécessité politique d'imposer des hausses liées à l'inflation et lissent l'évolution des taux d'imposition dans le temps. Le Danemark, par exemple, a introduit dans son processus budgétaire de 2009 l'indexation automatique sur l'inflation des taxes énergétiques (y compris des taxes sur les carburants).

Il faut noter que le niveau des recettes provenant de la fiscalité environnementale ne rend pas nécessairement compte de la dimension écologique d'un pays ou de sa fiscalité

en général. Premièrement, il se peut que les taxes ne soient pas conçues de manière optimale, ce qui implique qu'elles n'induisent pas nécessairement les changements de comportement souhaités, et que les taux appliqués ne soient pas non plus optimaux, c'est à dire qu'ils ne tiennent pas nécessairement compte des dommages causés à l'environnement, même s'ils permettent de collecter des recettes importantes. Plusieurs pays ont commencé à repenser leur fiscalité environnementale pour l'améliorer sans pour autant augmenter leurs recettes. Les pays peuvent privilégier d'autres instruments pour faire face aux problèmes d'environnement et obtenir des résultats environnementaux comparables sans générer les recettes que la fiscalité environnementale peut procurer, mais ces options leur coûteront souvent plus cher que l'utilisation de taxes environnementales bien conçues. Enfin, les différences structurelles entre les économies des pays peuvent jouer un rôle (certains pays, par exemple, peuvent abriter des industries plus polluantes du fait de leurs particularités locales).

2.2. Les taxes visant certains polluants

Les taxes liées à l'environnement n'ont pas cessé d'évoluer depuis des dizaines d'années durant lesquelles de nombreux événements, intervenus au niveau local et international, ont influé sur les politiques environnementales. Conséquence de cette situation, la plupart des pays de l'OCDE disposent aujourd'hui d'un large éventail de taxes et de prélèvements qui ne correspondent pas toujours bien aux dommages causés. Les dommages environnementaux varient selon chaque polluant. Il arrive que des polluants relativement bénins soient fortement taxés alors que des polluants plus nocifs ne font l'objet d'aucune taxe. Certains polluants ont des bases d'imposition radicalement différentes qui peuvent être la source de pollution ou l'émetteur des polluants.

Les recettes tirées de la fiscalité environnementale proviennent, en grande partie, des taxes sur l'énergie, les taxes sur les carburants représentant la quasi-totalité de ces prélèvements. Comme le montre le graphique 2.3, le produit des taxes sur l'énergie représente environ les deux tiers du total des recettes. En outre, la catégorie « autres », bien que peu importante, a enregistré une progression relativement forte par rapport aux autres catégories.

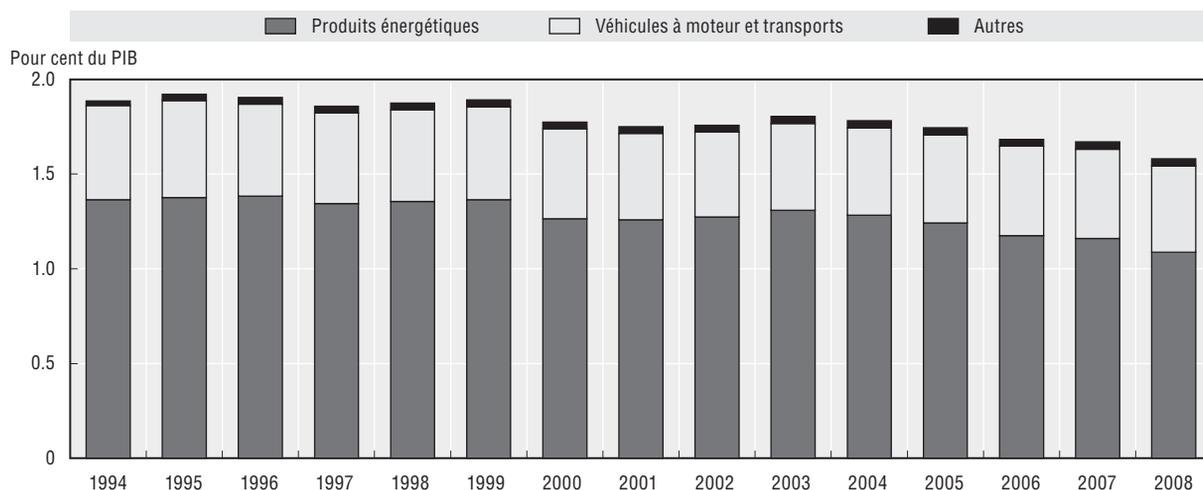
Les éléments qui composent la fiscalité environnementale varient également d'un pays à l'autre comme le montre le graphique 2.4. Des pays comme la Pologne, la République slovaque et le Luxembourg¹ font largement appel aux taxes sur l'énergie. Les taxes sur les véhicules à moteur assurent une part non négligeable des recettes totales au Danemark, aux Pays-Bas, en Irlande et en Norvège. Enfin, les Pays-Bas se distinguent par le fait qu'ils font un assez large usage des « autres » taxes environnementales.

2.2.1. Taxes sur les carburants et les véhicules

Carburants

Les droits d'accise sur les carburants existent depuis de nombreuses années; à l'origine, ils étaient justifiés uniquement par des besoins autres qu'environnementaux (générer des recettes générales, par exemple, ou financer des projets d'infrastructure spécifiques). Les recettes provenant de ces taxes sont relativement élevées compte tenu de la consommation importante des pays de l'OCDE. Le graphique 2.5 présente les taux d'accise appliqués sur l'essence et le gazole dans les pays de l'OCDE en 2000 et 2010. Comme dans l'analyse générale précédente, on constate que des groupes de pays se

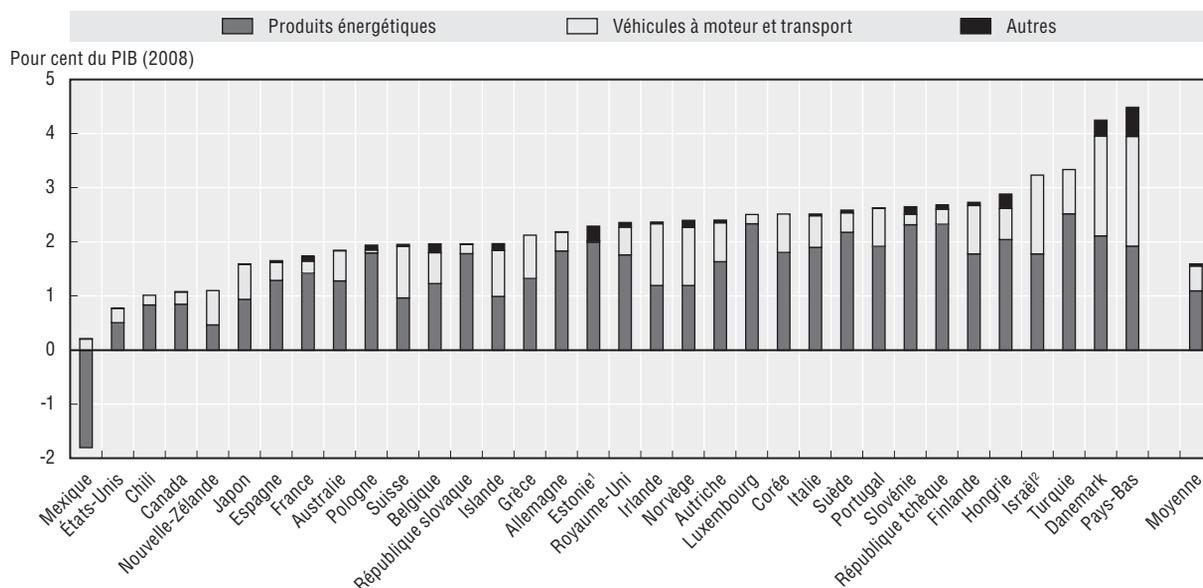
Graphique 2.3. **Ventilation des recettes provenant de la fiscalité environnementale dans les pays de l'OCDE**



Source : Base de données OCDE/AEE sur les instruments employés dans la politique de l'environnement.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888932323506>

Graphique 2.4. **Composition des recettes fiscales environnementales, par pays**

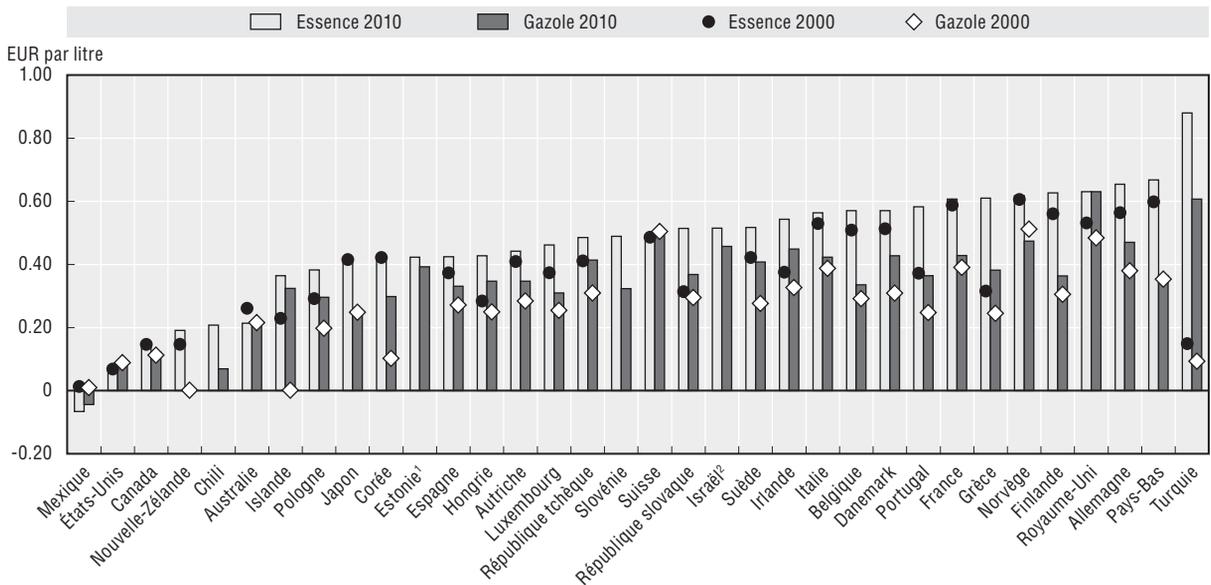


1. L'Estonie est un pays en voie d'adhésion à l'OCDE qui n'est pas pris en compte dans les moyennes.
2. Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

Source : Base de données OCDE/AEE sur les instruments employés dans la politique de l'environnement.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888932323525>

dessinent clairement par zones géographiques. L'Amérique du Nord affiche les taxes sur l'essence les plus faibles, suivie par les pays de l'OCDE de la zone Asie-Pacifique, les pays européens appliquant les taux les plus élevés. Comparé aux autres taxes qui existent dans l'économie en général, le taux d'imposition de l'essence est très élevé par rapport à la base d'imposition, la charge fiscale totale dépassant généralement 100 % du prix hors taxes. Ces

Graphique 2.5. **Taxe sur les carburants**

Notes : Il s'agit des taux appliqués le 1^{er} janvier 2010 et le 1^{er} janvier 2000 convertis en appliquant le taux de change pour 2009. Les chiffres concernant les États-Unis et le Canada incluent les accises moyennes appliquées au niveau des États ou des provinces. La TVA n'est pas incluse.

1. L'Estonie est un pays en voie d'adhésion à l'OCDE qui n'est pas pris en compte dans les moyennes.
2. Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

Source : Base de données OCDE/AEE sur les instruments employés dans la politique de l'environnement.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932323544>

taux d'imposition doivent être considérés au regard du prix sous-jacent (qui peut varier d'un pays à l'autre en raison de facteurs tels que les transports) et de la présence d'autres taxes, notamment la TVA.

Dans la quasi-totalité des pays, les taxes sur ces deux carburants ont augmenté au cours des dix dernières années, en particulier en Turquie. L'Islande est passée d'une absence de taxe sur le gazole en 2000 à un taux d'imposition quasiment égal à celui de l'essence, et a revu la taxe sur les véhicules diesel. La Grèce a également connu des hausses sensibles des taxes, sur l'essence en particulier. Ces hausses ont eu lieu principalement en 2009-10 et ont été un moyen d'accroître les recettes publiques en réponse à de fortes pressions budgétaires. Enfin, le Mexique est le seul pays membre de l'OCDE qui présente des taux d'accise effectifs négatifs, dus au prix international du brut très élevé en 2009. Notons qu'il s'agit de niveaux globaux d'imposition (nominaux) qui ne rendent pas compte de la modulation des taux ou des exonérations appliqués selon les usages et les utilisateurs.

Il est intéressant de noter que le niveau des droits d'accise sur le gazole est sensiblement plus faible que celui de l'essence. Le taux appliqué au gazole est supérieur à celui de l'essence dans deux pays seulement, la Suisse et les États-Unis; en Australie et au Royaume-Uni, ces taux sont identiques. Les taux appliqués au gazole oscillent le plus souvent entre 70 et 80 % des taux appliqués à l'essence; la Nouvelle-Zélande ne prélève quant à elle aucun droit d'accise sur le gazole². Du point de vue environnemental, cette situation peut paraître surprenante puisque l'impact environnemental de la

consommation de gazole est bien supérieur à celui de l'essence sans plomb, en raison principalement des émissions de NO_x et de particules. Quand la réglementation sur les véhicules à moteur est plus sévère, cette différence est moins marquée. Les différences de taxes sur les carburants peuvent également avoir une incidence importante sur le comportement des consommateurs, comme le montre l'encadré 2.2.

Les taux appliqués varient également à l'intérieur des grandes catégories de carburants (essence et gazole) selon les caractéristiques du carburant. L'essence au plomb, quand elle était encore distribuée, était davantage taxée que l'essence sans plomb. Dans le contexte actuel, plusieurs pays différencient leurs taxes en fonction d'autres critères liés aux caractéristiques du carburant, comme la teneur en soufre ou la proportion de carburants renouvelables qu'elle contient.

Le graphique 2.5 indique le niveau actuel des taxes sur l'essence dans les pays de l'OCDE mais il est difficile de dire s'il est adéquat. De multiples facteurs entrent en jeu dans les calculs, parmi lesquels les dommages causés à l'environnement, l'utilisation des routes, le coût des accidents de la route et la nécessité en général pour les États de collecter des recettes. L'encadré 2.3 décrit dans les grandes lignes ce que devrait être, tel que le suggère une étude, une taxe optimale sur l'essence pour l'État américain de Californie.

L'augmentation générale des taux nominaux d'imposition qui ressort du graphique 2.5 ne donne pas d'indications quant à leur impact réel sur le comportement des consommateurs et sur les recettes publiques. Le graphique 2.6 indique l'évolution en termes réels et en pourcentage des taxes sur l'essence (droits d'accise, hors TVA ou taxes

Encadré 2.2. **Les taxes sur les carburants automobiles en Turquie**

Le taux d'imposition de l'essence en Turquie est le plus élevé de tous les pays de l'OCDE et a considérablement augmenté au cours des dix dernières années. Ce pays affichait en 2007 un taux de parité du pouvoir d'achat par habitant égal à 37 % seulement de la moyenne OCDE, mais son niveau de fiscalité environnementale est parmi les plus élevés de l'OCDE. Il est intéressant de mentionner que l'augmentation des taxes sur les carburants a suivi celle des taxes frappant de nombreux produits de luxe en Turquie. L'économie turque est beaucoup moins dépendante des voitures particulières que d'autres pays de l'OCDE, avec seulement 117 véhicules pour 1 000 personnes en 2005, comparé à la moyenne OCDE qui est de 606 véhicules pour 1 000 habitants (Banque mondiale). À ce titre, les taxes sur les carburants peuvent constituer une forme d'imposition progressive (à la différence des pays à haut revenu où les taxes sur l'énergie sont considérées, en général, comme régressives).

En Turquie, l'essence est beaucoup plus taxée que le gazole ou le gaz de pétrole liquéfié (GPL) ce qui a une forte influence sur les habitudes de consommation. Le faible prix hors taxe du litre de GPL, couplé au faible niveau d'imposition, encourage fortement le passage à un véhicule au GPL. Entre 2003 et 2007, le nombre de voitures équipées pour rouler au GPL a plus que doublé, passant de 800 000 à plus de 1.8 million. On a constaté également une évolution significative au niveau des carburants plus communs, la consommation totale d'essence restant relativement stable alors que la consommation de gazole a fortement augmenté. En pourcentage du PIB, la consommation d'essence a fortement diminué. Ces évolutions laissent penser que les taxes (et les prix sous-jacents) peuvent avoir un impact important sur le comportement des consommateurs.

Encadré 2.3. Externalités multiples et taxe optimale pour la Californie

Le calcul du niveau optimal des taxes sur l'essence illustre bien la question des externalités multiples. Ces taxes ont manifestement un impact non négligeable sur l'environnement, à l'échelle tant locale que mondiale, même si elles sont prélevées pour toutes sortes de raisons. Pour déterminer le niveau « optimal » de ces taxes, toutefois, il faut considérer toutes les conséquences qui peuvent découler de l'utilisation des carburants. Pour commencer, les pouvoirs publics doivent se procurer des recettes auprès de multiples sources pour financer les services publics. Dans la mesure où, comme le suggère la théorie économique, l'évolution des préférences des consommateurs se traduit par une perte de bien-être, les taxes devraient cibler essentiellement les biens dont la demande n'est guère affectée par les variations de prix – c'est-à-dire ceux dont la demande est inélastique aux prix. Les carburants automobiles répondent à ce critère. En outre, les taxes « optimales » sur les carburants devraient viser à remédier aux externalités négatives, c'est-à-dire aux conséquences indésirables des actions d'un individu pour les autres. Dans le cas de l'environnement, la combustion d'énergie fossile par une personne engendre une pollution qui porte atteinte à d'autres personnes (sans que ces dernières soient dédommées). C'est pourquoi les taxes devraient englober les diverses externalités environnementales. Enfin, d'autres externalités sont associées aux carburants automobiles. Les accidents de la route, par exemple, pèsent sur les contribuables et les encombrements nuisent au bien-être des autres conducteurs. Au total, le niveau « optimal » de la taxe sur les carburants devrait être fixé en tenant compte de tous ces éléments. On voit donc que la portée des taxes environnementales dépasse les seules considérations écologiques, l'accent étant mis sur la matière imposable.

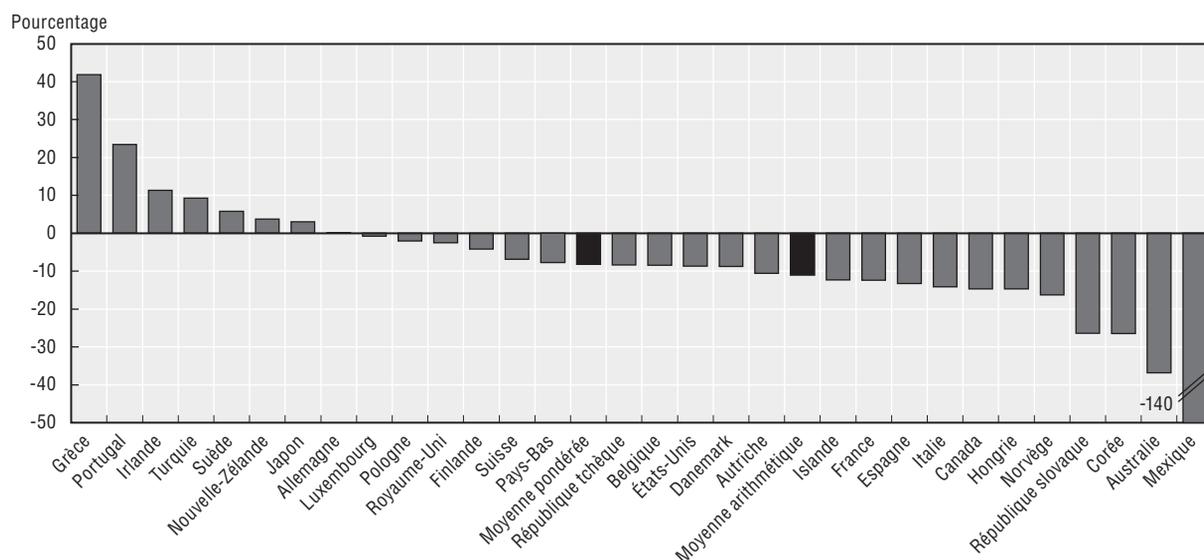
Dans leur étude qui concerne l'État de Californie, Lin et Prince (2009) établissent le niveau optimal de la taxe sur l'essence à 0.36 USD par litre hors taxes de vente. La taxe repose en majeure partie sur les externalités (0.22 USD par litre), dont seulement 0.02 USD correspond à la pollution mondiale (changement climatique, par exemple) et 0.04 USD à la pollution locale. Le reste de la taxe concerne la congestion, les accidents et la dépendance à l'égard du pétrole. La composante homogène la plus importante (0.14 USD par litre) reflète l'intérêt de taxer l'essence car la demande est relativement inélastique au prix (taxation Ramsey).

La composante « lutte contre le changement climatique » est très modeste. Même en utilisant une méthode différente qui mettrait davantage l'accent sur les dommages liés au changement climatique, le niveau optimal global de la taxe ne serait sans doute guère modifié. À titre de comparaison, la taxe appliquée actuellement représente moins d'un tiers de ce niveau « optimal ». Bien que la composante environnementale de la taxe sur l'essence soit faible, il est intéressant de noter que lorsque le taux global de la taxe d'accise est inférieur à l'optimum, il y a surconsommation, et par conséquent un préjudice excessif porté à l'environnement. Comme l'indique l'OCDE (2006), il se peut que certains pays européens appliquent des taxes sur l'essence supérieures au niveau optimal.

* La composante changement climatique est tirée d'une autre étude. L'utilisation d'autres valeurs pour les dommages causés à l'environnement modifierait l'importance de cette variable mais ne devrait pas véritablement affecter le niveau optimal général de la taxe, compte tenu de sa faible contribution.

générales sur les ventes) dans toutes les économies de l'OCDE sur la période 2000-10. Plusieurs États ont vu augmenter de manière importante leurs taxes sur l'essence en termes réels, mais ce n'est pas la majorité d'entre eux. L'Australie, par exemple, a abaissé le taux nominal de la taxe sur l'essence. Le taux fédéral des États-Unis est resté quasiment

Graphique 2.6. **Variations en termes réels de la taxe sur l'essence**
Entre 2000 et 2010



Note : Les taxes correspondent à la totalité des droits d'accise prélevés sur l'essence aux 1^{er} janvier 2000 et 1^{er} janvier 2010. Les taux indiqués pour les États-Unis et le Canada incluent les taux appliqués au niveau infranational. La moyenne pondérée est pondérée en fonction des recettes provenant des taxes sur l'essence.

Source : Base de données OCDE/AEE sur les instruments employés dans la politique de l'environnement.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932323563>

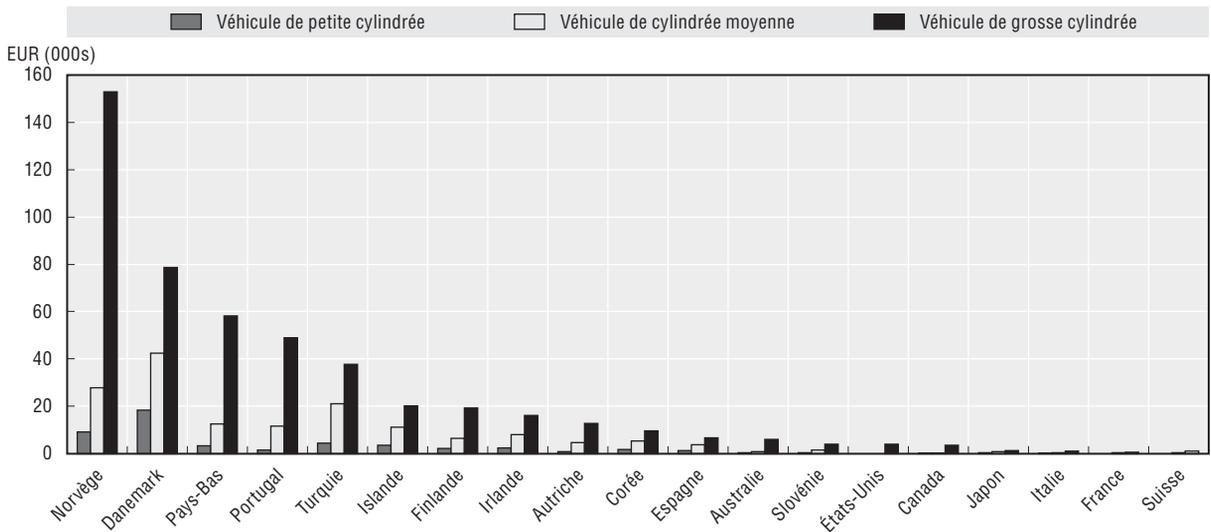
inchangé en termes nominaux durant la période considérée, tandis que la Grèce a sensiblement augmenté ses taxes sur l'essence afin d'accroître ses recettes publiques à la fin de 2009. Néanmoins, ces augmentations n'ont pas suivi l'inflation, ce qui a considérablement affaibli l'incidence réelle des taxes. La variation moyenne en termes réels des taxes sur l'essence au cours de la période a été de -8.1% (recul de 11.0% de la moyenne arithmétique)³. Cette évolution, conjuguée à la baisse de la consommation induite par la hausse du prix du pétrole, peut avoir une incidence sur les recettes environnementales totales collectées par les États.

Véhicules à moteur

Outre les taxes sur les carburants automobiles, les taxes sur les véhicules à moteur procurent d'autres recettes aux États de l'OCDE. Ces taxes sont en général réparties en deux catégories : les taxes uniques (qui sont prélevées lors de la vente initiale ou de la revente du véhicule ou de son importation dans le pays) et les taxes récurrentes (qui sont prélevées annuellement). Bien qu'elles soient théoriquement moins efficaces d'un point de vue environnemental que les taxes sur les carburants ou les taxes sur les émissions effectives, ces taxes peuvent néanmoins avoir une influence importante sur le fait de posséder ou non une voiture et sur la composition du parc national de véhicules. Par ailleurs, les taxes de ce type, notamment celles qui ne sont pas récurrentes, peuvent provoquer un « effet d'étiquette » en renseignant sur l'impact environnemental, comme le montre le graphique 2.7.

Le mode d'administration de la taxe sur les véhicules à moteur a évolué au fil du temps. Dans les pays de l'OCDE, ces taxes sont de plus en plus fonction des caractéristiques des véhicules, notamment environnementales, qui sont la consommation

Graphique 2.7. Taxes uniques sur les véhicules à moteur



Notes : Au 1^{er} janvier 2010. Taxes uniques sur les véhicules neufs seulement. Une « petite cylindrée » correspond à une voiture essence d'une puissance de 53 kW, 6,5 L/100 km, 821 kg, moteur de 1 000 cm³, prix hors taxe de 12 000 EUR; une « cylindrée moyenne » correspond à une voiture essence d'une puissance de 132 kW, 9,4 L/100 km, 1 468 kg, moteur de 2 400 cm³, prix hors taxe de 25 000 EUR; une « grosse cylindrée » correspond à une voiture essence ou 4x4 d'une puissance de 300 kW, 16,8 L/100 km, 2 587 kg, moteur de 6 200 cm³, prix hors taxe de 45 000 EUR. Pour les pays où les taxes sur les véhicules à moteur ont une composante CO₂, la taxe est calculée en fonction de la consommation de carburant des véhicules. En ce qui concerne les fédérations dans lesquelles les États perçoivent les taxes en vigueur, les juridictions suivantes ont été utilisées : Nouvelle-Galles-du-Sud (Australie), Ontario (Canada) et Californie (États-Unis). Ces taxes n'incluent pas les taxes non liées à l'environnement comme la TVA, et les composantes environnementales des taxes varient sensiblement entre véhicules de même cylindrée, notamment dans le cas des taxes basées sur les émissions de NO_x de chaque véhicule.

Source : Base de données OCDE/AEE sur les instruments employés dans la politique de l'environnement.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932323582>

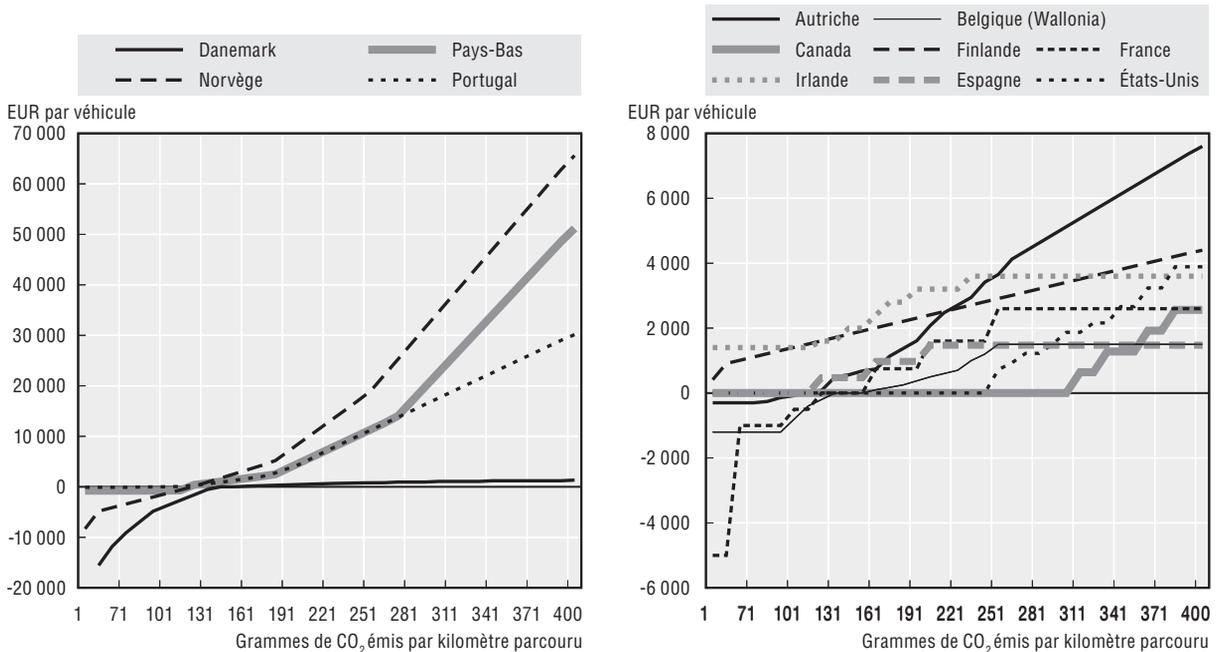
de carburant, les émissions de CO₂ par kilomètre, la puissance du moteur et le poids du véhicule⁴. Plusieurs de ces facteurs entrent souvent dans le calcul de la taxe. La Norvège, par exemple, tient compte des émissions de CO₂, du poids du véhicule et de la puissance du moteur. Chacun de ces éléments étant fortement taxé, les taxes uniques sur les grosses voitures sont bien plus élevées dans ce pays que partout ailleurs dans la zone OCDE; les taxes sur les véhicules de petite et moyenne cylindrée sont plus élevées au Danemark comme l'indique le graphique 2.7. Il existe des cas où la charge fiscale, plus spécialement pour les voitures plus grosses et plus polluantes, peut être égale à plusieurs fois le prix hors taxe du véhicule.

Certaines de ces taxes sont conçues de manière à peser davantage sur les véhicules très polluants. Dans plusieurs pays, les formules utilisées pour le calcul des taxes font intervenir de nombreuses variables différentes. Le graphique 2.8 indique uniquement la composante CO₂ (ou consommation de carburant) de la taxe appliquée aux véhicules dans les pays de l'OCDE. Comme le montre l'OCDE (2009b), la progressivité de ces taxes peut être importante à mesure de l'augmentation des taux d'émissions, comme en Norvège et au Portugal. Par ailleurs, la composante basée sur le CO₂ dans quatre pays, l'Autriche, la Finlande, l'Irlande et l'Espagne, est fonction du prix hors taxes du véhicule et dans plusieurs pays, les taux appliqués sont différents pour les véhicules à essence et les véhicules diesel.

Le graphique 2.9 convertit ces taxes, à partir de leur seule composante CO₂, en une valeur équivalente par tonne de CO₂ émise sur la durée de vie des véhicules, en posant

Graphique 2.8. Composante CO₂ des taxes uniques

Véhicules à essence, 2010



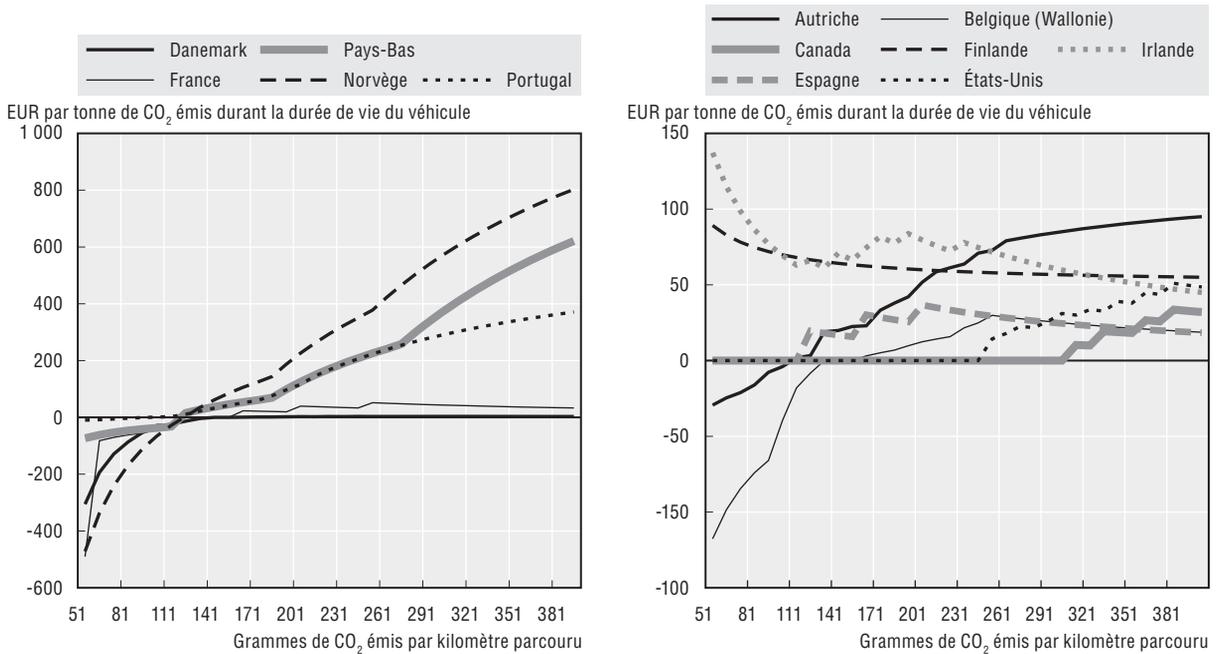
Notes : La composante CO₂ des taxes pour l'Espagne, l'Irlande, la Finlande et l'Autriche est également fonction du prix hors taxes du véhicule; pour cet exemple, on a utilisé un véhicule de 10 000 EUR. On notera que l'échelle des ordonnées n'est pas la même dans les deux graphiques.

Source : Données actualisées issues de la base de données OCDE (2009b).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932323601>

comme hypothèse que chaque véhicule parcourt 200 000 km. Un taux uniforme par tonne de CO₂ fournirait une taxe constante sur les émissions, cohérente en termes de dommages causés à l'environnement. Le mode de fonctionnement des taxes sur les carburants est tel que le taux de la taxe est fixé indépendamment de la quantité de carburant consommée. Dans la moitié environ des pays de l'OCDE qui prélèvent une taxe unique sur les véhicules à moteur, le prix implicite du carbone est négatif à certains niveaux, ce qui indique que la société subventionne en fait les émissions de carbone à travers cet instrument. Avec les systèmes bonus-malus en place, les prix implicites du carbone augmentent, parfois de manière spectaculaire, puisque les émissions par kilomètre augmentent également. D'un autre côté, l'Irlande et la Finlande ont structuré leurs taxes de telle manière que le prix du carbone diminue effectivement à mesure que l'intensité des émissions de carbone augmente.

Parallèlement, les taxes récurrentes (annuelles) sur les véhicules à moteur reposent aussi, dans certaines économies de l'OCDE, sur les émissions de CO₂ et la consommation de carburant, ce qui peut inciter à de nouvelles réductions d'émissions. Dans certains cas, comme en Irlande et au Portugal, les taxes récurrentes et les taxes uniques sont toutes deux liées à l'intensité des émissions de CO₂ du véhicule. Le graphique 2.10 donne un aperçu de l'incidence totale des composantes CO₂ (ou consommation de carburant) des taxes récurrentes et uniques, pour différents niveaux d'émissions. Il indique que les pays optent en général pour des taux implicitement progressifs sur les émissions de carbone des véhicules à moteur, puisque le prix implicite du carbone est beaucoup plus élevé pour les véhicules affichant des intensités d'émissions de 380 g CO₂/km que pour ceux affichant

Graphique 2.9. **Prix implicite du carbone et taxes sur les véhicules à moteur**Calculé à partir de la seule composante CO₂ des taxes uniques sur les véhicules à essence

Notes : Les composantes des taxes concernant le CO₂ pour l'Espagne, l'Irlande, la Finlande et l'Autriche sont également fonction du prix hors taxes du véhicule; pour cet exemple, on a utilisé un véhicule de 10 000 EUR. On a posé comme hypothèse 200 000 km pour la durée de vie des véhicules. On notera que l'échelle des ordonnées n'est pas la même dans les deux graphiques.

Source : Données actualisées issues de la base de données OCDE (2009b).

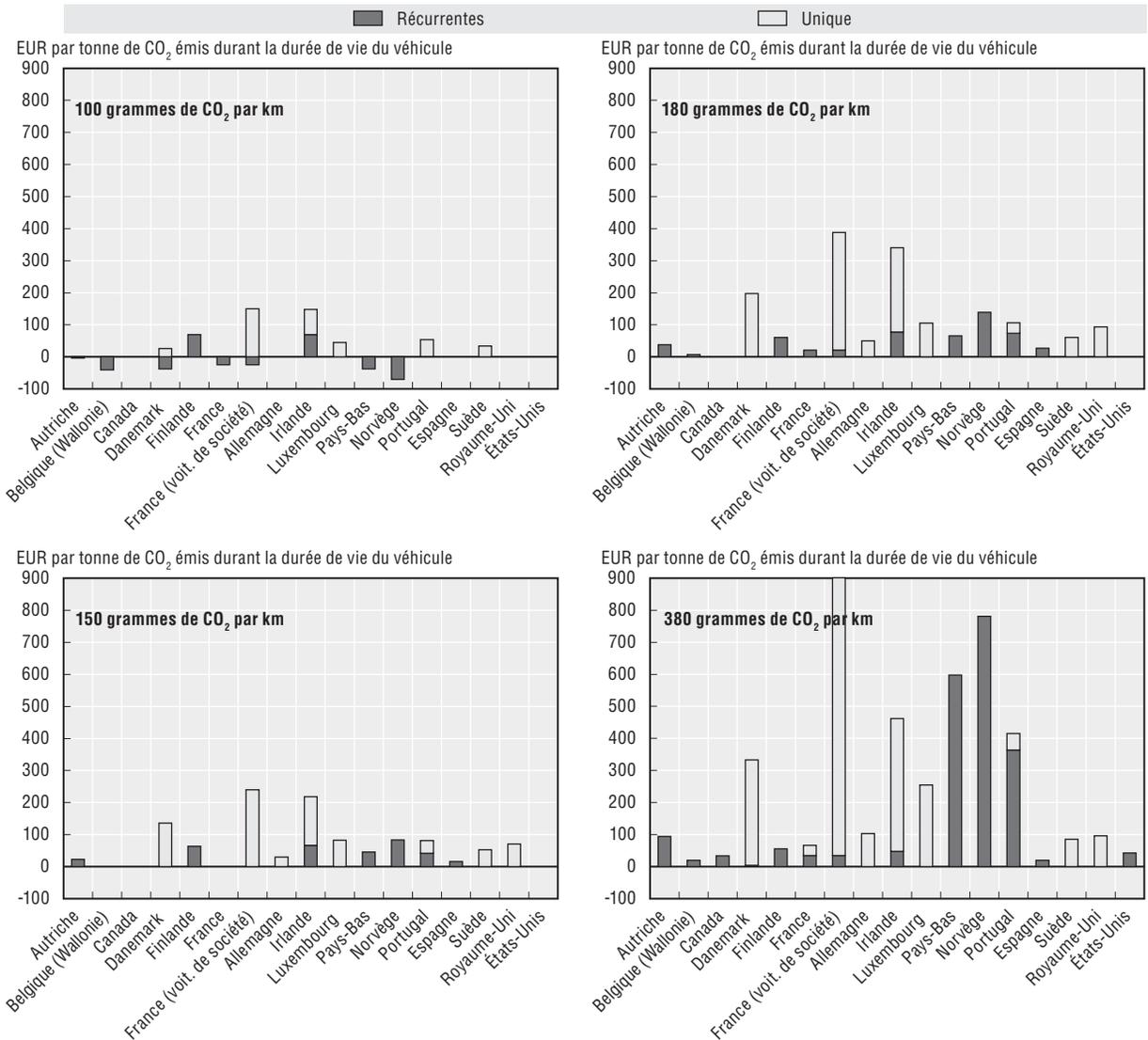
StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888932323620>

100 g CO₂/km. C'est ce que l'on observe en dépit du fait qu'une tonne de CO₂ émis par des véhicules à faible émission cause les mêmes dommages à l'environnement qu'une tonne provenant de véhicules à forte émission.

Ces taux implicites peuvent atteindre des niveaux très élevés. Pour les véhicules émettant 380 g CO₂/km, le prix implicite du carbone dépasse les 300 EUR/tonne au Danemark, en France (uniquement pour les voitures de société, dont la fiscalité est très différente de celle des véhicules à usage personnel en ce qui concerne les taxes récurrentes), en Irlande, aux Pays-Bas, en Norvège et au Portugal, bien au-delà du prix de marché du carbone dans le système communautaire d'échange de quotas d'émission. Ces résultats apportent des informations intéressantes, mais il importe de rappeler que les taxes uniques et récurrentes sur les véhicules à moteur font partie d'une panoplie d'instruments, qui comprend également les taxes sur les carburants, d'autres composantes des taxes uniques et récurrentes sur les véhicules (taxes calculées directement en pourcentage et taxes reposant sur le poids du véhicule et la cylindrée du moteur) ainsi que la tarification routière et les redevances de congestion, qui influent collectivement sur le prix effectif des émissions de CO₂.

2.2.2. Autres taxes

Si les recettes fiscales environnementales concernent majoritairement les véhicules à moteur et les carburants automobiles, certains pays prélèvent également des taxes sur d'autres assiettes d'imposition liées à l'environnement. Ces taxes englobent un large éventail de polluants. Le Danemark, par exemple, a mis en place de nombreuses taxes

Graphique 2.10. **Total des composantes CO₂ dans la fiscalité des véhicules à moteur**Prix implicite du carbone découlant des taxes uniques et récurrentes liées aux émissions de CO₂ des véhicules à essence

Notes : Aucune actualisation n'a été effectuée pour les taxes récurrentes et, si la composante CO₂ est aussi liée au prix du véhicule, on a utilisé une valeur hors taxes nette de 10 000 EUR. On suppose que la durée de vie du véhicule est de 200 000 km.

Source : Données actualisées issues de la base de données OCDE (2009b).

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888932323639>

écologiques qui frappent notamment les couverts jetables, les sacs plastique, les ampoules électriques et le phosphore dans les aliments pour animaux.

Le recours accru aux taxes transparait dans la prolifération d'instruments de ce type dans les pays de l'OCDE, comme le montre le tableau 2.1. Entre 2000 et 2010, un nombre important d'économies de l'OCDE ont adopté de nouvelles taxes (sur les piles et les émissions de NO_x et de COV, par exemple). Sur les 33 pays membres de l'OCDE, 25 prélèvent des redevances sur les déchets.

Même si elles génèrent des recettes relativement modestes, ces taxes peuvent avoir un impact environnemental assez important puisque les élasticités-prix sont généralement plus élevées en valeur absolue, en raison notamment du ciblage plus précis des taxes sur

Tableau 2.1. **Champ d'application des instruments fiscaux**
Mesures fiscales vertes appliquées par les pays

2000				2010		
NO _x	France Italie Rép. tchèque Suède			Australie (ACT, NSW) Canada (BC) Danemark Espagne (Aragon, Castille-La Manche, Galice)	États-Unis (ME) France Hongrie Italie Norvège Pologne Rép. slovaque Rép. tchèque	Suède Estonie ¹
HFC et substances appauvrissant la couche d'ozone	Australie Canada	États-Unis Rép. tchèque		Australie Canada Danemark	États-Unis Norvège Pologne	Rép. slovaque Rép. tchèque
COV (y compris solvants chlorés)	Danemark Norvège	Pologne	Suisse	Australie (ACT, NSW) Canada (BC) Corée	Danemark États-Unis (ME) Norvège Pologne	Rép. tchèque Slovénie Suisse Estonie ¹
Déchets	Allemagne Belgique Canada (AB, BC, MB, NB, NS, ON, PE, QC, échelon fédéral) Corée	Danemark États-Unis (AL, AR, RI, TX, échelon fédéral) Finlande France Grèce	Hongrie Italie Japon Norvège Rép. tchèque Suède Suisse	Allemagne Australie (NSW, échelon fédéral) Autriche (Burgenland, Vienne, échelon fédéral) Belgique Canada (AB, BC, MB, NB, NL, NS, ON, PE, QC, SK, échelon fédéral) Finlande France	Corée Danemark Espagne (Andalousie, Catalogne, Madrid) États-Unis (AL, AK, AR, FL, IN, IA, KS, LA, MD, MS, MO, NE, NJ, NY, OH, RI, SC, TX, VA, WA, échelon fédéral) Finlande France	Hongrie Islande Israël (à compter de 2011) Italie Japon Norvège Pays-Bas Pologne Portugal Rép. slovaque Rép. tchèque Royaume-Uni Suède Suisse
Piles	Belgique Canada (BC)	Corée	Danemark	Autriche Belgique Canada (BC) Corée Danemark	États-Unis (FL, MS, SC, TX) Hongrie Islande Italie	Pologne Portugal Rép. slovaque Suède Suisse

Notes : La catégorie « déchets » inclut les redevances de mise en décharge ou d'incinération, ainsi que les prélèvements sur des biens spécifiques pouvant causer des problèmes au niveau du traitement des déchets (boîtes de peinture, appareils photo numériques, etc.); les piles ne sont pas incluses dans la catégorie des déchets, étant donné qu'elles sont considérées comme une catégorie à part.

1. L'Estonie est un pays en voie d'adhésion à l'OCDE.

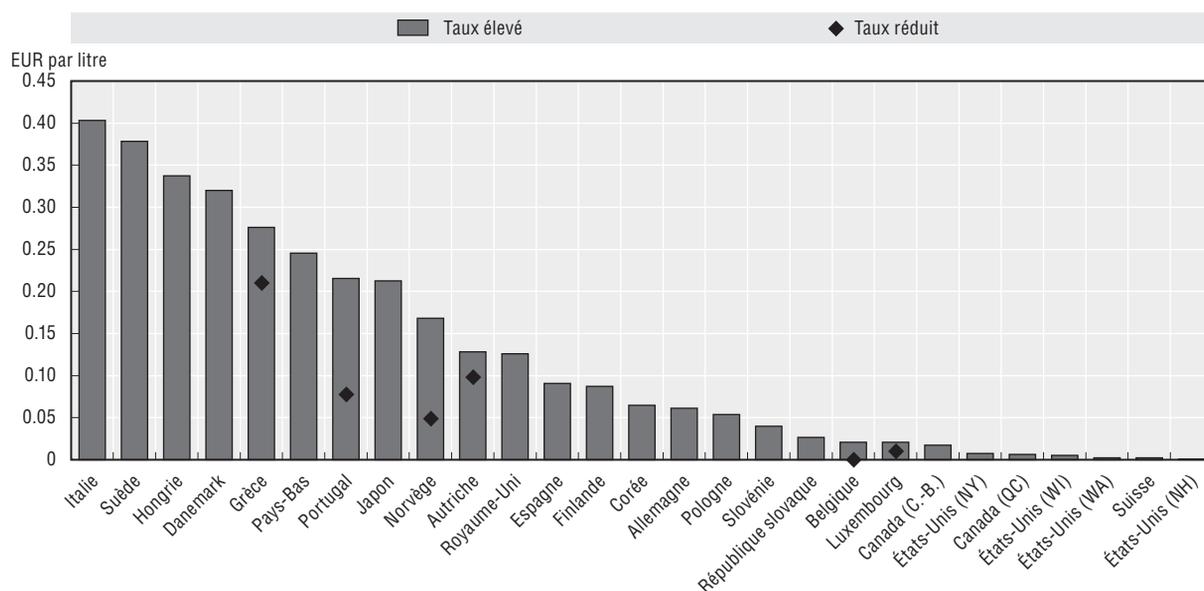
Source : Base de données OCDE/AEE sur les instruments employés dans la politique de l'environnement.

le polluant concerné. Toutefois, pour adopter des taxes dont l'assiette peut être plus étroite, les États doivent mettre en balance l'efficacité de la politique environnementale et la complexité générale/lourdeur administrative du dispositif fiscal.

Fioul léger

Après avoir analysé les taxes sur les carburants dans les économies de l'OCDE, il peut être intéressant d'examiner les taxes sur le fioul léger à titre de comparaison. Le fioul léger est, sur le plan pratique, presque identique au gazole utilisé dans les véhicules à moteur, mais il est taxé pour des usages autres que le transport routier, comme par exemple le chauffage ou divers procédés industriels. Dans la plupart des cas, les taux indiqués dans le graphique 2.11 sont nettement inférieurs à ceux des carburants (gazole) comparables utilisés pour le transport routier (voir graphique 2.5). Dans plusieurs pays, le fioul léger n'est tout simplement soumis à aucun instrument d'écofiscalité.

Graphique 2.11. Taxes sur le fioul léger



Notes : Au 1^{er} janvier 2010. Lorsqu'il existe plusieurs taux pour différents types de fioul léger (gazole, kérosène, par exemple) on a utilisé celui du gazole. Les taux sont réduits pour des raisons diverses : usages différents, caractéristiques différentes ou accords négociés entre les entreprises et les pouvoirs publics. Lorsqu'il existe de multiples taux réduits, c'est le plus faible qui est indiqué en tant que « taux bas ».

Source : Base de données OCDE/AEE sur les instruments employés dans la politique de l'environnement.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932323658>

Émissions d'oxydes d'azote

Les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) contribuent pour une large part à la pollution atmosphérique locale; par réaction avec d'autres substances, cette famille de composés a des effets négatifs sur la santé et l'environnement. Par exemple, les NO_x interviennent dans la formation de l'ozone troposphérique (smog), des pluies acides, des particules dans l'air et contribue au changement climatique et à la détérioration de la qualité de l'eau; ils sont généralement produits par combustion. Des réglementations de plus en plus strictes ont considérablement réduit les émissions de NO_x des véhicules à moteur; aux États-Unis, par exemple, celles-ci ont diminué de 38 % entre 1970 et 2008, même si le nombre de voitures et le nombre de kilomètres parcourus ont considérablement augmenté. Néanmoins, l'EPA (2009) indique que 68 % des émissions de NO_x aux États-Unis proviennent de sources fixes.

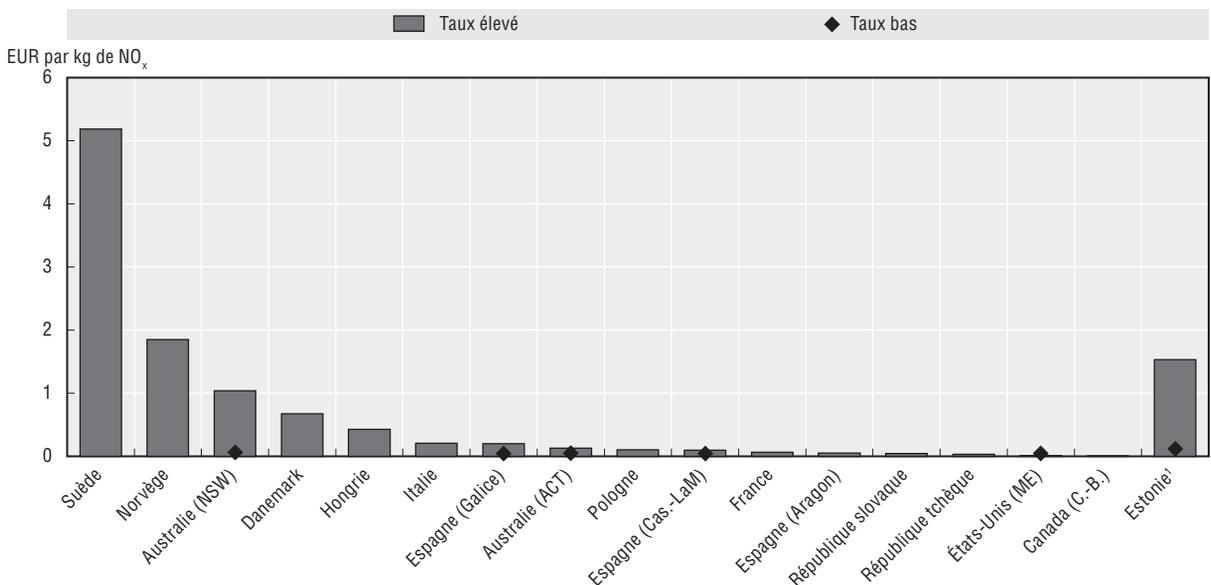
C'est pour ces raisons notamment que certains pays de l'OCDE sont allés plus loin que la réglementation en taxant directement les émissions atmosphériques de NO_x ou en instaurant des systèmes de permis négociables (comme les États-Unis et la Corée). Comme le montre l'expérience de la Suède évoquée dans l'encadré 3.2, il peut s'avérer difficile de calculer les émissions de NO_x dans la mesure où de nombreux éléments influent sur leur formation durant le processus de combustion. Des systèmes de contrôle sophistiqués sont donc généralement nécessaires pour évaluer correctement ces émissions. Leur coût de départ peut retarder l'application de ce type de taxes mais, une fois en place, ils fournissent beaucoup d'informations aux organismes de réglementation et aux personnes soumises à ces dispositions, et peuvent entraîner des réductions d'émissions significatives.

Le graphique 2.12 illustre les taxes sur les émissions de NO_x appliquées dans certains pays de l'OCDE. En général, les taux sont relativement faibles, le plus souvent inférieurs à 0.20 EUR par kilogramme. La Suède, la Norvège et, dans certaines circonstances, la Nouvelle-Galles-du-Sud en Australie, appliquent cependant des taux beaucoup plus élevés. La Suède, qui affiche le taux le plus élevé de l'OCDE, a assorti ce prélèvement d'une condition qui est que la totalité du produit de la taxe soit redistribuée aux producteurs qui l'acquittent, en fonction de leur production d'énergie; dans l'État du Maine, le taux augmente avec le niveau d'émissions et dépend des recettes totales perçues (c'est-à-dire que si un certain seuil de recettes n'est pas atteint, la surtaxe peut être doublée). Enfin, la taxe australienne (voir l'encadré 2.4 pour plus de détails sur le système d'autorisation basé sur les rejets qui a été adopté en Nouvelle-Galles-du-Sud) est certainement la plus complète dans la mesure où elle varie en fonction de la quantité émise ainsi que de l'endroit et du moment de l'année où se produisent les émissions, ce qui permet de mieux tenir compte des dommages réels causés.

Solvants chlorés

Plusieurs pays prélèvent des taxes sur les solvants chlorés, produits chimiques utilisés dans différents procédés industriels. Certains solvants chlorés qui contribuent à l'appauvrissement de la couche d'ozone, comme par exemple les hydrocarbures chlorofluorés, sont soumis à un contrôle strict depuis le Protocole de Montréal. D'autres continuent d'être utilisés dans des branches d'activité précises, généralement le nettoyage

Graphique 2.12. Taxes sur les émissions atmosphériques de NO_x



Notes : Au 1^{er} janvier 2010. Les taux élevés correspondent au taux en vigueur le plus élevé (généralement le taux standard) et les taux bas correspondent au taux le plus faible en vigueur dans la juridiction concernée (en général en fonction du moment, du lieu et des modalités d'émission). En ce qui concerne l'Australie, NSW signifie l'État de Nouvelle-Galles-du-Sud et ACT le Territoire de la Capitale australienne; en ce qui concerne l'Espagne, Cas.-LaM signifie la communauté autonome de Castille-La Manche; pour les États-Unis, ME signifie l'État du Maine et pour le Canada C.-B. signifie la province de Colombie-Britannique.

1. L'Estonie est un pays en voie d'adhésion à l'OCDE.

Source : Base de données OCDE/AEE sur les instruments employés dans la politique de l'environnement.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888932323677>

Encadré 2.4. Fiscalité intégrée : systèmes d'autorisation axés sur la charge polluante en Nouvelle-Galles-du-Sud

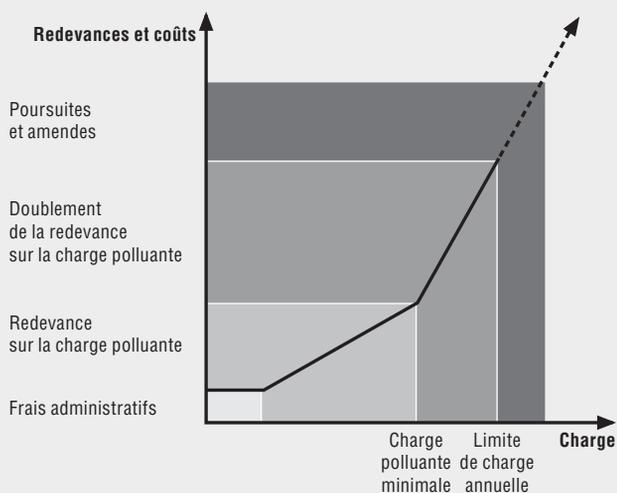
Plusieurs pays sont en train d'évoluer vers une approche plus intégrée de la fiscalité environnementale et suppriment un grand nombre de petites taxes et réglementations visant les différents polluants pour privilégier une approche plus unifiée. Cette méthode a pour avantage non seulement de réduire les coûts administratifs pour l'État et l'industrie, mais aussi de faire percevoir plus facilement les dommages relatifs causés par les différents polluants.

En Australie, le gouvernement de la Nouvelle-Galles-du-Sud a adopté un vaste dispositif de lutte contre la pollution industrielle qui regroupe un grand nombre de taxes et réglementations environnementales, couplées à un système général d'autorisations. Mis en œuvre en 1999 dans le cadre du *Protection of the Environment Operations Act* de 1997, ce dispositif marque une évolution vers une approche globale couvrant tous les polluants d'une même source et ne comporte aucune prescription en matière de technologie ou de réduction des émissions.

Le dispositif englobe un grand nombre d'industries et intègre en permanence de nouveaux entrants. Ce système général d'autorisations est censé fixer les plafonds d'émissions, les conditions de suivi et de notification, ainsi que l'assiette des prélèvements pour un large éventail de polluants. Pour commencer, tous les titulaires d'une autorisation sont soumis à des frais d'administration générale calculés en fonction de leur taille, et qui diffèrent selon les branches d'activité. Ces frais constituent le montant minimum de prélèvements. Certaines industries sont en outre assujetties à des taxes reposant sur la charge polluante qui leur est imputée et calculées en fonction de plusieurs critères liés aux dommages causés à l'environnement :

- la quantité de polluants émis (charge servant d'assiette) ;
- une pondération en fonction des dommages causés par le polluant considéré (pondération axée sur les polluants) : par exemple pour le mercure le facteur de pondération est 77 000 alors que pour les oxydes de soufre il est de 1.5 ;
- une pondération en fonction de la situation environnementale locale (pondération axée sur les zones critiques) : par exemple on applique aux zones dans lesquelles les émissions de COV sont déjà élevées (zones urbaines) un facteur de pondération beaucoup plus élevé qu'aux autres zones (zones rurales) ;
- la redevance par unité de pollution (unités pour le calcul de la taxe sur les polluants) ;
- enfin, si la charge imposable dépasse un seuil donné on double les taux. Au-delà d'un certain seuil de pollution annuel, les taxes se transforment en amendes et des poursuites sont engagées.

Parce qu'il intègre les taxes et redevances visant un large éventail de polluants, ce dispositif offre un outil plus complet et plus efficace pour faire face aux problèmes environnementaux. Par exemple, il existe pour les entreprises qui produisent du coke un dispositif unique qui évalue leurs émissions de benzène, de benzo(a)pyrène, de particules grossières, de particules fines, de sulfure d'hydrogène, d'oxydes d'azote, d'oxydes sulfureux et de composés organiques volatils dans l'air, ainsi que leurs rejets d'huile et de graisse, de solides en suspension, de dérivés phénoliques et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'eau.



Encadré 2.4. Fiscalité intégrée : systèmes d'autorisation axés sur la charge polluante en Nouvelle-Galles-du-Sud (suite)

Pour encourager les investissements antipollution, les entreprises peuvent conclure des accords avec l'Agence pour la protection de l'environnement (EPA). Ces accords permettent aux entreprises qui adoptent des mesures antipollution d'être, en contrepartie, évaluées sur la base des taux de pollution prévus après mise en œuvre de ces mesures durant toute la période de mise en œuvre (qui peut aller jusqu'à trois ans).

Ce programme laisse une marge de manœuvre aux entreprises pour trouver de nouvelles possibilités de réduire la pollution (et par conséquent son incidence fiscale), ainsi qu'à l'administration. Après avoir constaté que la taxe sur la pollution de l'eau était adaptée mais que celle sur la pollution de l'air n'était pas assez élevée pour atteindre les objectifs prévus, le gouvernement a augmenté cette taxe en 2004 sans avoir à délivrer de nouvelles autorisations aux entreprises concernées. En 2001-02, le dispositif a permis de collecter 16 millions AUD, puis 33 millions AUD en 2007-08, en partie grâce à l'extension de la couverture du dispositif.

Source : NSW EPA (2001) et Base de données OCDE/AEE sur les instruments employés dans la politique de l'environnement.

à sec et le dégraissage de métaux. Ces substances qui ne contribuent pas à l'appauvrissement de la couche d'ozone continuent cependant d'avoir un impact sur la santé humaine et l'environnement et sont généralement réglementées aux fins de la protection de l'environnement. Au début des années 90, quelques pays ont commencé de répondre aux craintes que suscitent ces produits chimiques par le biais de taxes. Le tableau 2.2 en donne un aperçu.

Il est intéressant d'observer que, lorsqu'on dispose de données sur l'efficacité des taxes, les résultats sont tout à fait remarquables. Le Danemark et la Norvège ont enregistré

Tableau 2.2. Taxes sur les solvants chlorés

Lieu	Nom de la mesure	Type de taxe	Taux au 01.01.2010	Recettes générées	Efficacité
Corée	Taxe sur les effluents aqueux.	Taxe sur les rejets de tétrachloréthylène et de trichloréthylène dans l'eau.	186.39 EUR /kg		
Danemark	Taxe sur certains solvants chlorés.	Taxe sur les rejets de dichlorométhane, tétrachloréthylène, trichloréthylène.	0.27 EUR/kg	0.1 million USD (2007).	La loi est entrée en vigueur en janvier 1996. D'après les estimations, la consommation de trichloréthylène est passée de 1 000 tonnes/an avant l'application de la taxe, à 356 tonnes/an en 1998. Pour le tétrachloréthylène, elle est tombée de 720 à 463 tonnes/an en 1998.
Norvège	Taxe sur le trichloroéthane (TRI) et le perchloréthylène (PER).	Taxe sur les intrants nocifs.	7.10 EUR /kg ¹	PER : 0.5 million USD (2008). TRI : 0.4 million USD (2008).	Taxe entrée en vigueur en 2000. D'après les estimations, l'utilisation de TRI a été ramenée de 500 tonnes en 1999, à 139 tonnes en 2001. Concernant le PER, l'utilisation a été ramenée de 270 tonnes en 1999, à 32 tonnes en 2001.
Pologne	Redevance sur la pollution atmosphérique.	Taxe sur les émissions de trichloroéthane dans l'air.	37.97 EUR /kg		

1. En ce qui concerne la Norvège, 41% de la redevance est remboursée pour les produits recyclés ou éliminés de manière appropriée.

Source : Base de données OCDE/AEE sur les instruments employés dans la politique de l'environnement. La source d'information concernant l'efficacité de la taxe est le ministère danois de l'Environnement (2000) pour le Danemark, et Sterner (2004) pour la Norvège.

des réductions considérables de la consommation de solvants chlorés dans leur pays en présence de taux d'imposition très différents. Certains pays ont recours à d'autres instruments pour limiter l'utilisation de ces produits chimiques; la Suède les interdit totalement⁵, le Canada délivre des licences avec des plafonds dégressifs dans le temps, et l'Allemagne impose des normes techniques concernant leur utilisation. Dans tous ces pays, les recettes générées sont relativement faibles, ce qui indique qu'elles ne constituent pas la principale raison de l'application de ces taxes.

Pesticides et engrais

Les pesticides peuvent être tout à fait nocifs pour l'environnement, de par leurs effets sur la faune et la flore sauvages, la biodiversité et les systèmes d'alimentation en eau qu'ils contaminent par ruissellement. Certaines substances sont soumises à un contrôle sévère dans les économies de l'OCDE, les autorisations de mise sur le marché ne sont délivrées par les pouvoirs publics qu'à l'issue de procédures réglementaires strictes. Les pays utilisent généralement différentes méthodes pour réduire l'utilisation de ces produits dans le monde agricole : campagnes d'information, réglementation de l'utilisation et méthodes permettant d'en limiter l'usage. Cependant, seuls quelques pays prélèvent effectivement des taxes sur les pesticides dans le but de limiter l'application autorisée. Même s'ils ne sont pas potentiellement aussi toxiques que les pesticides, les engrais peuvent avoir aussi une incidence importante, notamment sur la qualité des eaux du fait qu'ils enrichissent les eaux de ruissellement. Le tableau 2.3 présente différentes mesures adoptées par les pays dans ce domaine. Les recettes provenant de ces taxes varient aussi considérablement, allant de 80 millions USD au Danemark en 2007 pour les pesticides, à 11.5 millions USD en Norvège, compte tenu des différents taux appliqués par ces pays.

Il est intéressant d'observer la variété des mesures adoptées par les pays. La Suède, par exemple, impose la même taxe par unité de produit actif sur tous les types de pesticides, appliquant le même taux aux produits relativement inoffensifs qu'aux produits plus toxiques. D'autres pays appliquent une taxe qui est égale à un pourcentage du prix du produit. Ainsi, un gros utilisateur achetant des pesticides en gros paie moins cher l'unité de pesticide qu'un jardinier amateur achetant son produit dans un commerce de quartier.

La Norvège a abandonné en 1998 le système des taxes en pourcentage perçues sur les importations de pesticides pour passer à la méthode qui classe par catégories l'ensemble des pesticides en fonction de leurs effets nocifs sur la santé humaine et l'environnement. Ce faisant, elle indique la valeur spécifique correspondant au dommage causé, indépendamment du prix du pesticide. Non seulement cela encourage une utilisation plus prudente des pesticides en général, mais cela incite également à utiliser des substituts moins dommageables puisque les prix des pesticides sont différenciés. Ce système peut toutefois se révéler très lourd à administrer tant pour les organismes de réglementation que pour l'industrie. En Norvège, le problème est moindre puisque 188 pesticides seulement sont autorisés⁶. Ce niveau d'homologation est très différent de celui qui existe au Royaume-Uni où 3 075 pesticides ont été homologués⁷. L'adoption en cours, dans l'Espace économique européen, du programme REACH concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances, permettra aux gouvernements de disposer d'informations plus complètes sur les risques encourus afin d'étayer leurs décisions concernant la fiscalité environnementale des pesticides.

Tableau 2.3. **Taxes sur les pesticides et les engrais**

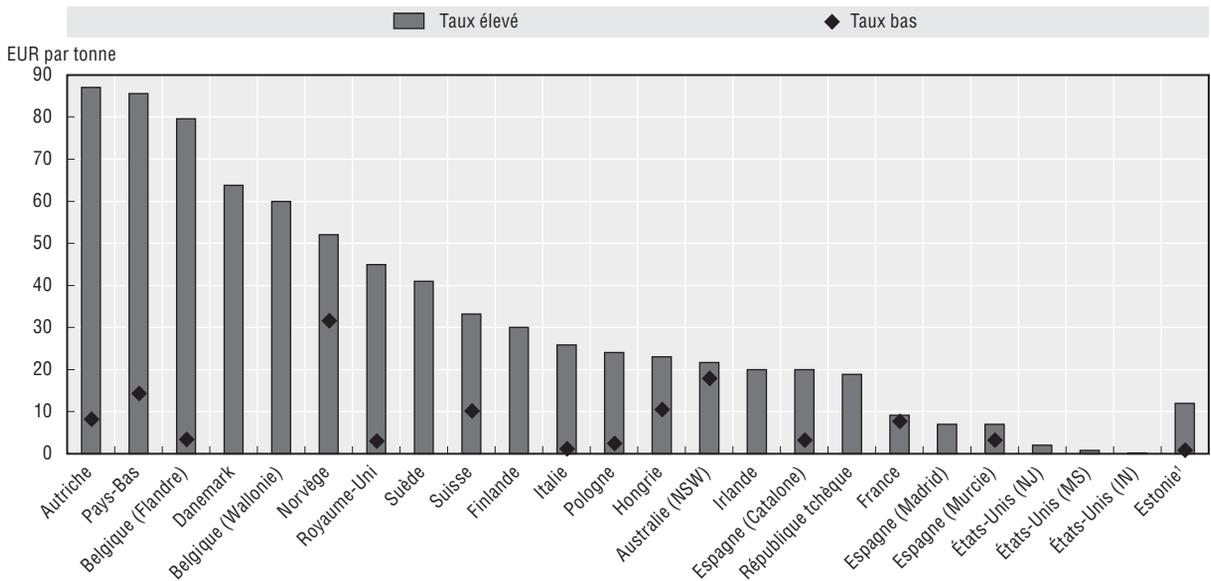
	Description des taxes en vigueur le 1 ^{er} janvier 2010	Remarques
Canada (Colombie-Britannique)	0.7568 EUR par litre de pesticide.	Produit affecté au programme de gestion des résidus.
Danemark	Pesticides : 35 % du prix de détail des produits chimiques destinés à la désinfection des sols et des insecticides; 25 % du prix de détail des produits chimiques répulsifs pour les insectes et les mammifères, des produits chimiques destinés à limiter la croissance des végétaux, des fongicides et herbicides; et 3 % du prix de détail des produits chimiques répulsifs pour les rats, les souris, les taupes et les lièvres, et des fongicides pour la protection du bois. Engrais : 0.67 EUR par kg d'azote.	Les exportations sont exonérées. Affecté au secteur de l'environnement et de l'agriculture. Applicable uniquement à l'azote utilisé en dehors du secteur agricole.
États-Unis	0.001 EUR – 0.004 EUR par kg	Affecté aux activités d'inspection financière.
France	Sept catégories de pesticides, les taux allant de 0.38 EUR par kg à 1.68 EUR par kg	
Norvège	Taxe par kg ou litre de pesticide = (taux de base * facteur) * 1 000 / dose standard La dose standard est le taux d'application maximal en kilogrammes ou litres par hectare pour la culture principale pour laquelle ce pesticide particulier est utilisé. Le taux de base est fixé par les pouvoirs publics et est identique pour tous les produits (il était de 3.12 EUR par kg ou litre en 2005). Le facteur est une pondération basée sur le niveau de risque relatif du pesticide selon le tableau suivant : Facteur Produits	
	0.5 Produits présentant un faible risque pour la santé humaine et un faible risque pour l'environnement	
	3 Produits présentant un faible risque pour la santé humaine et un risque modéré pour l'environnement, ou présentant un risque modéré pour la santé humaine et un faible risque pour l'environnement	
	5 Produits présentant un faible risque pour la santé humaine et un risque important pour l'environnement, ou présentant un risque modéré pour la santé humaine et pour l'environnement, ou présentant un risque important pour la santé humaine et un faible risque pour l'environnement	
	7 Produits présentant un risque modéré pour la santé humaine et un risque important pour l'environnement, ou présentant un risque important pour la santé humaine et un risque modéré pour l'environnement	
	9 Produits présentant un risque important pour la santé humaine et pour l'environnement	
	50 Produits concentrés pour jardins	
	150 Produits pour jardins prêts à l'emploi	
Suède	Pesticides : 3.11 EUR par kg entier de composant actif.	Les produits de préservation du bois sont exonérés

Source : Base de données OCDE/AEE sur les instruments employés dans la politique de l'environnement et OCDE (2005).

Déchets

Il existe dans les pays de l'OCDE plusieurs programmes visant à réduire les quantités de déchets ménagers ou industriels. Les programmes de recyclage et de compostage, les mesures prises par les fabricants pour réduire les déchets, ainsi que les systèmes de responsabilité élargie des producteurs sont quelques-uns des nombreux types de programmes existants. Ces mesures ne permettent toutefois pas d'éliminer tous les déchets, et des solutions doivent être trouvées pour traiter ceux qui restent. Les options envisageables se classent en gros dans deux catégories, l'incinération et la mise en décharge, qui ont toutes deux des effets dommageables sur l'environnement.

Le graphique 2.13 illustre les taxes de mise en décharge dans les pays de l'OCDE. Ces taxes dépendent de nombreux facteurs qui peuvent varier selon les pays, tels que la composition des déchets municipaux, la capacité des décharges de maîtriser les dommages environnementaux (notamment les infiltrations dans les nappes souterraines), l'existence d'autres solutions envisageables ou la disponibilité de terrains utilisables à cette fin. L'Autriche et les Pays-Bas sont les pays de l'OCDE où les taxes sont les plus

Graphique 2.13. **Taxe de mise en décharge**

Notes : Au 1^{er} janvier 2010. Les taxes de mise en décharge ou de transformation des déchets (hors incinération) n'incluent pas les taxes sur les déchets dangereux ou les boues, ni les taxes ou redevances sur les décharges sauvages. On notera qu'en Israël, une redevance de mise en décharge doit entrer en vigueur en 2011 à un taux de 9 EUR par tonne.

1. L'Estonie est un pays en voie d'adhésion à l'OCDE.

Source : Base de données OCDE/AEE sur les instruments employés dans la politique de l'environnement.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932323696>

élevées, tandis que les taux les plus faibles sont observés dans les quelques États des États-Unis qui appliquent effectivement des taxes de mise en décharge.

Contrairement à beaucoup d'autres taxes et redevances examinées précédemment, les taxes sur les déchets exercent un impact moins direct. Dans le cas des émissions de NO_x, par exemple, les entreprises émettrices sont assujetties à une taxe calculée sur la base de leurs émissions et la plupart d'entre elles ont les moyens de réduire leurs émissions. Cependant, il peut exister un décalage important entre la perception de la taxe (lorsque les ordures ménagères sont mises en décharge) et l'action à l'origine du dommage (la création de déchets par le producteur). En raison de ce décalage, il peut se révéler difficile de répercuter la taxe sur les ménages, ces derniers ayant peu de prise sur des aspects tels que le conditionnement des produits, qui dépendent des producteurs. L'efficacité des taxes sur les déchets est moindre lorsque les possibilités de recyclage et de compostage sont limitées ou qu'il existe des décharges sauvages.

2.3. Exonérations et allègements de fiscalité environnementale

Si les politiques de portée générale sont en principe très efficaces pour faire face aux problèmes environnementaux, les régimes fiscaux présentent souvent des caractéristiques telles que l'on ne peut guère les considérer comme de portée générale, et ce pour un certain nombre de raisons. Dans certains cas, comme celui présenté dans l'encadré 2.3, la fiscalité environnementale peut être utilisée pour s'attaquer à des problématiques autres que la seule protection de l'environnement. Si toutes les sources de pollution doivent assumer l'intégralité des coûts des externalités négatives auxquelles elles contribuent, toutes les sources ne contribuent pas aux mêmes externalités.

La politique fiscale agricole offre une bonne illustration de l'importance de bien comprendre pourquoi et dans quelles conditions il convient de ne pas appliquer une fiscalité de portée générale. Les activités agricoles sont exemptées de nombreuses taxes liées à l'environnement, comme par exemple la taxe sur l'azote au Danemark, la taxe sur l'extraction d'eaux souterraines aux Pays-Bas ou la taxe sur les pneumatiques dans la province canadienne du Manitoba. Cependant, les exonérations et réductions les plus importantes accordées au secteur agricole concernent les carburants et les véhicules à moteur, comme l'indique le tableau 2.4.

Bien souvent, les exonérations accordées aux agriculteurs ne sont pas logiques du point de vue environnemental. Les prélèvements dans les aquifères causent les mêmes dommages s'ils sont effectués par un agriculteur ou par toute autre personne. Il en va de même pour l'utilisation des pneumatiques ou leur élimination. La situation est différente toutefois en ce qui concerne les taxes sur les véhicules à moteur et les carburants. Ces taxes écologiques sont parfois justifiées par des raisons liées ou non à l'environnement : utilisation des routes et autoroutes financées par des deniers publics, effets sanitaires de la pollution atmosphérique locale, coûts des accidents de la route, besoins de recettes générales de l'État et, enfin, contribution des gaz à effet de serre au changement climatique. Il est évident que le carburant utilisé dans le secteur agricole ne contribue pas à chacun des effets auxquels les taxes sur les carburants et sur les véhicules peuvent s'efforcer de faire face. La consommation de carburant dans les exploitations agricoles n'est pas liée à l'utilisation d'infrastructures routières et autoroutières et ne contribue certainement pas pour une large part à la congestion urbaine, et la pollution atmosphérique locale ne touche vraisemblablement qu'un nombre limité de personnes dans les pays moins densément peuplés. Pour toutes ces raisons, la réduction du montant de la taxe pour l'agriculture peut se justifier dans certains cas. Dans la mesure où toutes les émissions de gaz à effet de serre, quelque soit leur origine, contribuent de la même façon au réchauffement climatique au niveau mondial, par exemple, il ne semble guère approprié d'accorder des exonérations totales des taxes liées à l'environnement. De manière générale, les exonérations de taxes environnementales doivent être pesées avec soin, compte tenu des multiples considérations qui entrent en jeu dans la fixation des taux.

Des réductions, exonérations et autres dispositions spéciales peuvent aussi intervenir du fait des problèmes que pose aux gouvernements la mise en place de taxes liées à l'environnement, et qui portent sur deux aspects : la compétitivité sectorielle et les effets redistributifs (OCDE, 2006). Ces aspects ont en général un impact sur d'autres dossiers importants de l'action gouvernementale comme la politique sociale ou la politique économique ou industrielle. Pour faciliter l'application de ces taxes, les gouvernements doivent trouver un juste équilibre entre les diverses incidences et s'efforcer de trouver des moyens de limiter les conséquences défavorables. Lorsque certains pollueurs sont exemptés ou moins touchés, ces mesures peuvent faire varier considérablement la valeur attribuée aux dommages environnementaux causés par des activités comparables.

Concernant le premier aspect, il ne fait aucun doute que la fiscalité environnementale entend avoir des effets sur la compétitivité. Imposer une taxe par unité de polluant devrait affecter beaucoup plus l'entreprise très polluante qui fabrique un produit donné, que celle qui a trouvé une méthode de production moins polluante pour le même produit. L'entreprise polluante est pénalisée sur le plan concurrentiel justement parce qu'elle crée davantage de ce à quoi la société attribue une valeur négative. Cette taxe devrait même

Tableau 2.4. **Exonérations totales de taxes environnementales pour l'agriculture**

Allemagne	<ul style="list-style-type: none"> ● Taxe sur les véhicules à moteur (récurrente) ● Taxe sur les prélèvements d'eau (Mecklenbourg-Poméranie-Occidentale) 	Islande	<ul style="list-style-type: none"> ● Accise sur les véhicules à moteur (unique)
Autriche	<ul style="list-style-type: none"> ● Taxe sur les véhicules à moteur (récurrente) 	Italie	<ul style="list-style-type: none"> ● Droits d'accise sur les produits énergétiques (gazole pour les cultures sous serres)
Belgique	<ul style="list-style-type: none"> ● Taxe routière supplémentaire (récurrente) ● Taxe routière (récurrente) ● Droits d'accise (gazole, kérosène, fioul lourd, GPL, essence, gaz naturel, électricité, charbon, coke ou lignite) 	Japon	<ul style="list-style-type: none"> ● Taxe sur l'essence et le charbon (charbon, gaz naturel et autres combustibles) ● Taxe sur les livraisons de fioul léger ● Redevance sur les prélèvements d'eau des rivières
Canada	<ul style="list-style-type: none"> ● Taxes sur les carburants (gazole, essence et autres produits énergétiques dans les provinces AB, BC, MB, NB, NL, NS, ON, PE, QC, SK) ● Taxe sur les pneumatiques (MB) ● Droit d'enregistrement supplémentaire pour les véhicules de grosse cylindrée (QC) ● Redevance sur les prélèvements d'eau (NS) 	Luxembourg	<ul style="list-style-type: none"> ● Taxe sur les huiles minérales (gazole, essence)
Danemark	<ul style="list-style-type: none"> ● Taxe sur l'azote 	Norvège	<ul style="list-style-type: none"> ● Taxe annuelle sur les véhicules à moteur, en fonction de leur poids ● Taxe sur le gazole ● Taxe sur la consommation d'électricité (cultures en serres)
Espagne	<ul style="list-style-type: none"> ● Taxe sur l'eau (Aragon, Asturies, îles Baléares, Cantabrie, Catalogne, Galicie, La Rioja) ● Taxe sur les déchets (Madrid, Murcie) ● Taxe sur les dommages environnementaux dus à certaines utilisations d'eau provenant des réservoirs (Galice) ● Taxe sur la pollution atmosphérique (élevage de porcs en Murcie) ● Taxe sur l'immatriculation des véhicules (unique et récurrente) 	Pays-Bas	<ul style="list-style-type: none"> ● Taxe sur les véhicules à moteur (récurrente) ● Taxe sur les prélèvements d'eau souterraine
États-Unis	<ul style="list-style-type: none"> ● Taxe sur les carburants (gazole et essence dans les États CT, IN, MN, NY, SD, WA, WY) ● Taxe sur les carburants (fioul léger dans les États NY, WA) ● Taxe sur les carburants (gaz naturel dans l'État SD) ● Taxe sur l'utilisation d'aéronefs (MN) ● Taxe sur le gaz naturel comprimé ● Taxe sur le carburant pour l'aviation commerciale ● Taxe sur le gazole ● Taxe sur l'essence ● Taxe sur le carburant pour l'aviation non commerciale ● Taxe sur les carburants spéciaux ● Taxe sur les poids lourds et les remorques ● Taxe sur les véhicules gourmands en carburant 	Portugal	<ul style="list-style-type: none"> ● Taxe sur la circulation des véhicules à moteur (récurrente)
France	<ul style="list-style-type: none"> ● Taxe à l'essieu (récurrente) 	Rép. tchèque	<ul style="list-style-type: none"> ● Redevances visant à couvrir l'administration des cours d'eau et des bassins versants ainsi que les dépenses d'intérêt public (taxe sur les prélèvements d'eau) ● Taxe routière
Hongrie	<ul style="list-style-type: none"> ● Accise sur le gazole ● Taxe sur les véhicules à moteur (récurrente) 	Suisse	<ul style="list-style-type: none"> ● Taxe sur les poids lourds en fonction de la distance parcourue et du poids du véhicule ● Taxe sur les véhicules à moteur (Berne)
Irlande	<ul style="list-style-type: none"> ● Taxe sur l'huile minérale appliquée au charbon 	Estonie ¹	<ul style="list-style-type: none"> ● Taxe sur les prélèvements d'eau

Notes : Il s'agit d'exonérations totales spécialement pour l'agriculture; l'agriculture bénéficie également de taux réduits pour certaines taxes environnementales, qui ne sont pas pris en compte ici. Des définitions plus larges des exonérations peuvent indirectement inclure l'agriculture et les procédés agricoles, mais il n'en n'a pas été tenu compte.

1. L'Estonie est un pays en voie d'adhésion à l'OCDE.

avoir un impact sur la compétitivité des substituts ou compléments. Ce sont ces effets sur la compétitivité qui incitent à trouver des méthodes de production moins dommageables pour l'environnement et des produits dont l'utilisation a moins de conséquences négatives.

Cependant, des problèmes de compétitivité peuvent également se poser dans des économies ouvertes lorsque les pays appliquent des politiques plus rigoureuses qu'ailleurs. L'industrie et les gouvernements savent que les politiques qui taxent lourdement les entreprises nationales peuvent encourager la délocalisation de la production, ce qui nuit à la performance de l'économie nationale et ne contribue guère à protéger l'environnement. De toute évidence, la solution optimale serait qu'une grande coalition de pays adopte des mesures similaires conformes à leurs priorités environnementales. Si ce n'est pas réalisable ou s'il existe de fortes pressions politiques, des mesures correctrices sont prises, généralement sous forme d'exonérations ou de taux réduits accordés aux industries très polluantes ou encore de recyclage des recettes fiscales en faveur de l'industrie concernée (sur une base différente de celle sur laquelle elles ont été collectées).

Toutefois, les problèmes de compétitivité de ce type peuvent être pris en charge sans nécessairement exempter certaines branches d'activité ou entreprises des taxes environnementales. Les exonérations vont à l'encontre des dispositions qui incitent les entreprises à prendre des mesures antipollution. Par contre, dans ce contexte, un recyclage ciblé des recettes peut maintenir l'incitation à réduire la pollution tout en contribuant à minimiser l'incidence sur la compétitivité. Comme le montre l'encadré 3.2, par exemple, la taxe sur les émissions de NO_x appliquée avec succès en Suède prévoit la restitution des recettes aux entreprises sur la base de leur production d'énergie.

Des ajustements fiscaux aux frontières pourraient aussi, en principe, apporter une réponse à ces questions. Toutefois, compte tenu des inquiétudes suscitées concernant leur lourdeur administrative, du risque de multiplication des litiges commerciaux et du fait que, selon les analyses de l'OCDE, les mécanismes de ce type auraient globalement des effets économiques négatifs sans réduire sensiblement la pollution dans les pays producteurs, il semble que ces mécanismes ne devraient pas figurer dans la panoplie d'outils des pays (OCDE, 2009a).

Quant à la deuxième question d'économie politique, de nombreuses analyses montrent que la fiscalité environnementale peut avoir des effets redistributifs. Les personnes ayant un faible revenu consacrent généralement un pourcentage plus élevé de celui-ci à l'acquisition de biens susceptibles d'être frappés par la fiscalité environnementale (carburant, chauffage domestique, électricité, par exemple), toutefois l'utilisation qui est faite des recettes et l'incidence globale des taxes sur l'ensemble de l'économie peuvent atténuer une partie de ces effets (Gherzi *et al.*, 2009). Pour cette raison, ces biens ont souvent bénéficié d'exonérations. Au Royaume-Uni, par exemple, la *Climate Change Levy* qui doit permettre au pays de réduire ses émissions de carbone en taxant les produits énergétiques tels que l'électricité, le gaz, le charbon et le gaz de pétrole liquéfié ne s'applique pas aux ménages. Ne souhaitant pas réduire, pour tous les acteurs économiques, l'incitation à limiter les émissions de carbone, d'autres juridictions ont adopté des mesures correctrices. La province canadienne de la Colombie-Britannique, par exemple, a institué une taxe sur le carbone en 2008. Passée de 10 CAD par tonne à 30 CAD par tonne en 2012, cette taxe couvre toutes les émissions de carbone, indépendamment de la source ou de l'émetteur. Pour compenser ses effets, le produit de la taxe sert à financer des réductions d'impôt sur les sociétés et sur le revenu des personnes physiques, y compris des réductions d'impôt pour les deux tranches inférieures du barème de l'impôt sur les personnes physiques et un crédit d'impôt remboursable pour les contribuables à faible revenu.

Compte tenu de certains des problèmes de compétitivité et de répartition des revenus évoqués plus haut, les gouvernements ont adopté des mesures fiscales différenciées qui couvrent un large éventail d'utilisateurs potentiels, la différence de traitement la plus marquée étant celle entre les ménages et l'industrie. L'électricité est un exemple intéressant pour la comparaison, compte tenu de l'homogénéité du produit final distribué.

La moitié environ des membres de l'OCDE ont mis en place des taxes sur l'électricité⁸. L'autre moitié peut néanmoins faire face à certains des problèmes d'environnement liés à la production d'électricité en taxant directement les intrants dommageables pour l'environnement (comme les combustibles) ou les polluants émis par les centrales électriques (comme les émissions de dioxyde de carbone), plutôt que le produit final distribué. Parallèlement, plusieurs juridictions, comme la République tchèque, la Suède et certaines communautés autonomes d'Espagne, imposent des taxes supplémentaires sur l'énergie nucléaire afin de prendre en charge les problèmes spécifiques de ce secteur (déchets, par exemple).

Comme le montre le tableau 2.5, les taxes sur l'électricité sont très diverses. Le Japon applique un taux standard avec une large base d'imposition et aucune exemption. Le Royaume-Uni et la République tchèque font exception en ce sens que les ménages sont totalement exemptés de taxes environnementales sur l'électricité. Dans certains autres pays, la charge fiscale imposée aux ménages à faible revenu est relativement légère. En revanche, la majorité des juridictions accordent des aides fiscales aux entreprises qui bénéficient de taux d'imposition inférieurs à celui des ménages ou au taux général. Ces avantages peuvent être sectoriels (utilisation d'électricité dans les serres, procédés minéralogiques), ou basés sur la consommation d'énergie. Beaucoup de pays proposent des allègements fiscaux aux entreprises grosses consommatrices d'énergie (qui doivent probablement avoir signé des accords négociés) par le biais d'exemptions ou de réductions de taux. Le régime fiscal des Pays-Bas offre le meilleur exemple d'allègements progressifs accordés aux gros consommateurs d'énergie.

Il faut tenir compte du fait que les prix hors taxes de l'électricité dans les pays de l'OCDE peuvent varier également selon les utilisateurs, les gros acheteurs d'énergie ayant la possibilité de négocier des prix plus bas que ceux payés par les autres acteurs économiques. Ces spécificités peuvent se superposer aux taux différenciés présentés dans le tableau 2.5.

Il convient de mentionner que, dans la mesure où la production d'électricité est couverte par le système communautaire d'échange de quotas d'émission (SCEQE), de nouvelles taxes sur l'électricité en Europe n'auront aucune incidence sur le niveau global d'émissions de CO₂ de l'Union européenne tant que le plafond sera fixe. Des taxes supplémentaires sur l'électricité ne produiront sans doute que les quatre effets suivants :

- un secteur de l'électricité plus lourdement taxé que les autres secteurs (qui sont couverts par le SCEQE et non soumis aux taxes) puisqu'il sera visé par deux instruments ;
- une diminution du prix des permis dans le cadre du système, car les réductions supplémentaires obtenues par le secteur de l'électricité libéreront des permis ;
- une répartition sous-optimale des réductions entre les entreprises, entraînant une augmentation du coût économique global de la réalisation des objectifs de réduction des émissions; et
- si les permis sont distribués gratuitement au lieu d'être vendus aux enchères, la possibilité pour les pouvoirs publics de compenser une partie du manque à gagner.

Tableau 2.5. Taxes sur l'électricité dans les pays de l'OCDE
Taxe pour 2010 en cents d'EUR par kWh, sauf indication contraire

Allemagne	
<i>Droits d'accise</i>	
Taux général	2.05
Secteur manufacturier, agriculture, sylviculture	1.23
Autobuses et chemins de fer	1.14
Électricité d'origine éolienne, solaire, géothermique, provenant de petites centrales hydro-électriques, de la biomasse, du gaz provenant de décharges ou d'effluents	E
Autriche	
<i>Taxe sur l'énergie</i>	
Taux général	1.50
Remboursement de la différence entre le taux plein et le plus élevé de : i) 0.5% de la valeur ajoutée ou ii) le taux minimum de l'UE pour les entreprises, lorsque la somme des taxes sur l'électricité, le gaz naturel, le charbon et les huiles minérales (utilisées comme combustible pour le chauffage) dépasse 0.5 % de la valeur ajoutée.	R
Belgique	
<i>Taxe fédérale</i>	
	0.21
<i>Droits d'accise</i>	
Taux général	0.19
Entreprises ayant conclu des accords négociés ou participant à un dispositif de permis négociables	0.10
Entreprises grosses consommatrices d'énergie ayant conclu des accords négociés ou participant à un dispositif de permis négociables	0.00
Résidents à faible revenu, utilisation dans les procédés minéralogiques, l'agriculture, la pêche et la sylviculture	E
Danemark	
<i>Taxe sur le CO₂</i>	
Taux général	0.83
Électricité utilisée dans les transports publics	R
Les entreprises peuvent obtenir un remboursement partiel de 13/18 de la taxe sur les produits utilisés dans les processus à forte intensité d'énergie, et un autre remboursement de 11/45 de la taxe en cas d'accord négocié.	R
<i>Taxe sur l'électricité</i>	
Taux général	8.85
Chauffage domestique	7.32
Électricité provenant de petites centrales ou provenant du secteur éolien ou hydraulique	E
Les entreprises assujetties à la TVA peuvent obtenir le remboursement de la taxe payée sur l'électricité, hors consommation pour le chauffage. Les avocats, les comptables, les agences de publicité, etc., ne peuvent pas bénéficier de cette mesure.	R
Espagne	
<i>Taxe sur l'électricité (%)</i>	
	4.90
<i>Castille-La Manche – électricité nucléaire</i>	
	0.15
<i>Estrémadure</i>	
D'origine nucléaire	0.13
D'origine non nucléaire	0.09
D'origine éolienne ou solaire	E
Finlande	
<i>Droits d'accise</i>	
Taux général	0.87
Secteur manufacturier	0.25
Chemins de fer	E
<i>Redevance sur les stocks stratégiques</i>	0.01
Irlande	
<i>Taxe sur l'électricité</i>	
Autres utilisateurs que les entreprises	0.10
Entreprises	0.05
Ménages, procédés métallurgiques, électricité provenant de sources renouvelables	E
Italie	
<i>Taxe nationale sur l'électricité</i>	
Ménages	0.47
Industrie	0.31
Énergie électrique : chauffage pour les procédés industriels, usines consommant plus de 1 200 MWh par mois, les premiers 150 kWh par mois pour les ménages, intrant dans les procédés industriels, pour l'éclairage public et les transports publics, à des fins scientifiques ou pour les communications radio ou téléphoniques. Électricité provenant de petites sources renouvelables ou du méthane.	E

Tableau 2.5. **Taxes sur l'électricité dans les pays de l'OCDE (suite)**
Taxe pour 2010 en cents d'EUR par kWh, sauf indication contraire

Taxe infranationale sur l'électricité	
Ménages (hors habitations)	2.04
Ménages	1.86
Industrie	0.93
Mêmes exemptions que pour la taxe nationale	E
Japon	
Taxe pour le développement de l'électricité	0.29
Norvège	
Taxe sur l'électricité	
Taux général	1.26
Taux réduit	0.05
Électricité utilisée pour la réduction chimique ou l'électrolyse, les procédés métallurgiques et minéralogiques, les activités utilisant des serres et les chemins de fer. Électricité fournie aux entreprises grosses consommatrices d'énergie dans le secteur des pâtes et papiers ayant conclu un accord négocié, aux ménages et à l'administration publique dans les régions du Nord.	E
Pays-Bas	
Taxe sur l'énergie	
< 10 MWh/an	11.14
10-50 MWh/an	4.06
50-10 000 MWh/an	1.08
> 10 000 MWh/an autres utilisateurs que les entreprises	0.10
> 10 000 MWh/an entreprises	0.05
Électricité pour réduction chimique et procédés métallurgiques et électrolytiques, utilisateurs > 10 000 MWh/an ayant conclu un accord négocié.	E
Rabais de 50 % pour les organismes sans but lucratif ou des lieux de culte public ou réflexion philosophique	R
Rabais de 318.62 EUR par raccordement par an	R
République slovaque	
Droits d'accise	
Taux général	0.13
Électricité provenant de sources renouvelables, pour des industries grosses consommatrices, les procédés minéralogiques et métallurgiques, les ménages et les transports publics	E
République tchèque	
Taxe sur l'électricité	
Taux général	0.11
Production respectueuse de l'environnement, production à partir de produits déjà taxés, transports guidés, utilisation dans les procédés métallurgiques ou minéralogiques	E
Taxe supplémentaire sur l'énergie nucléaire	0.19
Royaume-Uni	
Taxe sur le changement climatique	
Taux général – entreprises	0.53
Entreprises ayant conclu un accord négocié	0.10
Ménages, électricité pour diverses formes de transport et électricité provenant de certaines sources renouvelables	E
Suède	
Taxe sur l'électricité	
Taux général	2.80
Zones isolées	1.85
Secteur manufacturier et serres	0.05
Électricité d'origine éolienne, électricité utilisée dans la production d'autres combustibles, électricité utilisée pour le chauffage	E
Électricité utilisée pour la production de chaleur qui est destinée aux industries manufacturières et aux cultures commerciales en serres	R
Taxe supplémentaire sur l'énergie nucléaire, maximum	0.13

Notes : Au 1^{er} janvier 2010. E = Exemption, R = Remboursement. Les exemptions courantes non mentionnées incluent : la production pour usage personnel, l'électricité consommée dans la production ou le transport d'électricité, la consommation des services diplomatiques, les exportations, l'électricité provenant de petits générateurs, l'électricité produite par cogénération.

Source : Base de données OCDE/AEE sur les instruments employés dans la politique de l'environnement.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932324361>

Outre le fait qu'elles réduisent les recettes des États, les exemptions et réductions de taxes environnementales ont également des incidences non négligeables sur l'environnement, auquel sont infligé des dommages plus importants que si la taxe était uniformément appliquée au taux fixé. Beers *et al.* (2007) ont examiné quelles étaient les répercussions, sur le plan des recettes et de l'environnement, de différentes réductions et exemptions fiscales accordées aux Pays-Bas, dont certaines ne semblaient pas *a priori* devoir influencer sur l'environnement (voir tableau 2.6).

Tableau 2.6. **Impact environnemental de certaines réductions/exemptions fiscales aux Pays-Bas**

	Valeur des réductions/ exemptions fiscales (millions EUR par an)	Gaz à effet de serre (kilotonnes d'équivalent CO ₂)	Acidification (tonnes d'équivalent SO ₂)	Formation d'ozone photochimique (tonnes d'équivalent éthylène)
Taux réduit de TVA sur la viande	336	116	1 703	18
Réduction/exemption de la taxe sur l'énergie pour les gros utilisateurs	1 568	811	19 728	n.d.
Déduction fiscale au titre de l'utilisation des transports publics pour les déplacements domicile-travail	147	29	5	5
Exemption de l'accise sur le carburant aviation	1 200	1 272	208	2 433

Source : Beers *et al.* (2007)

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932324380>

La valeur des réductions/exemptions fiscales néerlandaises est généralement corrélée à l'impact sur l'environnement. Les plus importantes sont la réduction/exemption de la taxe sur l'énergie et l'exemption de l'accise sur le carburant aviation. Les quatre exemptions fiscales citées représentent un manque à gagner total de 3.3 milliards EUR par an et 2.2 millions de tonnes de CO₂ supplémentaires par an. À titre indicatif, les émissions des Pays-Bas en 1990 (année de référence pour le Protocole de Kyoto) étaient de 213 millions de tonnes, l'objectif fixé pour la période 2008-12 étant de 200.3 millions de tonnes.

De manière plus générale, les dispositifs de réglementation fiscale sont très vastes et complexes dans la majorité des pays et il peut s'avérer difficile de cerner leur impact global sur des biens et services particuliers. Outre les exemptions et réductions spécifiques concernant certains biens et services, les dispositifs fiscaux peuvent être conçus de telle sorte qu'ils génèrent des préférences indirectes pour certains articles, biens et services ayant un impact sur l'environnement. Il peut s'agir de traitements privilégiés au niveau de l'impôt sur les sociétés en faveur de certaines entreprises ou de certains secteurs, de déductions supplémentaires consenties aux particuliers au titre de certaines activités, ou de la fourniture gratuite de biens et services par l'État. *A priori*, ces dispositions semblent ne pas avoir de véritable impact sur l'environnement mais, si on les additionne, elles peuvent représenter une aide importante susceptible de modifier les comportements. Bien souvent, ces mesures sont censées atteindre des objectifs gouvernementaux d'ordre plus général, consistant par exemple à stimuler l'activité économique ou surmonter les obstacles susceptibles de retarder de nouvelles avancées. Par exemple, des allègements fiscaux sont parfois consentis à de nouvelles activités d'extraction de combustibles fossiles par le biais de réductions des taux d'imposition, de crédits d'impôt ou de tableaux d'amortissement différents. Des travaux sont menés dans ce domaine dit des « dépenses fiscales », afin d'examiner les taxes et régimes fiscaux existants et de les comparer à un système « de référence » pour déterminer si certains biens et activités bénéficient d'un

traitement plus favorable que d'autres dans l'économie. Cette discipline dépasse le cadre de la présente étude, mais il importe d'examiner l'impact global de la fiscalité sur l'environnement.

2.4. Permis négociables

Les États recourent de plus en plus souvent aux permis négociables pour répondre aux problèmes environnementaux, soit dans le cadre de dispositifs « de plafonnement et d'échange », soit dans celui de dispositifs « de niveaux de référence et de crédits »⁹. Contrairement aux taxes, qui établissent le prix du polluant et laissent ensuite le marché déterminer le taux optimal de pollution, les dispositifs de plafonnement et d'échange fixent le plafond d'émissions autorisé et laissent le marché en établir le prix (voir encadré 3.4 pour un examen plus détaillé des taxes et des permis négociables). Ces deux systèmes devraient conduire au même résultat mais peuvent correspondre à des préférences différentes en termes de tolérance à l'égard du risque. Face au changement climatique, par exemple, un gouvernement fortement intolérant au risque de voir les émissions dépasser le niveau requis, privilégiera sans doute un dispositif de plafonnement et d'échange dans lequel la quantité d'émissions de carbone est déterminée. À l'inverse, un gouvernement fortement intolérant au risque de hausse des prix ou d'incertitudes sur le prix du carbone pour l'industrie, privilégiera sans doute une taxe sur le carbone, qui permet de fixer le prix du carbone et de laisser les niveaux d'émission s'ajuster.

Dans la pratique, les dispositifs de permis négociables existent depuis déjà plusieurs années, les premiers remontant aux années 70. L'un des premiers et des plus connus visait à limiter les pluies acides dans l'Est des États-Unis. L'amendement de 1990 au *Clean Air Act* a en partie remplacé les réglementations existantes sur les émissions de SO₂ par un programme de permis négociables entre pollueurs, imposant des amendes élevées en cas de non respect. En dépit des craintes initiales, le programme a remporté un grand succès. Burtraw (2000) affirme que de programme a considérablement réduit les émissions des participants, et ce à un coût moitié moins élevé que l'estimation initiale¹⁰.

Cet instrument est de plus en plus utilisé par les gouvernements, qui le déclinent de diverses manières nouvelles et innovantes. Des systèmes de permis négociables ont ainsi été utilisés pour résoudre des problèmes environnementaux relativement circonscrits, comme par exemple la salinité de la Hunter River en Australie. Les titulaires de permis dans le cadre de ce dispositif ont le droit de déverser de l'eau salée dans la rivière en période de basses eaux. Le programme a généré moins de 0.2 million AUD pour 20 % des permis, qui ont une durée de dix ans. À une échelle toute autre, la problématique du changement climatique encourage le recours aux permis négociables pour tenter de résoudre les problèmes de pollution transfrontière à grande échelle. L'Union européenne a joué à cet égard un rôle moteur en lançant le système communautaire d'échanges de quotas d'émissions (SCEQE), une stratégie commune aux États membres.

L'une des principales différences entre systèmes de permis négociables concerne l'attribution des permis. L'efficacité économique du système d'échange n'est pas (directement) affectée par la décision des gouvernements de mettre aux enchères ou d'attribuer gratuitement des permis, dans la mesure où le prix des permis dans l'un ou l'autre des scénarios restera égal au coût de réduction marginal. Toutefois, l'attribution gratuite de permis représente un transfert de richesse exceptionnel de la société en faveur des entreprises polluantes, et la perte de recettes fiscales représente une inefficience

économique en ce sens qu'elle ne peut pas servir à dédommager la société pour la pollution engendrée (par exemple, en allégeant la dette, en augmentant les dépenses ou en réduisant les taxes ayant des effets de distorsion).

Dans les années à venir, l'impact des recettes publiques provenant de ces systèmes pourrait être important si les gouvernements évoluent vers des systèmes de permis négociables plus ambitieux, dans lesquels la mise aux enchères constitue un élément central. Par exemple, le Royaume-Uni a choisi de mettre aux enchères 7 % de l'ensemble des permis de la phase II (2008-12) émis dans le cadre du système communautaire d'échanges de quotas d'émissions (SCEQE). Ces 17 millions de permis par an (85 millions sur la période de cinq ans de la phase II) devraient générer des recettes importantes, même si le prix du carbone reste autour de 15 EUR la tonne.

L'adoption des permis négociables pose également des difficultés liées aux taxes préexistantes ayant les mêmes bases d'imposition. L'Australie, par exemple, propose un système général de plafonnement et d'échange de permis d'émission d'équivalent CO₂ qui inclura le secteur des transports. Les producteurs de carburant en amont feront partie intégrante du système, ce qui fera augmenter le prix des carburants. En conséquence, le gouvernement a proposé de réduire les accises sur l'essence et le gazole de façon à compenser intégralement les hausses de prix résultant de l'augmentation des coûts liées aux permis pendant les premières années du dispositif (gouvernement australien, 2008).

Il importe de mentionner que les chiffres relatifs aux recettes publiques provenant de la fiscalité environnementale qui figurent dans la présente publication ne prennent pas en compte le produit de la vente aux enchères de permis. Au demeurant, ces recettes ont été jusqu'ici relativement faibles. Au niveau international, des experts comptables s'emploient actuellement à déterminer comment ces recettes pourraient être intégrées à l'avenir dans les comptes nationaux des différents pays.

2.5. Conclusions

Le produit de la fiscalité environnementale occupe une place importante dans les recettes fiscales des pays membres de l'OCDE, même s'il existe des différences sensibles entre les pays. Ces recettes proviennent principalement des taxes sur les carburants et les véhicules à moteur, les taxes sur toutes les autres activités dommageables pour l'environnement ne représentant qu'une faible part des recettes totales. Cependant, les pays étendent actuellement l'écofiscalité à d'autres éléments préjudiciables à l'environnement (émissions de certains polluants atmosphériques et aquatiques, par exemple) et à l'élimination des déchets. Notons toutefois que les recettes fiscales perçues au titre de l'environnement ne constituent qu'un des indicateurs possibles du degré d'écologisation d'une économie.

Trois grandes tendances se profilent actuellement, qui continueront certainement d'orienter l'évolution de la fiscalité environnementale. La première est l'utilisation accrue des taxes liées à l'environnement pour prendre en charge les problèmes posés par éventail plus large de polluants. Au-delà des taxes sur les carburants et les véhicules à moteur, la fiscalité sera étendue à d'autres polluants dans le souci de s'attaquer plus efficacement à des activités préjudiciables à l'environnement, contrôlées jusqu'ici par voie de réglementation, voire pas du tout. De nouvelles technologies et innovations contribueront à cette évolution en facilitant et en améliorant le suivi à un moindre coût. Les taxes de ce

type auront certainement une base moins large et ne procureront donc pas de nouvelles recettes substantielles aux États.

En deuxième lieu, on constate que les pays cherchent à réformer les taxes existantes afin d'améliorer leur efficacité au regard des objectifs environnementaux. Ils doivent pour ce faire s'assurer que les taxes ne sont pas seulement prélevées pour générer des recettes mais qu'elles sont aussi structurées de manière à mieux faire face aux défis environnementaux. Les réformes peuvent être conçues pour être neutres sur le plan des recettes publiques tout en produisant des avantages environnementaux significatifs.

La troisième tendance reflète quant à elle la place beaucoup plus importante qu'occupe le changement climatique dans les politiques environnementales des États. Même si l'on parvient à réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre, notamment de dioxyde de carbone, par rapport aux niveaux actuels, le monde doit se préparer à un accroissement des températures et de la variabilité climatique au niveau planétaire, dont les répercussions pourront être graves du fait de la présence d'émissions atmosphériques cumulées. Par ailleurs, parce qu'il s'agit d'un problème planétaire, l'impact sur le changement climatique d'une unité de dioxyde de carbone est le même indépendamment du lieu où elle est émise. Il importe donc de coordonner les réponses des États pour aboutir à une stratégie de réduction efficace à l'échelle planétaire. Des mécanismes comme celui du Protocole de Kyoto ou ceux qui devraient suivre confirment que les États entendent évoluer dans ce sens; la mise en œuvre de plans globaux s'est révélée difficile.

Les taxes sur les émissions de carbone ou les dispositifs de permis négociables joueront un rôle important. Certains pays ont déjà décidé unilatéralement d'appliquer une taxe sur le carbone. Cependant, les États devront impérativement coordonner leur action pour atteindre les objectifs au niveau mondial. Les mesures de lutte contre le changement climatique doivent également tenir compte des émissions qui ne relèvent pas actuellement de la juridiction des pays. Par exemple, les signataires de certains traités internationaux existant de longue date, dans le domaine de l'aviation notamment, ont eu du mal à taxer les carburants pour les transports internationaux en raison de dispositions prévues dans ces traités. Conclues à une époque où le problème du changement climatique ne se posait pas, ces dispositions visaient à réduire les distorsions que pouvaient entraîner des taxes différenciées. Or, une analyse récente montre que l'aviation représente 4.9 % des effets anthropiques sur le changement climatique (Lee *et al.*, 2009), et représente donc une source trop importante pour être exclue.

Par ailleurs, l'utilisation d'instruments de marché pour lutter contre le changement climatique pourrait également avoir des conséquences importantes pour la composition des recettes fiscales générales des États puisque les taxes sur le CO₂ pourraient générer des sommes non négligeables. Selon les estimations, une taxe de 25 USD par tonne de CO₂ prélevée en plus des structures de prix et taxes existantes dégagerait en 2020 des recettes annuelles égales à 1.9 % du PIB en Australie/Nouvelle-Zélande, 1.2 % au Canada, 0.7 % en Europe, 0.5 % au Japon et en Corée et 1.0 % aux États-Unis (calculs basés sur OCDE, 2009a). Par conséquent, le rôle de la fiscalité environnementale dans la zone de l'OCDE (et au-delà) sera de plus en plus important aussi bien pour élargir l'assiette de ces taxes que pour rendre les taxes existantes plus efficaces du point de vue de l'environnement.

Notes

1. Étant donné la petite taille du pays et le niveau relativement bas de ses taxes sur les carburants, les achats de carburant automobile effectués par des non-résidents (autrement dit le « tourisme à la pompe ») procurent au Luxembourg des recettes fiscales non négligeables.
2. Au lieu d'appliquer des droits d'accise sur le gazole, la Nouvelle-Zélande prélève une taxe sur les véhicules diesel qui est de 7.87 EUR pour 1 000 km parcourus pour les véhicules de moins de deux tonnes. Cette mesure n'incite nullement, du point de vue économique, les conducteurs de véhicules diesel à réduire leur consommation de gazole par kilomètre parcouru.
3. Ce chiffre comprend le Mexique où le taux des taxes fluctue considérablement. Toutefois, l'exclusion du Mexique sur cette période ne change pas de manière significative l'incidence globale. La moyenne pondérée est calculée à l'aide de coefficients de pondération fondés sur les recettes totales tirées de la fiscalité des carburants automobiles.
4. Voir, par exemple, OCDE (2009c) qui analyse les avantages des différents critères utilisés pour calculer la taxe au regard des externalités liées à l'utilisation de véhicules à moteur.
5. En Suède, le gouvernement a interdit l'utilisation de certains solvants chlorés. Compte tenu de l'absence de substituts acceptables dans certaines branches d'activité, la forte opposition du public a eu pour conséquence la mise en place de plusieurs exemptions. Le résultat est que la consommation a diminué mais n'est pas voisine de zéro. Voir Sterner (2004) pour des informations plus détaillées.
6. Pour en connaître la liste, voir le site: <http://landbrukstilsynet.mattilsynet.no/plantevernmidler/egodk.cfm>, consulté le 14/06/10.
7. Pour en connaître la liste complète, voir le site: <https://secure.pesticides.gov.uk/pestreg/ProdSearch.asp>, consulté le 14/06/10.
8. Il existe des taxes supplémentaires sur les producteurs d'électricité, basées sur les revenus, mais elles ne sont pas prises en compte dans cet examen.
9. Un système de plafonnement et d'échange fixe un niveau d'émissions absolu à l'échelle du programme. L'attribution initiale des permis peut se faire soit au moyen d'enchères, soit sur la base des émissions historiques. Par contre, un système de niveaux de référence et de crédits fixe pour les différentes entités un niveau de référence fondé sur les émissions historiques, qui sert généralement de mesure de l'intensité. Dans les deux systèmes, les entreprises peuvent vendre leurs éventuels permis excédentaires à d'autres entreprises sur un marché libre. Cependant, dans la mesure où il ne fixe pas de plafond d'émissions absolu, le second dispositif est susceptible d'entraîner une augmentation de la production sous-jacente et par conséquent une hausse du niveau des émissions, contrairement à un système de plafonnement et d'échange. Il impose aussi aux administrateurs la tâche difficile de décider de ce qui constitue un niveau de référence acceptable.
10. De nombreux facteurs autres que l'existence du système d'échange expliquent ce résultat (comme la libéralisation concomitante du marché des transports ferroviaires).

Références

- Beers, Cees van, et al. (2007), « Determining the Environmental Effects of Indirect Subsidies: Integrated Method and Application to the Netherlands », *Applied Economics*, 39(19), pp. 2465-2482.
- 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.
- Delucchi, Mark A. et James J. Murphy (2008), « How Large are Tax Subsidies to Motor-Vehicle Users in the US? », *Transport Policy*, 15(3), pp. 196-208.
- EPA (US Environmental Protection Agency) (2009), *National Emissions Inventory Air Pollutant Emissions Trends Database*, disponible à l'adresse www.epa.gov/ttn/chieftrends/index.html.
- Gherzi, F., et al. (2009), « Carbon Tax and Equity: The Importance of Policy Design », document présenté à la 10^e Conférence mondiale sur la fiscalité environnementale, Lisbonne, Portugal, 23-26 septembre 2009.
- Gouvernement australien (2008), *Carbon Pollution Reduction Scheme: Australia's Low Pollution Future, White Paper: Vols. 1 and 2*, Commonwealth of Australia, disponible à l'adresse www.climatechange.gov.au/en/publications/cprs/white-paper/cprs-whitepaper.aspx.

- Lee, David S., et al. (2009), « Aviation and Global Climate Change in the 21st Century », *Atmospheric Environment*, 43, pp. 22-23.
- Lin, C.-Y. Cynthia et Lea Prince (2009), « The Optimal Gas Tax for California », *Energy Policy*, 37, pp. 5173-5183.
- Ministère danois de l'Environnement (2000), *Economic Instruments in Environmental Protection in Denmark*, disponible à l'adresse http://www2.mst.dk/udgiv/publications/2000/87-7909-568-2/html/kap05_eng.htm.
- NSW EPA (New South Wales Environmental Protection Agency) (2001). *Load-Based Licensing: A Fairer System that Rewards Cleaner Industry*, NSW EPA, Sydney, disponible à l'adresse www.environment.nsw.gov.au/resources/licensing/lbl/lblbooklet.pdf.
- OCDE (2005), *Evaluating Agri-Environmental Policies: Design, Practice and Results*, OCDE, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264010116-en>.
- OCDE (2006), *L'économie politique des taxes liées à l'environnement*, OCDE, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264025554-fr>.
- 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), « Incentives for CO₂ emission reductions in current motor vehicle taxes », OCDE, Paris, disponible à l'adresse [http://www.oilis.oecd.org/oilis/2009doc.nsf/linkto/env-epoc-wpnep-t\(2009\)2-final](http://www.oilis.oecd.org/oilis/2009doc.nsf/linkto/env-epoc-wpnep-t(2009)2-final).
- OCDE (2009c), « The Scope for CO₂-based Differentiation in Motor Vehicle Taxes », OCDE, Paris.
- Stern, Thomas (2004), « Trichloroethylene in Europe », in Winston Harrington, Richard D. Morgenstern, et Thomas Stern (éd.), *Choosing Environmental Policy: Comparing Instruments and Outcomes in the United States and Europe*, Resources for the Future, Washington DC.

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).

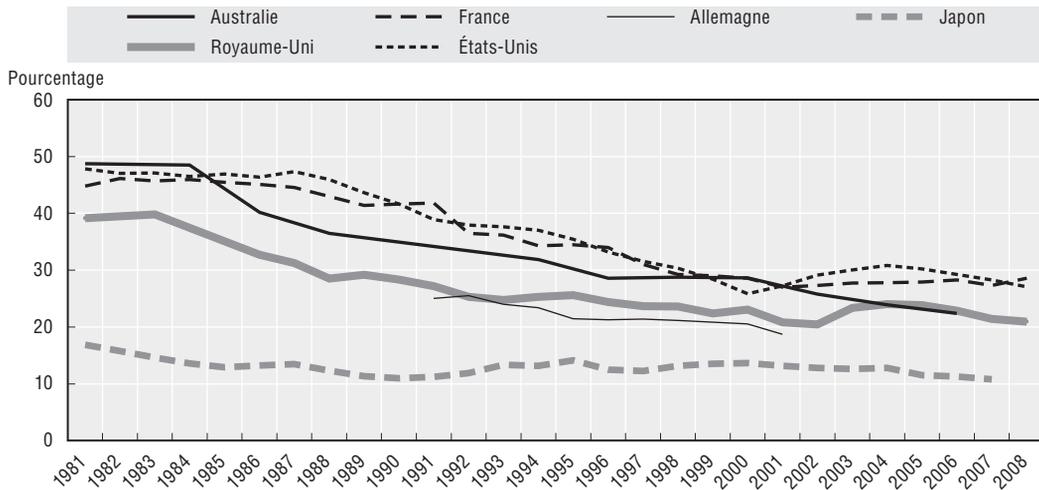
Encadré 3.1. **Mesurer l'innovation : la recherche est-elle différente dans le cas des taxes environnementales ?**

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.

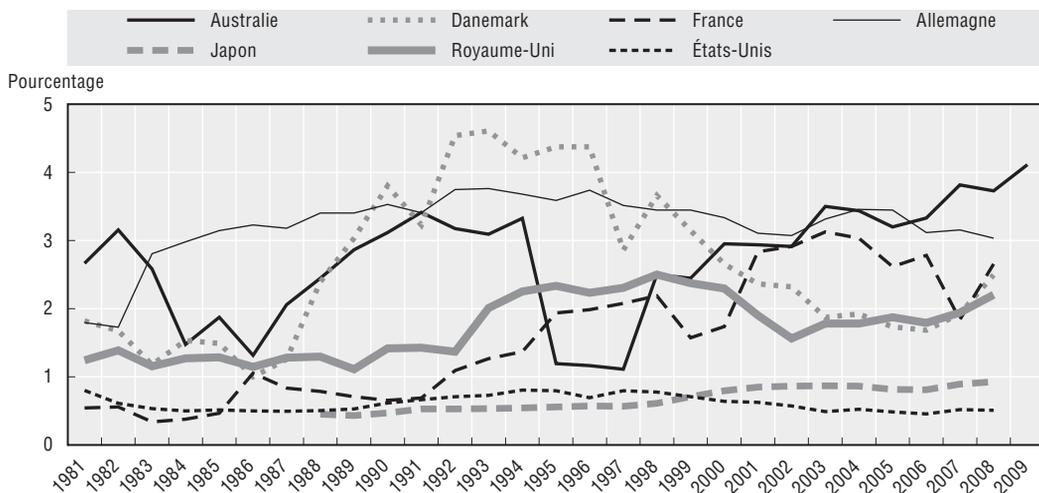
Cependant, les implications concrètes découlant de la méthode de mesure conduisent parfois à un travail empirique moins solide. Ainsi, utiliser les données sur les brevets pour étudier la relation entre l'augmentation des brevets dans un domaine précis (par exemple, les progrès dans la conception des 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.

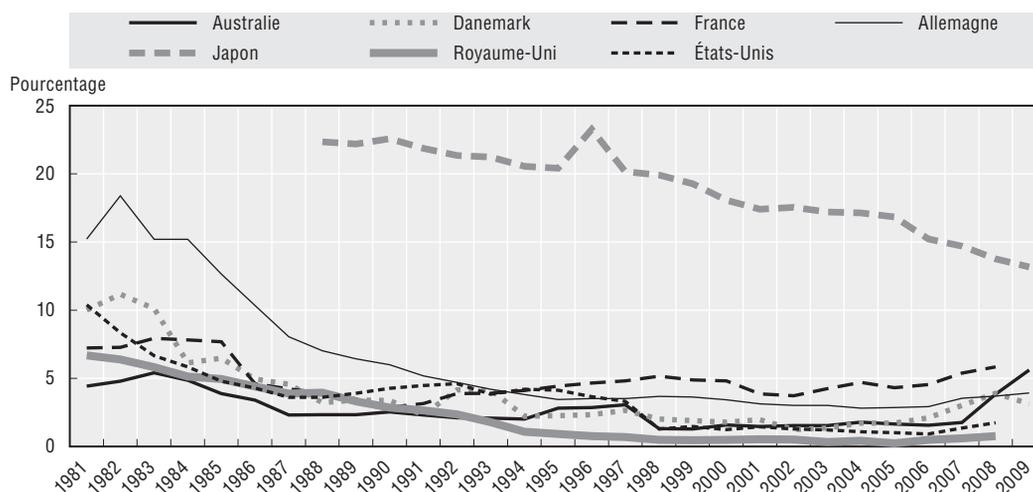
Source : OCDE (2010b).

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

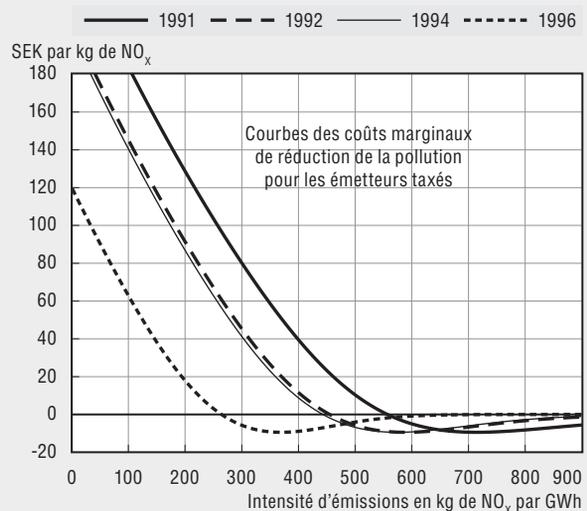
La Suède a instauré en 1992 une taxe sur les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) émanant des grandes installations de combustion, généralement des centrales électriques. Les NO_x, qui englobent le dioxyde d'azote (NO₂) et le monoxyde d'azote (NO), contribuent à la formation de smog photochimique, de pluies 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.

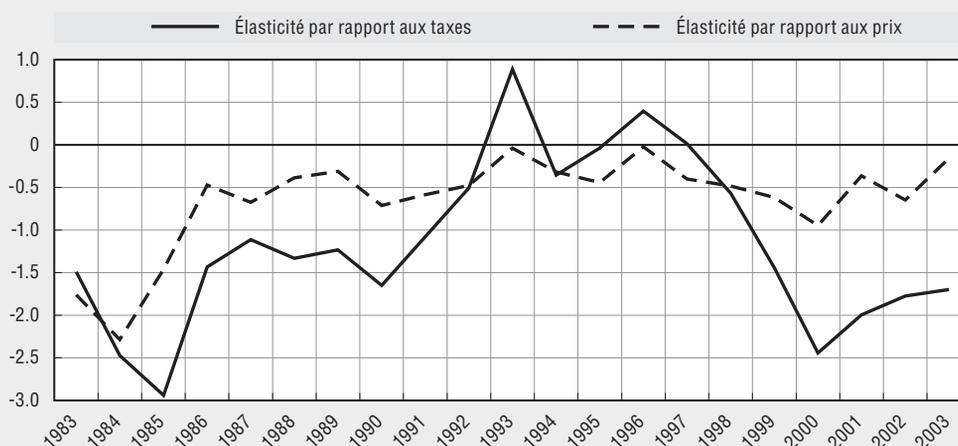
Graphique 3.4. **Impact économique et environnemental des innovations**

		Impact environnemental			
		Positif		Négatif	
		Important	Peu important	Peu important	Important
Impact économique	Positif	Important	Peu important	Peu important	Important
	Négatif	Important	Peu important	Peu important	Important
	Positif	Important	Peu important	Peu important	Important
	Négatif	Important	Peu important	Peu important	Important
	Positif	Important	Peu important	Peu important	Important
	Négatif	Important	Peu important	Peu important	Important

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

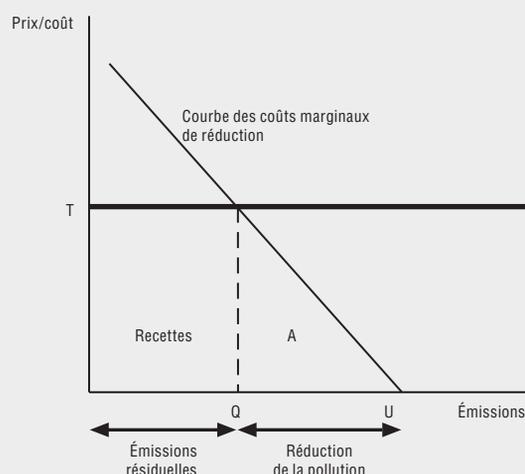
Lorsque les pouvoirs publics décident de s'attaquer aux problèmes d'environnement à l'aide d'instruments économiques, le débat porte en général sur le choix entre les taxes et les permis négociables. Les différences entre ces deux instruments sont cependant très faibles en théorie, si l'on suppose un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

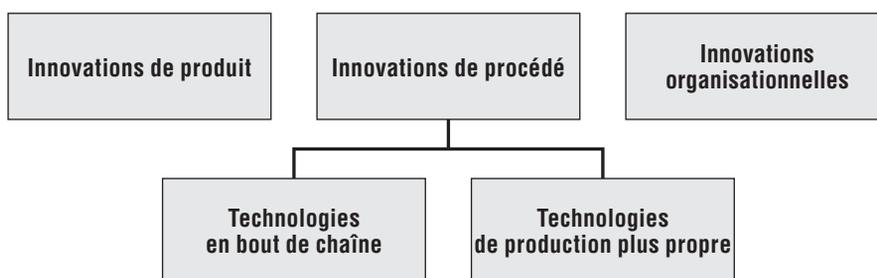
Nombre des études de cas réalisées aux fins du présent rapport sont axées sur les dommages environnementaux causés par des polluants ou émissions. Cela ne doit pas faire oublier que les taxes sur les dommages environnementaux causés par l'utilisation ou l'exploitation des ressources (par exemple prélèvements 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 (Frondelet *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.

Chapitre 4

Considérations relatives à la conception des taxes et autres instruments fiscaux*

Le présent chapitre vise à étudier dans quelle mesure la conception des taxes liées à l'environnement – leur montant, leur assiette et le caractère prévisible du taux applicable – influe sur leur capacité de favoriser l'innovation. Nous nous intéresserons ensuite à d'autres mesures fiscales possibles, telles qu'une accélération des dotations aux amortissements ou des crédits d'impôt au titre de la R-D pour répondre aux défis de l'environnement et de l'innovation. Le chapitre se terminera sur un examen des combinaisons d'instruments qui seraient les plus appropriées pour un résultat optimal.

* Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

La conception des taxes écologiques peut avoir un impact significatif sur leur efficacité en termes d'environnement. Les mêmes facteurs – du montant de la taxe à sa mise en œuvre et à sa gestion – peuvent jouer un grand rôle dans les effets de l'instrument sur le plan de l'innovation.

4.1. Définir un montant approprié d'impôt

4.1.1. Le niveau initial de la taxe

Une taxe environnementale bien définie devrait être fixée au niveau pigouvien (c'est-à-dire au niveau d'égalité entre la taxe et les dommages marginaux issus de la pollution, en déduisant le coût marginal des mesures de lutte contre la pollution). Lorsque la taxe s'applique à un substitut de la pollution, un véhicule automobile par exemple, d'autres externalités doivent être prises en compte pour fixer son taux. Le taux d'imposition dépend d'un certain nombre de facteurs : la richesse de la société, la valeur que celle-ci accorde à l'environnement, l'ampleur des dommages de la pollution, l'apparition de nouvelles technologies et processus destinés à répondre aux défis environnementaux, l'efficacité réelle des politiques économiques à ce niveau et le caractère potentiellement réversible et/ou le point de basculement des problèmes environnementaux. En ce qui concerne les permis d'émission négociables, les informations nécessaires sont globalement les mêmes, mais elles servent à évaluer la quantité optimale de polluants à autoriser. De nombreux problèmes d'environnement s'étendent sur des périodes très longues – des siècles, par exemple, dans le cas du changement climatique –, ce qui signifie que les politiques choisies doivent s'ajuster à ces dynamiques.

Cependant, le simple niveau pigouvien de la taxe est déterminé de manière exogène et indépendamment de ses effets sur l'économie au sens large. En termes d'équilibre général, une taxe sur la pollution constitue dans les faits une taxe sur les facteurs, ce qui suppose qu'elle entre en interaction avec les autres taxes existantes de ce type. Ces interactions peuvent avoir des effets significatifs, ce qui supposera éventuellement que le niveau optimal de la taxe et son niveau pigouvien seraient différents. Par exemple, Goulder (1995) estime que les distorsions préexistantes devraient se traduire par un niveau optimal moins élevé pour une taxe environnementale. La prise en compte des autres externalités, les questions de politique économique et les besoins de recettes générales des États constituent également des facteurs importants pour l'élaboration du taux final. Nous reviendrons plus amplement sur ce thème au chapitre 5.

D'autres considérations doivent être prises en compte pour déterminer le niveau de taxation optimal si l'on s'intéresse aux conséquences en termes d'innovation. Parry (2005) suggère que ce niveau devrait tenir compte du type d'innovation recherché. Si toute la technologie utilisée dans l'économie est dans le domaine public (et donc si son coût d'accès est nul), le niveau de la taxe sur les émissions devra se situer aux alentours du niveau pigouvien. Si la technologie est entre les mains du secteur privé (et si un monopoleur facture des redevances au titre de l'accès aux données), le coût de la licence

serait trop élevé pour favoriser une diffusion optimale de la technologie, ce qui laisse supposer qu'une réduction du taux d'imposition abaisserait le niveau des redevances et améliorerait la diffusion technologique.

L'un des plus grands défis de l'économie de l'environnement est la question de l'incertitude, généralement plus marquée en matière d'environnement que dans les autres domaines (Pindyck, 2007), en raison des importants problèmes et contraintes d'information en présence. La difficulté d'obtenir, ou de compléter, de telles informations complique considérablement pour les décideurs la tâche qui consiste à quantifier ces effets et à les traduire sous la forme de taux d'imposition ou d'objectifs chiffrés appropriés.

On peut naturellement supposer qu'un taux plus élevé d'imposition liée à l'environnement se traduirait par un degré d'innovation supérieur. Dans l'étude de cas sur la taxe britannique appelée Climate Change Levy (CCL) (et les Climate Change Agreements (CCA) qui s'y rattachent), décrits plus en détail dans l'encadré 4.1, certaines entreprises devaient s'acquitter de l'intégralité de la CCL, tandis que d'autres bénéficiaient d'une réduction de 80 % pour s'être engagées à respecter des objectifs spécifiques, généralement en matière d'efficacité énergétique. En étudiant les caractéristiques des sociétés qui étaient susceptibles de les inciter à participer aux CCA, il a été constaté que les entreprises taxées aux taux réduits dans le cadre de ces accords étaient nettement moins susceptibles de déposer des demandes de brevets – dans des proportions allant jusqu'à 16 points de pourcentage – que celles qui payaient la CCL au taux plein. Cette différence de la propension à innover s'applique à l'innovation de manière générale, mesurée en nombre total de brevets. Des problèmes de classification des brevets pourraient expliquer que ces résultats diffèrent si l'on examine les effets de la CCL et du CCA uniquement sur les brevets liés au changement climatique.

4.1.2. Impacts du caractère prévisible et des taux intertemporels sur la propension à innover

Outre les questions auxquelles doivent faire face les décideurs politiques au moment de fixer le niveau initial de la taxe (ou la quantité de permis accordés), les changements permanents des paramètres utilisés pour fixer le taux initial incitent à se demander si ce taux doit être modifié en conséquence et, dans l'affirmative, de quelle manière. Avec l'arrivée de nouvelles informations, par exemple concernant l'impact des dommages environnementaux ou la volonté d'une société de s'impliquer plus ou moins dans la réduction de la pollution, les décideurs font face à des dilemmes potentiels lorsqu'ils doivent choisir entre des taxes liées à l'environnement reflétant le mieux possible les informations disponibles, et la possibilité de prévoir l'efficacité de ces dispositions sur le plan de la protection de l'environnement et de l'innovation.

Lorsqu'ils se demandent s'ils doivent prendre des mesures pour réduire leur impact sur l'environnement face à des mesures fiscales liées à l'environnement ou à d'autres mesures, les agents pollueurs se trouvent naturellement dans une situation d'incertitude face à l'avenir. L'acquisition de nouvelles technologies peut avoir un effet de blocage pour l'entreprise, qui tirerait nettement plus d'avantages d'une modernisation à très court terme. Les entreprises peuvent également supposer que la politique environnementale va changer, et notamment les taux des taxes liées à l'environnement ou le prix des permis négociables sur le marché. Ces facteurs affectent le rendement attendu de l'investissement et peuvent donc jouer sur les décisions d'investissement et sur les niveaux d'activités innovantes.

Encadré 4.1. Étude de cas : Les allègements de la taxe britannique sur le changement climatique (« Climate Change Levy »)

Le Royaume-Uni a mis en place en 2001 une taxe sur le changement climatique appelée Climate Change Levy (CCL), applicable à l'électricité (0.43 GBP par kWh), au charbon (0.15 GBP par kWh), au gaz naturel (0.15 GBP par kWh) et au gaz de pétrole liquéfié (0.07 GBP par kWh) consommés par les entreprises. Les grandes sociétés fortement consommatrices d'énergie adhérant à un pacte dit Climate Change Agreement (CCA) n'auraient à payer que 20 % de la CCL, en échange de quoi elles s'engageraient à respecter des objectifs prédéfinis de consommation d'énergie, de manière à atténuer les éventuelles retombées en termes de compétitivité face aux pays n'appliquant pas de telles taxes [voir Pearce (2006) pour une réflexion plus approfondie sur l'économie politique de la CCL].

Il a été décidé de procéder à une analyse comparative des différents impacts en termes économiques, environnementaux et d'innovation entre les entreprises adhérentes aux CCA et celles qui s'acquittaient de la totalité de la CCL. Pour remédier aux biais liés aux types d'entreprises signataires de CCA une approche par les variables instrumentales a été adoptée.

En ce qui concerne les résultats sur le plan environnemental, les entreprises adhérentes aux CCA ont augmenté leurs émissions en intensité de plus de 20 % par rapport aux sociétés payant la totalité de la CCL, tant par rapport à la production que par rapport aux coûts. Les entreprises signataires du pacte ont également accru leur consommation d'électricité par rapport à l'autre groupe, ce qui est cohérent avec le taux d'imposition plus élevé de cette source d'énergie. L'effet global sur les émissions de CO₂ s'est révélé similaire, ce qui se comprend au vu de la nature de la CCL. Étant donné que celle-ci est une taxe sur l'énergie – c'est-à-dire que le coût implicite du CO₂ au niveau de la taxe varie de manière significative en fonction de la source d'énergie –, les entreprises pourraient être incitées à passer à des énergies imposées à un taux plus faible mais qui produisent des émissions de CO₂ nettement plus élevées (ou simplement être moins incitées à opter pour des énergies plus propres). En matière de performance économique des entreprises, aucune différence notable n'a été observée entre les adhérentes des CCA et celles qui s'acquittaient de la totalité de la taxe, qu'il s'agisse d'emploi, de production ou de productivité totale des facteurs.

En termes d'innovation, l'analyse montre que les entreprises adhérentes du CCA seraient, dans l'ensemble, moins susceptibles de déposer des demandes de brevet, que les entreprises redevables de la CCL intégrale, à concurrence de 16 points compte tenu de la faible incitation que représente la réduction du taux d'imposition. Cela dit, si l'analyse porte uniquement sur les brevets liés au changement climatique, l'écart entre les deux groupes ne semble plus si clair. On aurait pu supposer que l'incitation à l'innovation aurait été plus marquée lorsqu'elle est liée au changement climatique. Ce point peut s'expliquer par la grande difficulté, pour les auteurs de l'étude, d'identifier les brevets spécifiquement liés à l'innovation dans le domaine du changement climatique, surtout en ce qui concerne les innovations induites par la fiscalité. Nous revenons de manière plus approfondie dans l'encadré 3.1 sur les difficultés d'établir un lien entre les brevets liés à la protection de l'environnement et les taxes écologiques.

Cette analyse semble donc indiquer que la réduction du taux de la taxe sur le changement climatique aurait eu des effets négatifs pour l'environnement et que les entreprises ayant payé la taxe dans son intégralité n'auraient pas subi de conséquences économiques néfastes. Les effets de la taxe sur l'innovation laissent supposer que les dépôts de brevets seraient plus importants pour les sociétés s'acquittant de la taxe à taux plein, tout en soulignant que les problèmes de classification des brevets rendent cette conclusion plus hasardeuse.

Source : OCDE (2009f).

Ce sont de telles questions, qui présentent un degré d'incertitude significatif, qui décideront de la réaction de l'entreprise concernée. Cette dernière va sans doute évaluer les perspectives d'avenir et décider soit d'agir tout de suite (par toutes sortes de moyens), soit d'attendre une période ultérieure, lorsqu'elle disposera de davantage d'informations (lui permettant de prendre une décision en meilleure connaissance de cause). Dixit et Pindyck (1994) expliquent que la possibilité d'attendre et de différer sa décision représente aujourd'hui une source de valeur pour les entreprises. Les études consacrées aux « options réelles » semblent indiquer que les entreprises accorderaient une grande valeur à leur capacité à changer d'orientation. Ce peut être en reportant l'action à plus tard et en prenant une décision à l'avenir, lorsque davantage d'informations seront disponibles, ou bien en modifiant la trajectoire à l'avenir en prenant pour le moment un chemin comportant peu de coûts irrécupérables. Ce mode d'action peut se révéler plus coûteux à l'avenir, mais l'option d'attendre avant de se décider peut être plus rentable dans l'immédiat. Lorsque l'incertitude concerne d'importants investissements (en capital ou en R-D), cette flexibilité est particulièrement utile pour les entreprises. Par exemple, une entreprise envisageant de construire une centrale électrique aujourd'hui doit évaluer le poids de tous les facteurs potentiels à l'avenir : le coût des intrants, les frais de construction, les taxes carbone, les nouvelles technologies, la demande, etc. Des degrés d'incertitude élevés se traduisent par une action immédiate limitée, en raison de l'augmentation de la valeur de l'attente d'informations plus précises (ou d'une diminution de l'incertitude).

L'incertitude peut revêtir deux formes. L'une a trait aux risques liés au marché, tels que les prix des intrants utilisés pour la production ou le prix estimé que l'entreprise pourrait demander pour son produit fini. Certains de ces risques peuvent être plus facilement compensés sur les marchés financiers, par exemple via l'utilisation de contrats à terme ou d'instruments financiers. Lorsque l'instrument est un permis négociable (et donc *de facto* un intrant), sa couverture peut accroître le caractère prévisible de la situation future. Dans de telles circonstances, soulignons que la capacité à améliorer la prévisibilité des prix futurs par le biais de la couverture ou des permis négociables a différents effets sur les entreprises qui adoptent l'innovation, et sur celles qui la créent. Les premières peuvent mettre en place des stratégies pour accroître la certitude sur leurs prix futurs, et donc sur leurs coûts et sur leur épargne futurs. Quant aux sociétés innovantes (qui ne sont pas aussi adoptantes), elles ne sont pas directement liées par le prix des permis négociables et ne peuvent pas non plus contrôler les prix de leurs adoptants. En revanche, un taux de taxe inchangé apporte la même stabilité aux innovants et aux adoptants.

L'autre forme d'incertitude est celle qui repose sur le risque lié aux politiques économiques. Les gouvernements peuvent ainsi décider brusquement de mettre en œuvre, de modifier ou d'abandonner des politiques présentant un impact significatif sur les conditions de fonctionnement des entreprises. Les dynamiques politiques ou de nouvelles informations sur les dommages causés par la pollution peuvent engendrer des changements significatifs de politiques qui pourraient avoir été mises en œuvre dans la perspective d'une stabilité à long terme. En s'appuyant sur l'étude de plusieurs pays, l'OCDE (2009b) a constaté que la stabilité des politiques environnementales (taxes, réglementations et autres instruments inclus) allait de pair avec les dépôts de brevets concernant l'environnement dans les domaines de l'air, de l'eau et des déchets. Cet effet est distinct de celui de la sévérité des mesures environnementales, qui joue également un rôle important.

Reedman *et al.* (2006) utilisent la méthodologie de l'option réelle pour évaluer les comportements d'adoption de nouvelles technologies par les entreprises en présence d'une taxe carbone. Lorsque le niveau et la date de mise en œuvre de cette taxe sont connus, les entreprises australiennes du marché de l'électricité sont censées investir davantage dans les technologies faiblement polluantes, alors qu'en cas d'incertitude sur ces paramètres, les décisions d'investissement tendraient à être repoussées jusqu'à ce que davantage d'informations sur les coûts soient disponibles. Baker et Shiitu (2006) constatent que les dépenses optimales de R-D pour les technologies énergétiques varient dans un contexte d'incertitude. Pour l'essentiel, les dépenses de R-D, aussi bien pour les énergies conventionnelles que pour les énergies nouvelles, diminuent lorsque croît l'incertitude autour d'une taxe carbone. Cependant, si les entreprises sont suffisamment flexibles et s'il est probable que la taxe sera assez élevée pour inciter les entreprises à opter pour d'autres sources d'énergie, les dépenses de R-D peuvent augmenter parallèlement à la montée du risque.

Les crédits d'impôts sur la production offerts aux entreprises d'énergie éolienne aux États-Unis représentent un bon exemple d'imprévisibilité des politiques publiques. Sur une période de dix ans, de 1999 à 2009, le crédit d'impôt a été renouvelé six fois, soit à son expiration, soit plusieurs mois avant. Cette imprévisibilité significative quant à l'existence de cette aide s'est traduite par une variation marquée de la contribution de l'énergie éolienne au réseau électrique américain. Cependant, la variation des niveaux d'investissement n'était pas due à la viabilité financière sous-jacente de l'énergie éolienne (et donc à l'absence de crédit d'impôt) mais à l'incertitude quant au montant du taux d'imposition et à la manière dont celui-ci agirait sur les négociations de tarifs entre les sociétés productrices d'électricité et les entreprises d'énergie éolienne (Barradale, 2008).

Dans l'étude de cas sur les facteurs qui affectent les innovations liées au changement climatique au Royaume-Uni (encadré 4.6), les effets du système communautaire d'échange de quotas d'émission (SCEQE) ont été étudiés pour déterminer le comportement des entreprises interrogées en matière d'innovation, parmi d'autres variables affectant leurs conditions d'exploitation. Bien que l'existence d'objectifs d'émission de gaz à effet de serre pour l'entreprise, la pression des clients et des investisseurs et l'orientation générale de l'entreprise en matière de changement climatique présentent un lien positif avec l'augmentation de la propension à investir dans la R-D à caractère environnemental (produits et processus), il ne semble pas qu'il existe de corrélation avec la participation au SCEQE. Le fait que les prix des permis se négocient à des niveaux relativement bas pourrait avoir réduit l'incitation à se lancer dans des activités innovantes. On peut également imaginer que la volatilité des prix des permis et l'incertitude autour des paramètres des phases ultérieures du SCEQE, par exemple la troisième phase qui doit commencer en 2013, auraient incité les entreprises à attendre encore avant d'opter pour l'innovation (ce qui ne veut pas nécessairement dire qu'elles n'aient rien fait pour réduire leurs émissions polluantes).

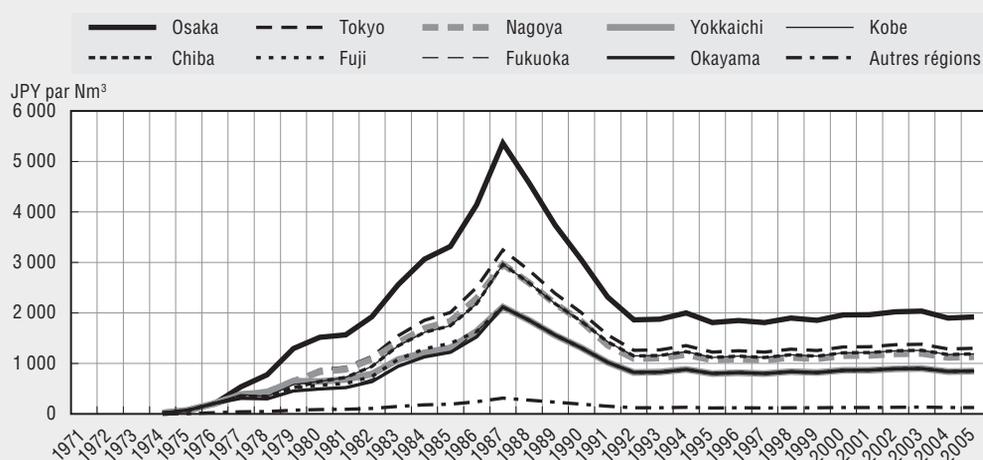
L'expérience japonaise, décrite dans l'encadré 4.2, fournit un exemple beaucoup plus précis des effets de l'incertitude de la fiscalité liée à l'environnement sur l'innovation. Dans les années 70, les émissions d'oxyde de soufre étaient taxées sur la base d'un montant d'indemnisation déterminé de manière exogène, qui serait versé aux victimes de la pollution atmosphérique. Avec la baisse des émissions et l'augmentation des indemnités, les taux de taxe se sont envolés, avant que le système ne soit finalement réformé. Étant donné que les taxes ont fortement augmenté dans les premières années et

Encadré 4.2. Étude de cas : L'incertitude de la taxe japonaise sur les émissions de SO_x

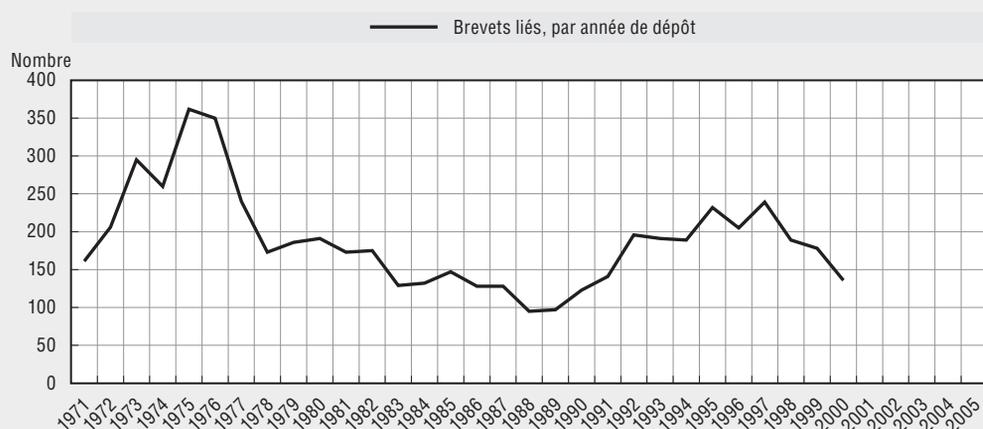
Cela fait longtemps, depuis les années 60, que le Japon cherche à maîtriser ses émissions d'oxyde de soufre, généralement issues notamment de la combustion de pétrole et de charbon pour la production d'électricité, et qui sont à l'origine de troubles respiratoires. Les réglementations relatives aux taux d'émission, à l'utilisation des sources d'énergie et à la hauteur des cheminées d'usines, par exemple, ont toutes été mises en place et ont contribué à une baisse significative des niveaux d'émission et des taux de concentration ambiante.

Dans le même temps, les victimes des maladies causées par la pollution atmosphérique demandaient une indemnisation de l'État et de l'industrie. En conséquence, une taxe sur les émissions de SO_x a été votée en 1973 et appliquée en 1974, les sommes ainsi récoltées devant servir à indemniser les victimes de la pollution de l'air. Son taux ne s'appuyait pas sur le dommage marginal de chaque unité de pollution supplémentaire actuelle, mais sur les sommes requises pour régler les indemnisations aux victimes d'émissions passées de SO_x et d'autres types de polluants. Étant donné que le nombre de victimes et leurs indemnisations augmentaient fortement et que les taux d'émission continuaient de décroître, les taux de taxe par unité d'émission se sont envolés, comme le montre le graphique A ci-après. Sur les premières années, les taux enregistraient souvent une forte hausse. En 1987, des réformes ont tenté de limiter les taux d'imposition, qui auraient pu atteindre jusqu'à sept fois la facture énergétique des entreprises, si l'on se base sur l'utilisation de pétrole à forte teneur en soufre (trois pour cent) à Osaka.

Graphique A : Taux de taxe sur le SO_x



Graphique B : Dépôts totaux de brevets liés aux réductions d'émissions de SO_x



Encadré 4.2. Étude de cas : L'incertitude de la taxe japonaise sur les émissions de SO_x (suite)

Au cours de cette période, de nombreuses entreprises cherchant à réduire leur charge fiscale ont adopté des technologies de réduction de la pollution, en particulier les systèmes de désulfuration des gaz de combustion (un type de technologie en bout de chaîne qui réduit la concentration de soufre lors de la combustion). Dans le même temps, cependant, on voit sur le graphique B que les dépôts de brevets liés aux émissions de SO_x ont reculé parallèlement à l'augmentation des taux de taxe. On pourrait en déduire que la taxe n'a pas créé un environnement dans lequel il serait rentable d'innover. Ce constat peut s'expliquer de deux manières :

- Premièrement, avec l'augmentation rapide des taux de taxe, qui atteignaient des niveaux incroyablement élevés, il est apparu que le système était faussé à la base. De fortes pressions politiques se sont manifestées en faveur de sa réforme. Le manque de crédibilité de l'ensemble du système pourrait avoir découragé les investissements dans des projets de R-D de longue haleine.
- Deuxièmement, les technologies élaborées dans les années 70, sous l'effet des dispositions juridiques contraignantes et des accords de lutte contre la pollution conclus entre le gouvernement et l'industrie dans les régions très industrialisées, suffisaient pratiquement à induire les réductions d'émissions dans d'autres régions dans les années 80. La taxe d'indemnisation a davantage contribué à la diffusion des technologies de réduction des émissions de SO_x développées antérieurement qu'à la mise au point de ces technologies.

De ce fait, l'expérience japonaise met l'accent sur l'importance d'une prévisibilité raisonnable du taux de taxe à long terme, couplée à la certitude de l'environnement politique, pour créer un climat favorisant non seulement l'adoption de technologies, mais également le développement de l'innovation.

Source : OCDE (2009h).

que le système s'est révélé politiquement intenable, les entreprises ont lancé très peu d'activités innovantes, comme le montre le faible nombre de brevets déposés. Tout en continuant d'adopter de nouvelles technologies pour réduire le montant des taxes à payer (et respecter les obligations réglementaires en vigueur), elles ont réduit leur effort d'innovation.

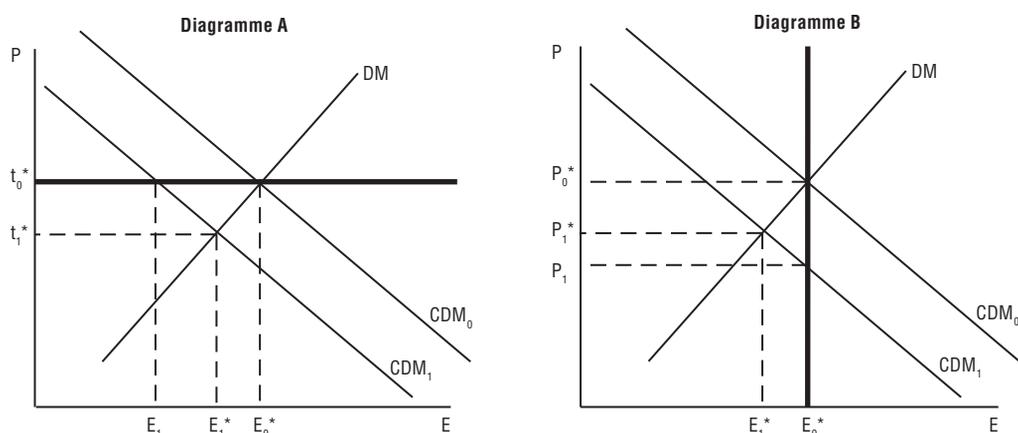
Il importe de souligner que la prévisibilité ne signifie pas nécessairement que la taxe reste constante sur une longue période, mais que son taux demeure dans une fourchette confortable autour de son évolution attendue (et crédible). En d'autres termes, le taux d'imposition peut être considéré comme prévisible même s'il est prévu qu'il augmente ou diminue progressivement, pourvu que les gouvernements et les entreprises l'aient anticipé.

4.1.3. Impacts de l'innovation sur les taux de taxe intertemporels et sur les niveaux d'émission

Si les décideurs ont bien fait leur travail, une taxe liée à l'environnement conçue de manière optimale doit encourager l'innovation. En permettant aux entreprises de réaliser des réductions d'émissions données à un coût inférieur, l'innovation suppose que la courbe du coût marginal de la réduction des émissions s'incurve vers l'intérieur. Pour les politiques qui sont conçues pour s'adapter à l'évolution de la situation, l'innovation couplée à une absence de variation du dommage marginal causé par l'émission polluante laisse supposer que le taux de taxe optimal devrait être réduit (et la quantité de permis

négociables abaissée, dans un système de certificats d'émission) en présence d'une courbe de coût marginal de réduction des émissions incurvée vers l'intérieur, comme le montre le graphique 4.1.

Graphique 4.1. **Impacts de l'innovation pour les systèmes de taxe et de permis négociables**



Dans le cas d'une taxe liée à l'environnement (diagramme A), la taxe initiale est fixée dans un premier temps à t_0^* , de manière que la courbe du coût marginal de réduction de la pollution (CDM_0) soit égale à la courbe de dommage marginal (DM) de la période initiale, pour obtenir un niveau d'émissions optimal (E_0^*). Si les entreprises optent pour l'innovation, leurs possibilités de réduction de leurs émissions polluantes augmentent, ce qui se traduit par une incurvation interne de la courbe du coût marginal de réduction de la pollution et donne la courbe CDM_1 . Si le taux de la taxe est fixe, les niveaux d'émission chutent de manière significative, jusqu'au point E_1 . Dans un monde de politique environnementale adaptée en permanence aux évolutions du contexte, la taxe serait abaissée pour préserver l'égalité entre la demande marginale et le coût marginal de réduction de la pollution. La situation est quasiment la même avec les permis négociables (diagramme B) : l'innovation a sur la courbe CDM un effet d'incurvation interne. Si le plafond d'émissions a été fixé au préalable, le prix des permis chute fortement. Dans le cadre d'une politique réactive et optimale, le plafond des émissions devrait être abaissé à E_1^* , tandis que le prix des permis serait égal à P_1^* . De ce fait, dans un contexte de politique non réactive, l'innovation en présence d'une taxe environnementale se traduirait par un excès de réduction des émissions, alors que l'innovation dans un système de permis négociables n'entraînerait aucune diminution des émissions, mais tirerait fortement à la baisse des prix des permis.

Des différences peuvent survenir lorsque les pentes des courbes de coût marginal de réduction de la pollution et de dommage marginal divergent (Weitzman, 1974). Si, par exemple, la pente de la courbe de dommage marginal est nettement plus forte que celle du coût marginal de réduction de la pollution, l'utilisation d'un mécanisme de prix (à savoir des taxes liées à l'environnement) pourrait avoir un impact plus marqué que le recours à un dispositif axé sur la quantité (soit un système de permis négociables). Comme la courbe du coût marginal de réduction de la pollution serait plus plate, de petites erreurs dans le

calcul du niveau de la taxe pourraient avoir des conséquences extrêmement importantes sur les quantités d'émissions polluantes.

Cette réponse de l'autorité réglementaire face à l'innovation (réponse optimale de l'agent) joue un grand rôle dans la création d'incitations supplémentaires à innover et dans le choix de l'instrument. Milliman et Prince (1989) évaluent les effets de l'innovation sur les incitations des entreprises issues de la réponse optimale de l'agent dans le cas de différents instruments de politique environnementale. Lorsque l'organisme innovant utilise une innovation brevetée, ou qu'il se contente d'adopter une innovation, la réponse optimale de l'agent est la meilleure face à une taxe environnementale ou à un système de permis d'émission. Dans de tels scénarios, la taxe ou le prix sont réduits par le régulateur, ce qui allège la charge imposée aux entreprises concernées. Pour un tiers innovant qui ne serait pas directement soumis à la politique environnementale, les taxes sur les émissions représentent la solution la moins optimale. Dans ce contexte, un régulateur optimal réduirait les taxes, ce qui inciterait moins à poursuivre la réduction des émissions, sans alléger pour autant la charge de l'innovateur, qui ne serait de toute façon pas soumis à la politique environnementale. D'un autre côté, les approches par la méthode contraignante seraient les plus incitatives pour l'entité innovante, puisque la réponse optimale de l'agent dans une situation d'innovation serait de renforcer cette politique, ce qui apporterait des avantages supplémentaires à l'entreprise innovante.

Il convient de noter que la présence d'un changement technique ne se traduira pas toujours par une incurvation interne de la courbe du coût marginal de réduction de la pollution, qui pourra évoluer de différentes manières en fonction du type d'innovation (Amir *et al.*, 2008 et Bauman *et al.*, 2008). Les innovations en bout de chaîne se traduiront toujours par un repli de la courbe du coût marginal de réduction de la pollution, puisque le seul avantage possible est de réduire la pollution. En revanche, les innovations concernant les processus de production risquent d'accroître la pollution car elles affectent également la fonction de coûts de l'entreprise, et par conséquent l'innovation adoptée peut encourager une hausse de la production. Il se peut ainsi que la courbe du coût marginal de réduction de la pollution s'en trouve déplacée vers l'extérieur, ce qui suppose que, lorsque les taux d'imposition sont rigides (et donc peu susceptibles de varier en présence d'une innovation), le choix d'une réglementation contraignante ou d'une action sur les quantités pourrait se révéler plus efficace ici.

Une autre caractéristique intéressante des effets de l'évolution technologique sur la courbe du coût marginal de réduction de la pollution réside dans les effets des innovations intermédiaires par rapport aux innovations à long terme (Baker *et al.*, 2008). Les premières (dans un contexte de changement climatique, les innovations intermédiaires seraient des sources d'énergie moins polluantes, mais pas complètement dépourvues d'émissions de CO₂) peuvent entraîner dans un premier temps un déplacement vers le bas de la courbe CDM pour de faibles réductions de pollution mais, si la baisse des émissions atteint des niveaux importants, la courbe se déplacera vers l'extérieur. Les auteurs présentent un exemple simple à titre d'illustration. Supposons qu'il existe trois sources d'énergie dans l'économie : le charbon (beaucoup d'émissions), le gaz naturel (moins d'émissions) et le nucléaire (aucune émission). En l'absence de taxe environnementale, le charbon affiche le coût de production unitaire le plus bas, suivi du gaz naturel, puis du nucléaire. L'apparition d'une taxe carbone renverse la situation : les sources d'énergie les moins coûteuses sont le nucléaire, suivi du gaz naturel puis du charbon. De ce fait, une économie qui produit son électricité uniquement à partir du charbon commencerait à opter pour le nucléaire.

Aucune centrale au gaz naturel ne serait construite. À présent, si une innovation en matière de centrale au gaz naturel fait que le coût de production après impôt passe en dessous de celui du nucléaire, la courbe CDM s'infléchira vers l'intérieur, la production d'électricité passant du charbon au gaz naturel. C'est ce qui se passe pour de faibles niveaux de réduction de la pollution à court terme. Cependant, lorsque d'importantes réductions des émissions polluantes sont nécessaires, par exemple dans l'idée de supprimer quasiment toutes les émissions de gaz carbonique en raison du changement climatique, même une conversion totale au gaz naturel ne permettrait pas de réduire suffisamment la pollution. Cela signifie que la production par le gaz naturel devrait céder la place au nucléaire pour des niveaux élevés de réduction de la pollution. Le coût marginal du passage du gaz naturel au nucléaire est devenu plus important que celui du passage du charbon au nucléaire, ce qui se traduit par un déplacement vers l'extérieur de la courbe CDM pour des niveaux élevés de réduction de la pollution.

Les effets de l'innovation sur la courbe du coût marginal de réduction de la pollution se manifestent aussi dans une économie dont d'autres facteurs évoluent également. Les effets d'échelle de la croissance économique déplacent la courbe CDM vers l'extérieur (de sorte que la réalisation d'un volume donné d'émissions coûte davantage dans une économie en croissance que dans une économie en stagnation). Cette croissance économique peut également avoir des effets de revenu sur la courbe des dommages marginaux, qui se déplacerait vers la gauche si, au fur et à mesure qu'ils deviennent plus riches, les habitants acceptent de payer davantage pour obtenir une certaine amélioration de leur environnement. De ce fait, l'effet de l'innovation sur la courbe du coût marginal de réduction de la pollution doit être étudié en regard de l'effet global des autres facteurs pour déterminer les taux de taxation optimaux.

Il est intéressant de noter que les modèles de tarification optimale d'une taxe carbone peuvent différer de manière significative. La plupart d'entre eux prévoient une augmentation de la taxe parallèlement à une hausse des températures et du coût marginal de réduction de la pollution, les sociétés utilisant les technologies existantes et remettant à plus tard l'adoption de solutions plus coûteuses. D'un autre côté, les impacts de l'innovation se traduiraient par une diminution des prix du carbone, pour éventuellement arriver jusqu'à zéro dans un avenir lointain (Acemoglu *et al.*, 2009). En appliquant une stratégie optimale de taxe carbone et de subventions à la R-D écologique, l'encouragement apporté à la recherche dans les technologies vertes amorce un processus dans lequel les entreprises seront de plus en plus enclines à investir dans cette R-D à but écologique (en raison de leurs investissements passés, et de leurs compétences croissantes dans ce domaine). Grâce à cet effet de cumul, les mesures d'encouragement de l'État peuvent diminuer, ce qui signifie que le montant optimal de la taxe sera de zéro au bout de quelques décennies. Une telle analyse s'inscrit dans un modèle extrêmement simplifié et ne peut être utilisée à des fins de recommandation de politique économique, mais elle met néanmoins l'accent sur le pouvoir potentiel de l'innovation dans ce domaine.

D'un autre côté, les taxes liées à l'environnement peuvent avoir un impact positif indirect sur les niveaux de pollution en raison de l'effet en retour. L'existence d'une taxe environnementale sur une source de pollution spécifique encourage l'innovation visant à réduire les émissions provenant de cette source (par exemple *via* des mesures d'efficacité). De telles innovations réduisent la demande du produit sous-jacent, ce qui se traduit par une diminution de son prix. Cette baisse du prix aurait un effet d'échelle, qui encouragerait une consommation accrue, et affecterait donc le niveau global des émissions¹. Un

rééquilibrage du taux de taxation serait optimal. De tels effets en retour sont plus importants lorsqu'une taxe sur une source de pollution est prélevée sur des émissions fortement corrélées à un bien sous-jacent (comme dans le cas du dioxyde de carbone ou des combustibles fossiles) ou que la taxe est appliquée à un substitut de la pollution (par exemple sur les carburants). Lorsque le niveau et la couverture de la taxe sont élevés, on peut s'attendre à des effets en retour plus marqués.

La dynamique de l'économie politique peut rendre difficile l'ajustement de l'instrument face à l'innovation, même si la réaction optimale d'un gouvernement face au déplacement de la courbe CDM vers l'intérieur se traduit par une combinaison prix/émissions à peu près identique. D'un côté, la réduction des taux de taxe peut être considérée comme une « récompense » pour les pollueurs et la volonté politique de mettre ces changements en œuvre pourrait rencontrer des difficultés auprès des citoyens. Une caractéristique modératrice des taxes réside dans le fait que de nombreuses taxes liées à l'environnement ont été établies à des niveaux fixes au cours des premières années. L'effet de l'inflation et de la croissance économique au fil des années s'est traduit en fait par une diminution progressive des prix. Dans le cas de la Suède, qui impose une taxe sur les émissions de NO_x (comme décrit dans l'encadré 3.2), cette dernière a été fixée à 40 SEK par kilogramme en 1992, un montant qui n'a pas été modifié jusqu'en 2008, ce qui a entraîné un recul réel du taux de taxation de l'ordre de 20 %. Une telle caractéristique de la conception de la taxe peut affaiblir les arguments en faveur d'une réduction des taux officiels des taxes liées à l'environnement en présence d'innovations.

D'un autre côté, la réduction du nombre total de permis d'émission dans une situation d'innovation peut être envisagée sous des angles très divers, du point de vue de l'économie politique en fonction de la manière dont elle est menée. Premièrement, la simple suppression de certains permis, ou leur dévalorisation effective², pourraient être considérées comme une confiscation de droits de propriété, comme tel est le cas dans certaines juridictions. Deuxièmement, si les périodes entre les cycles d'adjudication sont courtes, les gouvernements peuvent attendre et simplement proposer moins de permis lors du prochain cycle. Enfin, si les intervalles entre les cycles sont plus longs, les gouvernements pourraient entrer sur le marché dans l'optique d'acheter des permis, en vue de les retirer ensuite. La seconde option est celle qui poserait sans doute le moins de problèmes d'économie politique de la part des entreprises ou des citoyens, bien que le fait que les périodes soient courtes réduise les avantages tirés de la prévisibilité.

4.1.4. Délais de mise en œuvre d'une imposition liée à l'environnement

L'annonce de la création d'une nouvelle taxe (ou l'augmentation d'une taxe existante) avec effet immédiat se traduit par une incitation immédiate à la réduction des émissions polluantes; en revanche, l'expérimentation de nouvelles techniques, l'installation de nouveaux équipements, la fabrication de nouveaux produits ou le remplacement des intrants sont des opérations dont la mise en place totale demande du temps. De ce fait, une taxe liée à l'environnement qui serait annoncée et mise en œuvre dans un laps de temps relativement court ne donnerait guère voire pas du tout aux entreprises l'occasion de réduire leurs émissions durant la période qui suivrait immédiatement son introduction. En conséquence, les pollueurs resteraient soumis à la taxe sur leurs émissions de la période en cours (à partir de leur comportement passé) mais aussi à court terme (en raison de l'impossibilité de remplacer rapidement les biens d'équipement et de modifier les processus).

Une annonce crédible de mise en place d'une taxe liée à l'environnement dans un avenir proche (un à deux ans, par exemple) au lieu d'une échéance à très court terme aurait toujours pour effet d'inciter les entreprises à réduire leurs émissions, sans collecter de revenus à partir de la situation antérieure à la création de la taxe. Cette méthode peut également inciter les entreprises à accroître leurs investissements dans des activités innovantes, sans l'effet de revenu. Un tel délai pourrait également contribuer à faciliter la mise en application de taxes liées à l'environnement auxquelles seraient opposées des parties prenantes puissantes.

L'étude de cas des émissions de COV (composés organiques volatils) en Suisse décrite dans l'encadré 3.8 se fondait sur une approche de ce type. La loi est entrée en vigueur en janvier 1998, et la taxe a été appliquée deux années plus tard. Ce mode de mise en œuvre avait été décidé suite à des suggestions des entreprises, ainsi qu'en raison du besoin pour les pouvoirs publics concernés de rassembler les compétences et de mettre sur pied les infrastructures nécessaires à une administration efficace de la taxe. En réaction à l'application potentielle d'impôts, certaines mesures de réduction de la pollution ont été prises à partir de 1998. Une entreprise interrogée avait même acquis un onéreux équipement d'incinération, assorti de coûts de fonctionnement élevés, dès le milieu des années 1990 parce qu'elle anticipait l'adoption d'une taxe sur les COV.

4.1.5. Préoccupations relatives à la compétitivité et dynamique de l'économie politique

Comme le souligne l'OCDE (2006), certaines considérations d'économie politique influent sur la conception des taxes liées à l'environnement. Les exonérations, les réductions de taux ou d'autres dispositions sont employées dans le large éventail de taxes mises en œuvre dans les pays de l'OCDE. Des allègements sont généralement accordés pour faire face aux problèmes de redistribution des revenus que posent les taxes liées à l'environnement. Étant donné que le chauffage du logement et le transport absorbent une large part du budget des ménages à bas revenus, certains craignent que la charge de telles taxes soit proportionnellement plus lourde pour les ménages les moins en mesure de la payer.

En outre, les allègements concernent également les secteurs générateurs d'émissions très importantes, et donc potentiellement plus exposés sur le plan commercial, de manière à résoudre des problèmes de compétitivité par rapport aux pays qui n'appliquent pas de telles taxes. Lorsqu'un pays décide avant les autres (soumis aux mêmes défis écologiques) d'appliquer une taxe liée à l'environnement, une partie des avantages de cette décision ira aux autres pays, puisqu'il est impossible de s'approprier la totalité de l'information ou de l'innovation. Par conséquent, le coût de la réduction de la pollution sera bien moindre pour les suiveurs que pour le pays précurseur, ce qui laisse supposer qu'une taxe moins élevée contribuerait à réduire les retombées, et donc les écarts de compétitivité, entre ce pays et les autres. D'un autre côté, si le premier pays est un pays développé et que les autres sont des pays en développement, ce résultat est peut-être plus souhaitable. Par exemple, Rosendahl (2004) suggère que, puisque les technologies de l'environnement sont d'abord mises au point dans les pays industrialisés, une taxe environnementale optimale devrait être plus élevée dans ces derniers que dans les pays en développement, incitant ainsi les pays développés à innover, ce dont pourront ensuite bénéficier les nouveaux convertis dans les pays en développement.

Ces préoccupations relatives à la compétitivité se manifestent également sous forme de problèmes environnementaux, puisque certaines entreprises pourront délocaliser et continuer de polluer aux niveaux habituels. Dans un contexte de changement climatique, cette « fuite de carbone » représente une préoccupation souvent exprimée par l'industrie. Cependant, sachant que la taille du marché s'accroît (soit via l'extension de la portée des mesures, soit à travers la coordination des politiques entre les différents pays), le risque de telles fuites diminue rapidement (OCDE, 2009c).

Dans de nombreux pays, l'utilisation des ressources de base, telles que l'eau et le combustible servant au chauffage des logements, pâtit de problèmes de compétitivité et de distribution. Le recours à une tarification progressive par tranches permet de proposer des quantités de base des biens concernés à un faible prix, mais la hausse des prix pour un usage plus intensif reste une incitation significative à réduire sa pollution à la marge. Israël, par exemple, applique des tarifs par tranches à tous les utilisateurs d'eau (particuliers, industrie et agriculture)³. Ainsi, les tarifs pour les ménages étaient en 2008 de 3.93 ILS par m³ pour les huit premiers mètres cubes du mois, puis de 5.50 ILS le m³ pour les sept suivants et de 7.65 ILS ensuite (OCDE, 2009i). La grille appliquée à l'agriculture est globalement la même, avec une incitation supplémentaire sous forme de prix plus bas pour l'utilisation d'eaux salines ou recyclées (eaux usées retraitées). L'exemple des prix de l'eau en Israël, décrit dans l'encadré 4.3, montre que l'efficacité en termes environnementaux de la tarification de l'eau peut varier de manière significative d'un secteur à l'autre, les élasticités-prix étant beaucoup plus faibles pour les ménages que pour les autres utilisateurs. Les impacts de ce type de tarification de l'eau sur l'innovation sont toutefois difficiles à déterminer précisément, en raison de la coexistence des investissements publics, de la réglementation, des campagnes d'information et autres.

En Suède, la politique économique servant de cadre à la mise en place de la taxe sur les émissions de NO_x prévoyait le remboursement de cette taxe, diminuée d'une petite fraction pour l'administration, en fonction de la production d'énergie des entreprises. Ce dispositif de remboursement compense les effets de la taxe, puisque qu'un paiement net est perçu par les entreprises moins polluantes que la moyenne ou acquitté par celles qui polluent plus. Compte tenu de la dissociation de la base fiscale et de la base de remboursement, l'incitation à réduire fortement ses émissions reste intacte; cependant, un tel dispositif pourrait avoir un léger effet néfaste sur l'incitation à l'innovation pour les entreprises qui sont également polluantes, comme le décrit l'encadré 4.4.

Tandis qu'un tel dispositif de remboursement risque d'avoir des effets négatifs en termes d'innovation⁴, il convient de se replacer du point de vue de politique économique selon lequel un taux de taxe aussi élevé (par rapport aux autres pays ayant adopté des taxes écologiques, celle de la France représentant par exemple un centième de celle de la Suède) n'aurait peut-être jamais pu être mis en place sans un tel remboursement. Le système de remboursement de la Suède pourrait également s'être traduit par un taux de taxe plus élevé même que le niveau résultant de la prise en compte des externalités environnementales. Un pays voisin de la Suède, la Norvège, a mis en place une taxe similaire sur les émissions de NO_x, mais à un niveau presque deux fois moindre, et sans possibilité de remboursement.

En pratique, la crainte de certains que quelques entreprises fortement consommatrices d'énergie ou très actives dans le commerce international ne quittent le pays à la recherche de juridictions imposant des taxes moins lourdes n'est pas

Encadré 4.3. Étude de cas : la tarification de l'eau en Israël

Situé dans une zone aride et dans une situation de croissance de sa population, d'augmentation des revenus et de sécheresses de plus en plus fréquentes, Israël est un pays très préoccupé par la conservation des ressources en eau. C'est pourquoi les politiques publiques se sont focalisées sur la création d'incitations fortes en faveur d'une utilisation plus efficace de cette ressource (en plus d'une augmentation de l'offre via la désalinisation). Du fait d'un certain nombre de facteurs, parmi lesquels une politique publique volontariste, la demande d'eau en Israël s'élève en moyenne à 300 m³ par an, contre une moyenne internationale plus proche de 1 700 m³ par an (Mason, 2009).

L'une des manifestations les plus visibles de cette volonté a été la mise en place d'un système de tarification progressive pour les usages domestiques, commerciaux et agricoles, qui peut avoir les mêmes effets qu'une taxe. La comparaison entre les prix demandés à l'agriculture et aux ménages met l'accent sur les différents effets d'un secteur à l'autre. Ainsi, une grille tarifaire à trois niveaux est appliquée aux agriculteurs, en fonction de leurs quotes-parts. Entre 1995 et 2005, par exemple, les prix moyens réels de l'eau à usage agricole ont augmenté de plus de 68 %, pour atteindre 0.33 USD le m³. Malgré des augmentations significatives également sur une période plus longue, la valeur de la production agricole par m³ d'eau a plus que triplé depuis 1958. La grille tarifaire a encouragé une utilisation plus efficace de l'eau, par exemple à travers l'irrigation au goutte à goutte, ainsi que des solutions de substitution (à partir d'eaux usées recyclées et retraitées, qui coûtent environ 0.20 USD le m³). D'un autre côté, la consommation d'eau par habitant pour les ménages continue de croître, bien que les prix aient là aussi fortement augmenté. On ne constate généralement des baisses que lorsqu'elles sont couplées à des campagnes d'économie de l'eau (qui prennent la forme de campagnes d'information, de projets de communication et de mise en application de la réglementation existante).

Il est difficile toutefois de faire la part des choses entre les effets des prix et des autres mesures sur le bilan d'Israël en matière de préservation de l'eau, et d'autant plus entre les impacts en termes d'innovation et de productivité. Dans bien des cas, les hausses de prix ont été mises en œuvre conjointement avec des investissements publics significatifs visant à faciliter l'adoption des nouvelles techniques, qu'une réglementation de la prestation de services et des campagnes de sensibilisation. Néanmoins, ces mesures ont eu pour effet un développement considérable de l'innovation – en technologies d'économie de l'eau, d'amélioration de la distribution, etc. – et les importantes hausses des prix de l'eau récemment adoptées devraient permettre de réaliser d'intéressantes études sur ce sujet à l'avenir.

Source : OCDE (2009i).

nécessairement justifiée. L'encadré 4.1 présente une étude de cas sur la taxe liée au changement climatique imposée au Royaume-Uni (Climate Change Levy), qui prévoit des réductions du taux de taxation pour certaines entreprises et secteurs générateurs d'émissions importantes. La comparaison entre les entreprises qui s'acquittaient de la totalité de la taxe et celles qui bénéficiaient d'un taux réduit a montré que les premières ne souffraient pas d'un désavantage économique plus marqué que les secondes, même si certains avaient craint que les premières ne soient moins compétitives, aussi bien par rapport à leurs concurrentes britanniques payant une taxe réduite que par rapport aux concurrentes internationales ne payant aucune taxe liée au changement climatique⁵. Aucun des indicateurs utilisés (niveaux d'emploi, production brute réelle et productivité totale des facteurs) n'a chuté pour les entreprises payant la taxe au taux plein plutôt qu'à un taux réduit. Il semblerait toutefois que la moindre incitation à l'innovation des entreprises due à une charge fiscale moins lourde se traduise par moins d'innovation, telle

Encadré 4.4. Impact du remboursement de la taxe sur l'innovation

Il arrive bien souvent qu'une entreprise soumise à une taxe environnementale soit incitée à innover, à la fois pour utiliser elle-même l'innovation et pour la diffuser aux autres entreprises par le biais de licences. En cas de remboursement, l'incitation peut se trouver quelque peu éoussée, puisque l'adoption de l'innovation réduit non seulement le montant de la taxe due au titre de la pollution, mais également le montant du remboursement attendu, surtout avec la concentration croissante des marchés. Le rendement attendu de l'innovation s'en trouve ainsi réduit.

En présence d'une taxe liée à l'environnement, l'entreprise innovante j tente de minimiser ses coûts (C_j), qui sont influencés par ses émissions (e_j), sa production (q_j) et sa technologie de réduction de la pollution (k_j), compte tenu de ses charges de R-D (D_j), des redevances qu'elle attend au titre de sa nouvelle innovation (R_j) dont la licence est accordée à m entreprises non innovantes, et du paiement de la taxe qu'elle doit (t^*e_j). S'il existe un dispositif de remboursement, ce dernier influe également sur la structure de coûts de l'entreprise et s'appuie sur les émissions de toutes les entreprises n de la branche concernée. On peut ainsi représenter la fonction de coûts de l'entreprise innovante sous la forme :

$$C_j = c_j(e_j(k_j), q_j, k_j) + D_j(k_j) - R_j(k_j) + t e_j - t \frac{q_j}{Q} \sum_{i=1}^n e_i(k_i) \quad (1)$$

Le prix des redevances touchées par l'entreprise est simplement égal à : $R_j(k_j) = m(k_j) P_m(k_j)$. Si l'équation de coûts est différenciée par la technologie k_j et ramenée à zéro pour déterminer son niveau plancher, elle devient :

$$\frac{\partial D_j}{\partial k_j} = -\frac{\partial c_j}{\partial k_j} + \frac{\partial R_j}{\partial k_j} + t \frac{q_j}{Q} \sum_{i=1, i \neq j}^m \frac{\partial e_i}{\partial k_j}, \text{ avec } Q = \sum_{i=1}^n q_i \quad (2)$$

À partir de l'équation (2), les facteurs qui influent sur le niveau optimal des dépenses de R-D peuvent être divisés en trois termes. Le premier représente l'effet de la technologie de réduction de la pollution sur les coûts de l'entreprise innovante elle-même : plus les coûts sont élevés, plus le niveau optimal des dépenses de R-D est bas. Le deuxième terme correspond à l'effet de l'innovation sur les redevances payées par les entreprises non innovantes : plus les revenus attendus de cette source sont élevés, plus le niveau optimal des dépenses de R-D est élevé. Enfin, le troisième terme correspond à l'effet de l'innovation sur le remboursement touché par l'entreprise (en l'absence de remboursement, l'équation ne comprendrait que les deux premiers termes). Avec $\partial e_i / \partial k_j < 0$, l'effet du dispositif de remboursement serait de réduire le niveau optimal de l'investissement en R-D relativement à une situation sans remboursement. Puisqu'une petite partie de la production est constante en cas de variation de la technologie de réduction de la pollution k_j , sachant que $q_j/Q \rightarrow 0$, le troisième terme ne disparaît pas. De ce fait, le remboursement a bien un certain impact négatif sur l'effet global de l'incitation à innover, un effet qui tend à croître avec la concentration du marché.

L'effet pour une entreprise extérieure, dont l'activité n'est pas la production q , mais l'innovation et la vente de technologies de réduction de la pollution k_j aux sociétés soumises à la taxe est légèrement différent. Il déterminera le prix de l'innovation comme le prix de réserve de la dernière entreprise accordant une licence. Cependant, les entreprises qui n'adopteraient pas l'innovation seraient affectées par l'adoption de la technologie par les autres, en raison de l'effet sur le mécanisme de remboursement. De ce fait, le prix que fixera la société innovante pour la technologie de réduction de la pollution correspondra à la différence entre les coûts d'adoption et ceux de la non-adoption. Dans ce cas, l'effet du remboursement n'est pas particulièrement négatif, si on suppose qu'aucune entreprise ne dispose d'un pouvoir de marché significatif.

Encadré 4.4. Impact du remboursement de la taxe sur l'innovation (suite)

Ainsi, la théorie nous montre comment les dispositifs de remboursement peuvent influencer sur les incitations à innover qui résultent de la fiscalité liée à l'environnement. Lorsque la société innovante fait partie des entreprises assujetties à la taxe, l'incitation à innover pourra toujours être un peu atténuée, même s'il existe de nombreuses entreprises non coopératives. Lorsqu'une société externe produit l'innovation, un marché parfaitement concurrentiel laisse supposer que le remboursement n'aura pas d'impact visible sur les incitations à réduire la pollution. Dans l'exemple suédois, aucune société ne représentait plus de 12 % de la production totale, ce qui suggère que le marché était relativement concurrentiel, c'est-à-dire qu'aucun acteur n'occupait de position dominante en termes de production.

Source : OCDE (2009e).

que mesurée en nombre de brevets, par rapport aux entreprises soumises à la taxe à taux plein.

Ces considérations de politique économique sont jusqu'à présent généralement centrées sur l'entreprise prise individuellement. Or, la conception de certaines taxes liées à l'environnement peut avoir différents impacts en termes d'innovation en fonction des propensions collectives et individuelles à innover. Dans le cas de taxes sur la pollution (sans caractéristiques supplémentaires), les individus et les groupes d'individus (comme les associations professionnelles) sont incités à investir dans une innovation qui bénéficiera à tous les participants. Dans l'agriculture, les associations professionnelles récoltent ainsi les cotisations syndicales pour financer des activités de R-D parce que les avantages attendus de ces innovations devraient bénéficier à tous les agriculteurs, mais ces derniers ne peuvent se permettre de les financer individuellement. De même, dans le cas d'une taxation de la pollution, des groupes d'entreprises concernées par une telle taxe (voire l'ensemble de ces entreprises) ont intérêt à mettre leurs ressources en commun et à entreprendre des activités de R-D communes, les économies d'échelle rendant ainsi rentables des opérations qui ne le seraient pas si chacun devait les financer individuellement.

L'intégration de caractéristiques supplémentaires lors de la conception d'une taxe peut avoir des conséquences très significatives sur l'innovation collective. Dans le cadre de la taxe japonaise sur le SO_x , le montant de revenus nécessaires est déterminé de manière exogène, le niveau de la taxe dépendant de l'ampleur des émissions. Chaque entreprise individuelle est incitée à réduire ses émissions pour abaisser le montant de la taxe due. Au contraire, l'ensemble des entreprises assujetties à cette taxe n'a, en tant que groupe, aucun intérêt à investir dans des innovations permettant de réduire la pollution. Les conséquences d'un tel investissement, qui a des retombées sur toutes les entreprises, seraient une réduction du niveau global des émissions, ce qui ne se traduirait au final que par une augmentation automatique du taux d'imposition. Dans un tel scénario, la situation des entreprises japonaises prises individuellement n'en serait aucunement améliorée⁶. De la même manière, dans le système suédois de remboursement, toute innovation collective se traduisant par une nouvelle diminution de la pollution par l'ensemble des entreprises réduirait le montant de la taxe collectée, mais également les sommes remboursées, ce qui ne profiterait pas aux entreprises prises individuellement. Dans ces deux systèmes de conception différente (mais aussi, dans une certaine mesure, pour les systèmes de

plafonnement et d'échange des droits d'émission), l'innovation n'est profitable au niveau individuel que parce que les réductions d'émissions issues des progrès technologiques sont réalisées par rapport aux niveaux d'émission des autres entreprises prises individuellement.

4.2. Déterminer la base d'imposition

Une entreprise polluante soumise à une taxe liée uniquement à sa propre production sera incitée à entreprendre des activités innovantes pour réduire sa propre charge fiscale. Sa décision dépendra d'un certain nombre de facteurs plus ou moins en rapport avec le retour sur investissement une fois l'innovation adoptée, tels que le niveau de la taxe et la disponibilité des ressources.

Les entreprises sont également conscientes du marché des autres sociétés. Les entreprises polluantes peuvent vendre à d'autres sociétés dans la même situation une innovation qu'elles auront développée en interne. Pour les entreprises tierces, le retour sur investissement issu de l'innovation ne peut provenir que de la vente de licences de propriété intellectuelle, soit directement, soit à travers les machines qui utilisent la technique concernée. Dans ces cas, l'éventail des actions couvertes par la taxe peut avoir une incidence considérable sur l'incitation à innover. Le montant de la base d'imposition dépend de deux facteurs essentiels : i) la taille du pays qui collecte la taxe (ou des pays qui taxent la même source de pollution d'une manière similaire) et ii) la proportion de polluants taxés au sein d'un pays (par exemple, une taxe sur les émissions de CO₂ d'une part, ou une taxe sur les émissions de CO₂ ne provenant que de certaines sources d'autre part).

L'ampleur des opportunités, telle que déterminée par le montant de la base d'imposition, joue un rôle critique : plus cette base sera importante, plus les possibilités de profiter des innovations seront nombreuses, et donc plus le niveau d'innovation résultant de l'imposition d'une taxe environnementale sera élevé. Lorsque le champ d'application de la taxe est relativement étroit, les incitations à un comportement innovant peuvent être limitées en raison du petit nombre d'occasions de rentabiliser ses dépenses. Les décideurs des petits pays doivent en outre évaluer dans quelle mesure une taxe au champ d'application limité influera sur la propension des entreprises à innover pour un niveau de taxe donné. C'est pour ces raisons que la coopération internationale en matière de réduction de la pollution peut se révéler la plus fructueuse. Non seulement un grand nombre de pays pourront agir ensemble pour réduire et résoudre les problèmes environnementaux internationaux en réduisant les problèmes posés par les « passagers clandestins », mais en outre le potentiel d'innovation s'en trouvera accru.

La taxe suédoise sur les émissions de NO_x décrite dans l'encadré 3.2 s'est progressivement étendue aux petites entreprises au cours des années qui ont suivi sa mise en œuvre. Cette extension constante du marché s'est traduite par une incitation nettement accrue à l'innovation pour les entreprises polluantes et les sociétés tierces. L'analyse des dépôts de brevets dans ce domaine en Suède n'a pas permis d'identifier de lien définitif entre la taxe et l'activité en termes de dépôt de brevets (ni avec l'extension de l'assiette de l'impôt sur cette activité). Le marché suédois des techniques innovantes de réduction des émissions de NO_x, même si le nombre d'entreprises clientes potentielles a augmenté, pourrait demeurer en-deçà d'un certain seuil nécessaire à susciter une accélération de l'innovation.

4.3. Gestion de la taxe

La gestion d'une taxe liée à l'environnement constitue généralement une procédure assez simple, puisque le taux de taxation est appliqué à la quantité de polluants émis (ou à un substitut). Elle diffère en cela des procédures réglementaires, pour lesquelles les administrateurs disposent d'une certaine latitude dans l'application de programmes environnementaux. Cette latitude peut être une source d'incertitude pour les entreprises, qui se demandent alors quels seront la forme et les effets de la mesure mise en place, en fonction des différentes interprétations de la réglementation selon les responsables, des différents degrés d'application d'un pollueur à l'autre ou d'un plus large périmètre d'évaluation.

Bien que ce phénomène concerne davantage les instruments de commandement et de contrôle, les taxes liées à l'environnement peuvent rencontrer le même problème. Des règles fiscales complexes peuvent induire une latitude comparable, même si les taxes écologiques sont généralement beaucoup moins complexes que les régimes d'imposition sur les bénéficiaires des entreprises ou sur les revenus des personnes physiques. Une exception concerne le cas de la combinaison d'une taxation environnementale et d'accords négociés. Par exemple, de nombreux pays proposent des réductions des taxes sur l'énergie ou les émissions de dioxyde de carbone aux entreprises très polluantes, à condition que ces dernières s'engagent à prendre des mesures spécifiques ou qu'elles acceptent de respecter des objectifs convenus. De telles approches créent i) une incertitude pour le secteur privé, en raison des processus de négociation portant sur la sévérité des mesures et sur les moyens d'évaluer leur respect et ii) un potentiel de réduction d'impôt qui ne s'accompagne pas nécessairement d'un grand bénéfice sur le plan environnemental.

La gestion d'une taxe liée à l'environnement peut également jouer un rôle unique pour une entreprise, en cela qu'elle constitue une source d'information dont cette dernière aurait manqué auparavant. Pour les entreprises, respecter les exigences du système de fiscalité des sociétés ne leur apportera sans doute pas beaucoup d'informations nouvelles sur la santé ou la rentabilité de leur structure, puisque ces renseignements sont déjà collectés à d'autres fins, et qu'ils sont essentiels à la gestion d'une entreprise saine.

La taxation liée à l'environnement est sans doute différente, en particulier en ce qui concerne les taxes prélevées directement auprès des entreprises polluantes. Sans politique environnementale, il n'y a pas vraiment de raison financière de surveiller et de comptabiliser les agents polluants spécifiques (les entreprises et les ménages sont susceptibles de suivre les taxes comme indicateurs de la pollution, ces bases de taxation pouvant se révéler particulièrement pertinentes). De ce fait, l'imposition de taxes sur la pollution fournit aux agents polluants des informations dont ils n'avaient généralement pas connaissance auparavant⁷. Pour certaines entreprises polluantes (et pour l'organe de gestion), cette administration peut avoir un coût élevé. La taxation indirecte de la pollution est généralement utilisée dans ce cas. Nous revenons de manière plus détaillée à la section 4.4 sur les avantages et les inconvénients d'une utilisation de cette taxation indirecte.

Ces informations sur les émissions aident non seulement à gérer la taxe, mais encore elles permettent aux entreprises de mieux comprendre l'origine des émissions polluantes, surtout lorsque la formation de la pollution n'évolue pas au même rythme que l'utilisation des intrants. Les informations collectées ne sont pas si précieuses que les entreprises les rechercheraient même en l'absence d'une politique de préservation de l'environnement,

mais elles peuvent contribuer à atténuer certains effets de la taxe et à aider les entreprises à trouver des solutions bon marché, telles qu'un changement de comportement ou un calibrage des instruments, pour réduire leurs émissions.

Dans l'étude de cas de la Suisse sur les COV, les entreprises devaient tenir une comptabilité détaillée indiquant les flux de COV et les produits qui en contenaient, afin d'identifier précisément de quelles émissions elles étaient responsables. Surtout, l'étude de cas de la Suède a mis l'accent sur les dispositifs de contrôle continu que les entreprises devaient installer pour suivre leurs émissions de NO_x. Le coût de départ de tels dispositifs allait de 30 000 EUR à 36 000 EUR, avec des frais annuels de contrôle et de maintenance de l'ordre de 12 000 EUR par an. Ces dispositifs permettaient aux entreprises d'essayer de nouvelles combinaisons de paramètres de combustible, de températures et autres facteurs pour déterminer les effets sur les émissions de NO_x, sachant que la formation de ce gaz varie fortement en fonction de ses sources et d'un large éventail de variables. Cette information a été essentielle pour que les entreprises comprennent comment des mesures spécifiques et de nouveaux processus pouvaient leur permettre de réduire leurs émissions à moindre coût.

Notons que les innovations peuvent également servir à faciliter la gestion de la taxe. La conception et l'application de nouvelles technologies peuvent contribuer à surmonter certains obstacles à un suivi correct des émissions et à gérer des taxes applicables à des sources disparates et difficiles à superviser.

4.4. Instruments fiscaux

Pour l'instant, nous nous sommes concentrés essentiellement sur le rôle des taxes directes et indirectes sur la pollution. Cependant, le système fiscal peut également être utilisé différemment pour atteindre des objectifs environnementaux et d'innovation. Nous avons représenté ces différentes solutions, réparties en trois catégories, dans le graphique 4.2.

Graphique 4.2. **Catégories de mesures fiscales**

Décourager les dommages à l'environnement	Inciter à un comportement écologique	Inciter à l'innovation
<p data-bbox="277 1310 531 1351"><i>Taxer les activités dommageables à l'environnement.</i></p> <ul data-bbox="277 1406 476 1473" style="list-style-type: none"> • Taxes sur la pollution. • Taxes sur les indicateurs de pollution. 	<p data-bbox="582 1310 831 1371"><i>Inciter à prendre des mesures contribuant à atteindre des objectifs environnementaux.</i></p> <ul data-bbox="582 1406 848 1541" style="list-style-type: none"> • Amortissement accéléré des biens d'équipement permettant une réduction de la pollution. • Baisse de la TVA sur les biens et activités les moins dommageables à l'environnement. 	<p data-bbox="882 1310 1130 1398"><i>Inciter à prendre des mesures en vue d'accroître l'innovation (de manière générale, ou ciblée en faveur de l'environnement).</i></p> <ul data-bbox="882 1406 1153 1745" style="list-style-type: none"> • Mesures visant à réduire le coût de l'innovation (comme : crédits d'impôts sur la R-D, amortissement accéléré des biens d'équipement permettant une réduction de la pollution, revalorisation des abattements au titre des coûts de main-d'œuvre de R-D ou réduction des taxes sur la main-d'œuvre de R-D). • Mesures visant à accroître le rendement des innovations, telles qu'une baisse du taux d'imposition sur certains types de revenus.

La première catégorie concerne l'essentiel des sujets déjà évoqués dans le présent document. Ce type de mesures visent à tarifier les activités dommageables à l'environnement, et encouragent donc la réduction de la pollution et l'innovation – c'est le « bâton » de la politique environnementale. La deuxième catégorie comprend des mesures par lesquelles l'État tente d'encourager les comportements écologiques, en réduisant leur coût – c'est la « carotte » de la politique environnementale. Les mesures de cette catégorie comprennent des réductions ciblées du taux de taxe sur la valeur ajoutée pour certains appareils et un système d'amortissement accéléré pour les investissements dans des biens d'équipement favorables à l'environnement. Dans la troisième catégorie, les États peuvent utiliser la fiscalité pour encourager l'innovation, avec des mesures telles que des crédits d'impôts sur la R-D ou une diminution du taux d'imposition de la part des bénéficiaires des sociétés qui est due à l'innovation. Au lieu de se focaliser sur l'aspect punitif de la lutte contre la pollution, les deux dernières catégories visent à procurer des avantages aux entreprises innovantes et investissant dans des techniques propres; à cet égard, elles présentent donc de nombreuses caractéristiques communes avec les subventions.

Il convient de noter que les systèmes d'imposition des sociétés des différents pays comptent de nombreuses caractéristiques et déformations préexistantes par rapport à un système de référence. Certaines de ces caractéristiques permettent de rapprocher un système fiscal d'une situation optimale, alors que d'autres ne font qu'accroître les distorsions. Les mesures fiscales décrites ci-dessous sont destinées à fournir des pistes aux décideurs politiques qui envisageraient de telles actions au sein de leurs cadres fiscaux existants; c'est pourquoi cette section ne s'appesantit pas davantage sur les aspects fondamentaux de la fiscalité des entreprises.

4.4.1. Les taxes sur la pollution

Les taxes prélevées directement sur la pollution (ou les systèmes de permis d'émission, voir l'encadré 3.4) sont généralement considérées comme les instruments les plus efficaces en matière de politique environnementale, comme nous le soulignons dans le chapitre 3. En effet, elles incitent les personnes concernées à prendre des mesures pour réduire leurs émissions polluantes et à se lancer dans l'innovation dans tout un éventail d'activités qui contribuent à réduire la pollution. Comme nous l'avons vu dans les sections précédentes de ce chapitre, les effets obtenus dépendent très largement de la conception de ces taxes.

Malgré les avantages de telles taxes, leur gestion peut présenter certaines difficultés. En effet, mesurer exactement les émissions, en particulier à partir de sources mobiles telles que les transports, peut représenter un véritable défi pour les organes de gestion. De nouveaux systèmes de suivi et de collecte de la nouvelle taxe pourraient devoir être créés. Par rapport aux taxes indirectes sur la pollution, pour lesquelles une infrastructure fiscale existe peut-être déjà et qui ne nécessitent pas nécessairement de techniques de mesure (comme pour l'essence, par exemple, puisque la TVA et les droits d'accise sont déjà prélevés), les taxes sur la pollution peuvent ainsi se révéler plus lourdes à gérer pour les pouvoirs publics. Les pollueurs concernés pourraient également faire face à des coûts accrus d'observation de leurs engagements en raison de la nécessité pour eux d'acquiescer des équipements de contrôle et d'embaucher des équipes supplémentaires pour assurer le respect de la taxe.

4.4.2. Les taxes sur les indicateurs de la pollution

Les taxes sur les indicateurs de la pollution sont généralement prélevées sur des biens ou sur des actions qui représentent une étape supplémentaire de la pollution; de ce fait, elles intègrent un large éventail d'actions. Un exemple souvent cité est celui des taxes sur les carburants des véhicules à moteur, puisqu'ici c'est le carburant qui est taxé, et non les polluants émis lors de sa combustion. Tandis que le carburant des véhicules à moteur est bien connu comme origine d'une grande diversité de polluants, une taxe sur les carburants ne fait qu'encourager une réduction de l'usage de ces derniers et une innovation les concernant, sans nécessairement agir directement sur les émissions indésirables issues de leur combustion. En limitant les domaines dans lesquels l'impôt incite à réduire la pollution, on limite également les incitations à innover. De ce fait, il ne devient pas plus intéressant de faire des progrès dans la conception de moteurs propres ou de mécanismes au point de rejet (tels que les pots catalytiques) avec une taxe sur les carburants qui est indifférenciée. En outre, la corrélation initiale entre le polluant et le vecteur taxé risque de se dissiper à long terme, puisque les efforts d'innovation et de réduction de la pollution se focaliseront sur l'utilisation du vecteur incriminé.

Les taxes indirectes sur la pollution peuvent comporter des incitations qui se traduiront par une pollution plus importante à court terme et retarderont les incitations à innover. La taxation écologique sur la première acquisition de véhicules à moteur repose, par exemple, sur le fait que la conduite automobile pollue. Le coût croissant des voitures incitera les personnes à en posséder moins (et, en fonction de la structure de la taxe, à utiliser les véhicules moins polluants). Une telle taxe n'influe en revanche pas du tout sur le nombre de kilomètres parcourus, sur le style de conduite ni (dans la plupart des cas) sur le type de carburant employé. De ce fait, la taxe sur l'achat d'automobiles ne constitue qu'une incitation unique à acheter un véhicule moins polluant, mais n'est d'aucune utilité pour réduire la pollution par la suite⁸. En outre, suite à la mise en place de la nouvelle taxe, l'écart de prix entre les voitures neuves (généralement plus propres) et les voitures d'occasion (qui polluent souvent beaucoup plus) est aujourd'hui encore plus marqué. De ce fait, les consommateurs sont plus incités à acheter des voitures d'occasion, ce qui peut accroître la pollution à court terme par rapport à un scénario de base (Johnstone *et al.* (2001) cite à ce propos une étude intéressante menée au Costa Rica⁹). Sachant que les véhicules les plus récents comportent habituellement de nouvelles technologies, telles que des systèmes d'amélioration de l'efficacité du carburant ou des dispositifs complémentaires au point de rejet, les taxes uniques sur les achats de véhicules à moteur peuvent également agir comme une taxe de fait sur les technologies environnementales.

Malgré certains inconvénients potentiels des taxes indirectes sur la pollution en termes d'efficacité et de capacité d'encourager l'innovation, la simplicité de leur gestion rend leur mise en œuvre encore plus attrayante. Les taxes indirectes sur la pollution sont généralement prélevées lorsque le suivi est plus aisé et qu'il existe moins de points de collecte (ou lorsque les taxes sont déjà prélevées). Dans le cas des véhicules à moteur, le coût de l'installation et de la vérification du suivi des émissions exactes de carbone, d'azote et autres pour chaque pot d'échappement, combiné à la création d'un système de collecte de la taxe, serait prohibitif. En revanche, la taxe sur les carburants peut être collectée assez simplement, en un nombre de points moins élevé que pour d'autres taxes (telles que la TVA) déjà imposées aux consommateurs.

En outre, les taxes sur les vecteurs de la pollution peuvent permettre de surmonter certains obstacles aux politiques environnementales, en particulier lorsque les échéanciers sont assez longs. Dans le cas de la conduite automobile, les taxes sur les émissions (et même celles sur les carburants) à payer sur les kilomètres parcourus futurs ne seront pas nécessairement envisagés de manière appropriée par les consommateurs au moment de l'achat de véhicules. Les taxes uniques sur les véhicules à moteur (qui se différencient par leur performance environnementale) peuvent expliquer ces déformations en mettant l'accent sur les choix de consommation.

Jusqu'à présent, la fiscalité liée à l'environnement (et les permis négociables) a été majoritairement qualifiée dans la discussion d'instrument économique non prescriptif. En pratique, il est possible de prévoir des caractéristiques prescriptrices dans la conception des taxes. La plupart du temps, c'est le cas lorsque les taxes sont prélevées sur les vecteurs de la pollution plutôt que sur la pollution elle-même. Comme les frais d'immatriculation des automobiles dans plusieurs autres pays de l'OCDE, le système français de bonus-malus, par exemple, créé en 2007 et en 2008, taxe l'immatriculation des voitures neuves en fonction de leur volume (en grammes) d'émissions de CO₂ par kilomètre parcouru¹⁰. En dessous d'un certain seuil, des subventions sont accordées aux acquéreurs de voitures plus propres. Les véhicules plus polluants au kilomètre font l'objet de tranches de taxation de plus en plus importantes, jusqu'à 2 600 EUR. De telles taxes peuvent aider les consommateurs à s'orienter entre les différentes catégories d'automobiles, mais sans nécessairement inciter à réduire davantage les émissions, puisque cela ne se traduirait pas par un changement de tranche fiscale pour un véhicule donné¹¹.

4.4.3. Abattements au titre de l'amortissement accéléré pour les équipements permettant une réduction de la pollution

Le système fiscal dans son ensemble – et non pas seulement la fiscalité liée à l'environnement – peut influencer sur le type et sur le niveau d'innovation. Le régime de fiscalité des entreprises peut comporter différentes incitations sur les types d'investissement des sociétés, ce qui peut éventuellement modifier la diffusion des innovations existantes. En outre, ces différences peuvent modifier la demande d'innovations supplémentaires dans différents domaines et donc encourager la création de certains types d'innovations plutôt que d'autres.

Le régime de fiscalité des entreprises est organisé de telle manière que les dépenses éligibles d'une société peuvent être déduites de son bénéfice, de sorte que seul son bénéfice net sera taxé. Les frais liés aux intrants totalement utilisés au cours de la période courante sont immédiatement déduits du bénéfice. Le cas des biens d'équipement est plus complexe en cela que leur utilité n'est pas épuisée au cours d'une seule période, et qu'ils apportent des avantages à l'entreprise pendant plus longtemps. Afin d'harmoniser les avantages d'un actif et ses coûts sur une période de plusieurs années, l'actif concerné sera amorti sur une période correspondant à sa d'utilisation attendue, la déduction des bénéfices de chaque année correspondant à l'utilisation prévue pour cette période.

Si le code des impôts prévoit des abattements pour amortissement plus importants que le taux économique, ou même général, d'amortissement¹², il existe une subvention indirecte pour les biens d'équipement parce que les entreprises bénéficient d'une déduction d'impôt pour une période plus courte que celle de l'amortissement effectif¹³. Comme la taxation est reportée à une période ultérieure, l'utilisation d'un amortissement accéléré agit comme un prêt sans intérêt. De ce fait, les avantages accordés au bien

d'équipement soumis à l'amortissement accéléré réduisent le coût d'acquisition de ce dernier, ce qui a pour effet d'accroître sa demande et/ou de permettre aux entreprises de réaffecter certains fonds à d'autres projets productifs (et rentables). House et Shapiro (2008) montrent que des améliorations temporaires du calendrier d'amortissement peuvent se traduire par une préférence plus marquée pour les technologies concernées par l'amortissement accéléré, en particulier celles qui ont des périodes de récupération fiscale plus longues. Pour une analyse plus détaillée, voir l'encadré 4.5.

Encadré 4.5. Effets d'un amortissement accéléré pour les investissements écologiques

Il arrive que certains pays autorisent une accélération des amortissements pour inciter davantage à adopter de nouvelles technologies écologiques incorporées dans les biens d'équipement, c'est-à-dire dont l'adoption nécessite un nouvel investissement dans des actifs particuliers.

Pour illustrer les effets de cette mesure, il peut être utile d'examiner les conséquences financières de l'augmentation d'une unité d'investissement pour une entreprise durant la période en cours, puis d'une réduction similaire pour la période suivante. En l'absence de toute taxation, le revenu supplémentaire pour l'entreprise serait égal à $p \frac{\partial F}{\partial K}$, F faisant référence à la fonction de production $F(K,L)$. Si l'investissement supplémentaire est financé par l'emprunt, alors les coûts supplémentaires correspondront à la somme des intérêts et de l'amortissement économique de l'actif : $r+d$. La condition de premier ordre pour l'optimisation du profit sera : $p \frac{\partial F}{\partial K} = r + d$.

Si on met en place une taxation, le revenu net supplémentaire pour l'entreprise sera égal à : $(1 - \tau)p \frac{\partial F}{\partial K}$.

Les coûts de financement nets seront de $(1 - \tau)r$ puisque, dans un système fiscal typique de pays de l'OCDE, les charges d'intérêts peuvent être déduites de l'assiette de l'impôt sur les sociétés. L'amortissement économique de l'actif concerné par l'investissement resterait d . Enfin, nous supposons, comme situation de référence, que la déduction fiscale pour l'amortissement correspondrait exactement à l'amortissement économique de l'actif, ce qui signifie que les coûts de financement nets seraient déduits de τd . Si on rassemble ces éléments, la condition de premier ordre devient $(1 - \tau)p \frac{\partial F}{\partial K} = (1 - \tau)r + d - \tau d$. Cependant, on peut la simplifier sous la forme $p \frac{\partial F}{\partial K} = r + d$, ce qui montre que, dans le cas de référence avec une déductibilité des intérêts et un schéma d'amortissement identique à l'amortissement économique, les décisions d'investissement de l'entreprise ne seraient pas faussées par l'impôt sur les bénéfices : à la marge, les entreprises ont la même incitation à investir qu'en l'absence d'une taxation de leurs bénéfices.

Examinons à présent les effets d'un amortissement accéléré ciblé sur les investissements écologiques. Pour ces derniers, le dernier terme de la condition du premier ordre s'accroît, car la déduction possible est supérieure à l'amortissement économique. Bien que cet amortissement initial accru ne soit pas compensé par un amortissement moindre pour les périodes suivantes, l'entreprise qui investit aura tout de même un avantage en termes de valeur actualisée nette du fait de l'anticipation de la réduction de la charge fiscale. Par conséquent, un amortissement accéléré accroîtra le revenu net, et donc l'incitation à investir dans la catégorie d'actifs bénéficiant de l'amortissement accéléré. Dans un contexte de déductibilité totale des intérêts, l'amortissement accéléré de certains investissements s'apparente dans les faits à une subvention indirecte par rapport aux autres investissements soumis au même régime d'imposition des bénéfices, mais pour lesquels l'abattement pour amortissement correspondrait au montant de l'amortissement économique.

Étant donné que les dispositions prévoyant un amortissement accéléré mises en place pour encourager spécifiquement les actions favorables à l'environnement bénéficient aux « bonnes » actions, il est clair qu'elles présentent des similitudes avec les subventions en général. Les problèmes posés sont notamment la sélection des catégories d'actifs concernées (qui favorise ainsi certains types d'investissement de réduction de la pollution au détriment d'autres), le fait d'aider des opérations qui auraient eu lieu de toutes façons et la nécessité de trouver d'autres sources de recettes pour compenser un effet négatif sur les finances publiques. En outre, le recours par certains pays à l'amortissement accéléré pour certains domaines ciblés fait bien souvent partie d'une réponse de politique économique à court terme.

Par rapport à un système standard ou existant d'impôt sur les sociétés, l'application de l'amortissement accéléré à certains secteurs peut influencer sur le type d'investissement (et pas seulement sur sa montant). Yale (2008) suggère qu'un amortissement accéléré peut en outre favoriser les investissements en biens d'équipements (généralement consacrés aux technologies en bout de chaîne) de préférence aux investissements hors biens d'équipement (généralement consacrés aux techniques de production plus propres), ce qui introduit des distorsions dans les décisions d'investissement¹⁴.

Par exemple, une entreprise qui produit de l'électricité à partir de la combustion du charbon décide de réduire ses émissions de dioxyde de soufre. Elle a deux possibilités : soit elle acquiert et installe un épurateur d'une durée de vie de 30 ans, soit elle passe d'un charbon fortement soufré (meilleur marché) à un charbon à la teneur en soufre inférieure (plus cher). Supposons que les avantages de chacune de ces solutions soient équivalents dans le régime fiscal en vigueur : l'entreprise n'a pas plus intérêt à acquérir l'épurateur et à l'amortir pendant sa durée de vie utile sur la base des taux d'amortissement économique que de passer à un combustible plus cher, dont le coût s'ajoutera au montant de la déduction fiscale annuelle de ses frais. Avec la mise en place d'un amortissement accéléré pour les technologies écologiques, les avantages fiscaux liés à l'installation d'un épurateur deviennent nettement plus évidents en raison de l'important investissement de départ par rapport aux charges d'exploitation courantes. Ce système encourage les entreprises à investir davantage dans les technologies en bout de chaîne, et à les diffuser, plutôt que de recourir à des méthodes de production moins polluantes. En encourageant la diffusion des technologies, de telles mesures peuvent contribuer à promouvoir les effets d'apprentissage par la pratique et par l'utilisation. Cependant, le fait d'encourager certaines solutions, ou celles qui ont trait à certains domaines, peut induire un blocage technologique.

Cette mesure fiscale présente un intérêt sachant qu'un certain nombre de pays ont mis en place des dispositifs d'amortissement accéléré dans le cadre de leurs politiques environnementales. Aux États-Unis, Sansing et Strauss (1998) notent que, dans le cadre du programme de permis d'émissions de SO_x négociables, la période d'amortissement fiscal des investissements permettant de réduire la pollution était de 60 mois, soit beaucoup moins que la durée de vie utile des équipements concernés. Au Canada, les équipements qui produisent une énergie propre ou permettent d'économiser l'énergie peuvent faire l'objet d'amortissements accélérés de 50 % par an, sur une base décroissante (ministère des Finances du Canada, 2010). Le programme néerlandais Vervroegde Afschrijving van Milieu-investeringen (VAMIL) prévoit des taux d'amortissement avantageux pour certaines technologies approuvées par le gouvernement (Commission européenne, 2009). Aux États-Unis, un taux d'amortissement accéléré de 50 % existe pour les actifs éligibles qui sont réutilisés ou recyclés ainsi que pour les installations industrielles qui produisent du

biocarburant cellulosique (Service des impôts des États-Unis, 2010). En outre, le Mexique applique un abattement pour amortissement de 95 % la première année pour les investissements dans les énergies solaires, éoliennes et géothermiques (KPMG, 2007).

L'Espagne a mis en place (comme l'indique l'encadré 4.7) un crédit d'impôt pour certains investissements en biens d'équipement écologiques, qui a pour effet de réduire le coût effectif de ces derniers, selon un principe similaire à l'amortissement accéléré. L'analyse de cette initiative n'a fait ressortir aucun lien entre sa mise en place et les dépôts de brevets dans les domaines concernés, dont certains auront pu être affectés par le fait que des investissements exigés par la loi pouvaient également prétendre à cette déduction.

L'étude de cas comportant des entretiens avec des entreprises britanniques (encadré 4.6), s'intéressait à la relation entre, d'une part, l'existence d'un système d'amortissement accéléré (appelé « Enhanced Capital Allowance scheme » et permettant de déduire 100 % des dépenses du bénéfice imposable) et, d'autre part, la performance économique et l'innovation des entreprises. Le recours à l'amortissement accéléré présentait une corrélation positive avec la productivité totale des facteurs des entreprises, ce qui laisse supposer que les entreprises profitant de cette disposition auraient modernisé leurs équipements et réalisé des gains de productivité. Cependant, le système n'aurait pas eu d'effet significatif sur le plan statistique concernant la propension des entreprises à innover (de manière générale comme dans le domaine environnemental). Il semblerait donc qu'un amortissement accéléré incite davantage à adopter des technologies existantes fortement consommatrices de capital, mais pas nécessairement à développer de nouveaux processus et technologies.

4.4.4. Réductions de la TVA motivées par des raisons écologiques

Tout comme dans le cas de l'amortissement accéléré, le système fiscal peut encourager d'autres types de mesures profitables à l'environnement (à travers l'investissement en biens d'équipement) en réduisant les taux des taxes sur la consommation. Un certain nombre de pays ont mis en œuvre des taux de TVA réduits pour encourager la consommation de produits moins polluants, souvent des appareils plus économes en énergie¹⁵. En réduisant le prix après impôt pour le consommateur, de telles mesures rendent le produit plus compétitif par rapport aux autres, tout en mettant en avant et en encourageant les modèles présentant une bonne efficacité énergétique.

Selon la vision générale relative à la politique de taxe sur la valeur ajoutée, un taux standard avec des réductions rares, voire inexistantes, constitue la conception optimale pour promouvoir l'efficacité et réduire les distorsions dans une économie (OCDE, 2009j)¹⁶. Les réductions de TVA viennent diminuer les recettes de l'État (ce qui oblige à lever d'autres impôts, causant sans doute des distorsions encore plus marquées) tout en accroissant la complexité administrative du système, à la fois pour les entreprises et pour les pouvoirs publics. Dans bien des cas, les réductions de taux sont appliquées à des fins de redistribution des revenus, aux produits alimentaires et énergétiques et à d'autres biens de consommation de base. Pourtant, ces réductions bénéficient à la fois aux citoyens les plus pauvres et les plus riches, et d'autres formes de politiques redistributrices pourraient se révéler beaucoup plus efficaces.

Les réductions de TVA peuvent être utiles si elles encouragent l'adoption d'innovations existantes par les clients. Dans des études de cas réalisées sur le marché européen des appareils ménagers, la Commission européenne (2008) indique que le passage des taux normaux de TVA des pays à des taux réduits modifierait assez

Encadré 4.6. Étude de cas : Les facteurs influant sur les dépôts de brevets des entreprises britanniques

Dans une étude effectuée conjointement à celle décrite dans l'encadré 4.1 des dirigeants d'entreprises britanniques ont été interrogés à propos d'un grand nombre de facteurs à l'aide d'une méthode d'enquête innovante, dans le but de déterminer comment les instruments de la politique environnementale, le comportement organisationnel interne de l'entreprise et les autres pressions du marché influent sur la performance des entreprises sur le plan de l'environnement, de l'économie et de l'innovation. Les résultats des entretiens étaient ensuite raccordés à des données externes relatives à la performance, à la taille, à la consommation énergétique, etc. de chaque entreprise.

Dans un premier temps ont été analysés les facteurs qui influent sur l'intensité d'énergie des entreprises. La présence (et le caractère relativement contraignant) d'objectifs de consommation d'énergie au sein de l'entreprise s'est trouvée largement associée à une moindre intensité énergétique et à une plus forte productivité totale des facteurs. En outre, plus les entreprises étaient exigeantes en matière de critères d'investissement (c'est-à-dire plus le seuil de rentabilité était élevé), plus l'entreprise consommait d'énergie. Enfin, la participation au programme britannique Enhanced Capital Allowance, qui permet de passer immédiatement en charges la totalité des coûts d'un investissement dans des projets d'économie de l'énergie ou de l'eau, a correspondu à une intensité énergétique inférieure et à une productivité accrue. Les variables relatives à la participation au programme SCEQE et au pacte CCA (Climate Change Agreement) n'étaient pas significatives.

Dans un second temps, sur la base d'une approche globalement similaire, les réponses aux entretiens ont été analysées au regard de la propension à l'innovation de l'entreprise, telle que mesurée par les réponses de cette dernière aux questions sur son niveau général de R-D, mais aussi concernant l'innovation de produits et de processus liée au changement climatique*. On a constaté que l'existence d'objectifs et l'intensité des pressions exercées par les investisseurs et les clients allaient de pair avec une plus forte propension à la R-D. La participation au programme SCEQE et l'amortissement accéléré semblent avoir eu un effet limité, peut-être en raison du faible niveau des prix et d'une assez forte imprévisibilité du système de permis. Le niveau d'exigence de la participation au CCA n'était apparemment pas non plus significatif, quoique cela s'explique sans doute par une hétérogénéité non observée (pour des résultats plus consistants et plus fiables sur cette politique, voir l'étude parallèle, dans l'encadré 4.2).

Il est ainsi intéressant de noter les différences entre les deux analyses. Le dispositif Enhanced Capital Allowance a eu un impact significatif sur l'abaissement de l'intensité énergétique des entreprises, mais pas d'effet visible sur leur propension à innover. Cette conclusion souligne le fait que abattements pour amortissement accéléré incitent à innover et à diffuser les innovations, mais qu'à elles seules elles ne suffisent pas à encourager la recherche-développement.

* Il convient de noter que cette manière de procéder diffère de l'approche de l'étude parallèle. Cette autre étude de cas avait suivi une approche plus quantitative en analysant le nombre de brevets relatifs au changement climatique revenant à certains facteurs de l'entreprise, ce qui soulevait quelques problèmes quant à l'exactitude des données relatives aux brevets. L'autre approche, en revanche, privilégie les réponses des dirigeants sur ces questions, ce qui peut donner une vision plus globale du potentiel d'innovation d'une entreprise et éliminer certains des problèmes de données liés à l'analyse des brevets.

Source : OCDE (2009g).

considérablement les parts de marché. Les réfrigérateurs et congélateurs de catégorie « B » verraient leurs parts chuter de 20 points, au profit des catégories A et A+, plus écologiques. Le changement des structures de consommation concernant les machines à laver et les lave-vaisselle serait apparemment un peu moindre. Avec l'existence

concomitante du programme SCEQE – un système de marché des quotas de CO₂ comportant un plafonnement strict – toute réduction des émissions liée à cette initiative serait sans impact sur le niveau global des émissions sur la période d'échange actuelle.

En ce qui concerne l'innovation, cet instrument sera sans doute d'une utilité limitée et les études précédentes (Copenhagen Economics, 2008; Commission européenne, 2008) n'ont pas permis d'identifier clairement l'impact sur l'innovation. Le taux de TVA réduit peut encourager les entreprises à mettre au point de nouveaux modèles pour profiter de la hausse de la demande qui devrait découler d'une baisse du prix après impôt. Lorsque la baisse de TVA n'est pas répercutée sur le consommateur final, la marge de profit accrue peut représenter une incitation supplémentaire. Cependant, dans la quasi-totalité des cas, la baisse de TVA concerne des produits qui sont déjà sur le marché, ce qui peut inciter à une montée en gamme de la production existante ou à un transfert de l'innovation à de nouveaux modèles, mais n'incite guère à lancer des produits réellement nouveaux. En outre, une fois que les produits répondent aux critères requis pour la baisse de TVA, il n'y a aucune incitation à les rendre plus efficaces, ce qui n'incite pas davantage à innover.

Alors que la réduction du taux de TVA peut avoir un faible effet incitatif sur les activités directes d'innovation (par exemple à travers les nouveaux brevets), l'adoption des innovations existantes et les augmentations de production correspondantes pourraient néanmoins à leur tour produire des effets d'apprentissage par la pratique, en raison simplement de la montée en gamme de la production et de l'extension aux nouveaux modèles d'innovations plus efficaces sur le plan énergétique. Cependant, dans certains pays, la pénétration des appareils économes se rapproche déjà de 80 % avec un taux de TVA normal, ce qui laisse une marge de manœuvre réduite pour des changements supplémentaires et risque de poser des problèmes de « passages clandestin » (Copenhagen Economics, 2008). C'est pour cela que, dans les pays qui appliquent de tels taux, il est important de surveiller en permanence les critères donnant droit à une TVA réduite, les progrès technologiques pouvant réduire à néant l'avantage lié à cette minoration.

Cependant, les impacts de ces mesures sur l'environnement ne sont pas nécessairement positifs, en raison des inconvénients qui limitent l'efficacité d'un tel instrument. Des réductions de TVA subventionnent les consommateurs qui auraient de toute façon acheté des biens économes en énergie. En réduisant le prix après impôt du produit, cette politique peut également inciter à accroître la consommation. Les consommateurs pourront dépenser autant mais acheter un appareil de capacité supérieure ou être tenté d'acquérir un équipement qu'ils n'ont pas encore (par exemple un nouveau réfrigérateur pour la cuisine, l'ancien restant utilisé à la cave). Une efficacité énergétique accrue pourrait même rendre les individus moins conscients de la consommation d'énergie des appareils. Bien que la consommation d'énergie unitaire soit meilleure, cet effet pourrait au final accroître la consommation d'énergie en valeur absolue.

Enfin, la structure des taxes sur la valeur ajoutée fait que de telles caractéristiques ne peuvent cibler efficacement que les consommateurs, mais pas les entreprises. La TVA est prélevée à chaque transfert d'un bien ou d'un service. Les entreprises peuvent également faire valoir un crédit d'impôt au titre de toutes les taxes qu'elles paient aux autres. L'incidence fiscale de la TVA touche purement et simplement la consommation finale, lorsque toute la valeur ajoutée est taxée (et taxée une seule fois en raison du remboursement de la taxe payée aux autres stades). De ce fait, une réduction du taux de

TVA sur les moyens de production (par exemple sur un lave-vaisselle plus efficace pour un restaurant) n'aura pas d'effet incitatif supplémentaire, puisque les entreprises ne paient pas la TVA¹⁷.

4.4.5. Mesures fiscales visant à réduire le coût de l'innovation

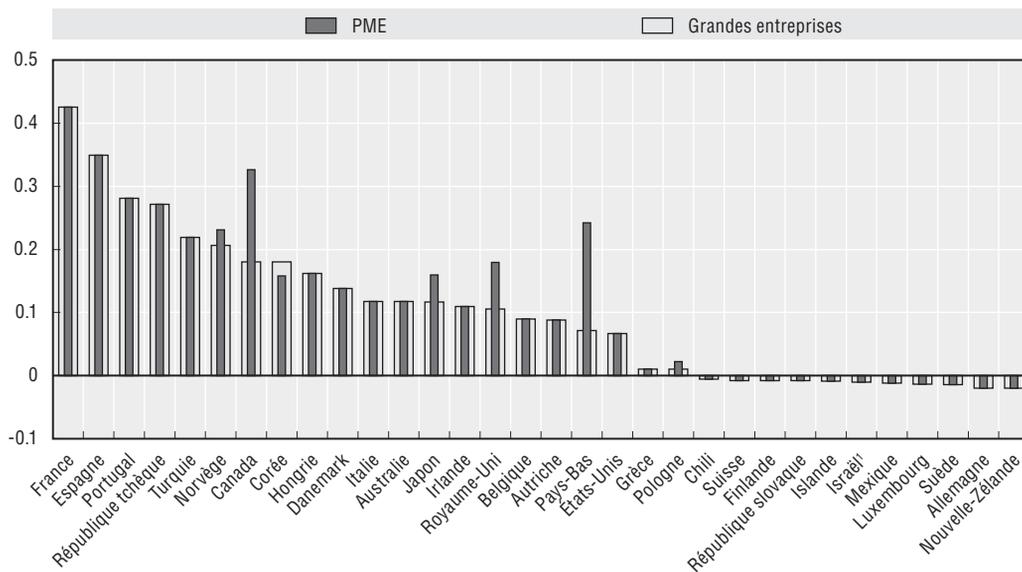
Le système fiscal peut également servir à renforcer les incitations à l'innovation – laquelle devrait avoir pour effet de créer des solutions nouvelles et moins chères aux problèmes environnementaux – en réduisant son coût. Pour ce faire, trois méthodes sont possibles :

- Premièrement, les pouvoirs publics peuvent proposer un amortissement accéléré des biens d'équipement liés à l'innovation, par exemple les équipements de contrôle ou les prototypes. Ces mesures visent à procurer un avantage aux entreprises qui achètent des biens amortissables en leur permettant d'accélérer l'amortissement. De manière générale, les problèmes posés par cet instrument sont similaires à ceux évoqués à la section 4.4.3.
- Deuxièmement, les pouvoirs publics peuvent mettre l'accent sur la réduction des coûts du travail liés aux activités d'innovation, par exemple en abaissant la charge fiscale des employeurs via une augmentation des abattements au titre des coûts de main-d'œuvre liés à la R-D ou en réduisant les taxes sur les salaires ou les cotisations patronales de sécurité sociale pour les salariés affectés à l'innovation. Ces deux approches générales peuvent abaisser les coûts après impôt des activités d'innovation (quel que soit le résultat de ces activités) mais elles peuvent avoir des effets différents sur les facteurs de production (capital ou travail) utilisés à cette fin.
- Troisièmement, les crédits d'impôt au titre de la R-D peuvent abaisser les coûts après impôt de l'innovation, qu'il s'agisse des dépenses en capital ou en main-d'œuvre, s'ils sont ouverts à toutes les dépenses de recherche-développement. Bien que les crédits d'impôt, les abattements et les réductions de taux soient des pratiques différentes¹⁸, elles contribuent toutes à diminuer les coûts de l'innovation. Sachant que les crédits d'impôt au titre de la R-D sont largement utilisés dans les pays de l'OCDE et qu'ils présentent un caractère plus général, le reste de cette section sera exclusivement consacrée à cet instrument.

Les crédits d'impôt au titre de la R-D sont de plus en plus répandus dans les pays de l'OCDE, puisque 21 d'entre eux appliquaient cette mesure en 2008, contre 18 en 2004. Dans certains pays, ce dispositif peut représenter une incitation financière supplémentaire à entreprendre des travaux de R-D, comme le montrent les taux d'avantages fiscaux implicites du graphique 4.3, puisque les crédits d'impôt au titre de la R-D représentent habituellement le principal instrument de politique fiscale favorisant l'innovation. Les petites et moyennes entreprises (PME) bénéficient même d'avantages fiscaux plus élevés dans des pays comme le Canada et les Pays-Bas.

Parmi les points les plus importants à prendre en compte pour les gouvernements souhaitant mettre en place des crédits d'impôt au titre de la R-D dans le cadre de leur politique environnementale, il faut savoir qu'une telle mesure n'apporte qu'une incitation supplémentaire à innover. Elle n'incite pas à adopter ou à utiliser davantage les nouvelles technologies puisqu'à elle seule elle ne comporte aucune incitation économique à réduire des émissions auxquelles n'est rattachée aucune valeur. Cet aspect joue un rôle important pour les avantages environnementaux des nouvelles technologies concernées (qui sont faibles si leur diffusion est réduite) mais également sur le rendement attendu de

Graphique 4.3. Avantages fiscaux accordés pour la R-D dans les pays de l'OCDE



Notes : Pour l'année 2008. L'avantage fiscal est défini comme 1 moins l'indice B, la valeur actualisée du revenu avant impôt nécessaire pour couvrir le coût initial de l'investissement en R-D et payer l'impôt sur les bénéfices des sociétés, ce qui rend de telles activités de recherche rentables. Soulignons que l'indice B n'est qu'un indicateur parmi d'autres de l'incitation à la R-D dans un pays et qu'il doit être envisagé parallèlement à d'autres facteurs, qui sont par exemple le taux d'imposition des bénéfices, les abattements pour amortissement, les autres crédits d'impôt et la politique générale de R-D. Pour davantage d'informations sur l'indice B, voir Warda (2009).

1. Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

Source : OCDE (2009k).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932323772>

l'innovation (faible pour les entreprises innovantes si la diffusion est réduite). Intéressons-nous à l'exemple du captage et du stockage du CO₂ : si les crédits d'impôt au titre de la R-D représentent le principal instrument employé par les pouvoirs publics, les entreprises seront peu incitées à innover dans ce domaine. Même si l'innovation réduisait le coût à presque zéro, une société émettrice de CO₂ n'aurait pas un grand intérêt à investir dans cette technologie ni à l'adopter, puisqu'elle n'aurait aucune motivation en l'absence d'autres instruments de politique environnementale. Toutefois, les technologies qui encouragent une réduction des émissions de CO₂ grâce à une meilleure efficacité énergétique seraient davantage encouragées par une telle mesure en raison de l'existence préalable de prix du marché pour les sources d'énergie.

Les exemples concrets de l'efficacité des dispositions fiscales concernant la R-D et visant des objectifs environnementaux du point de vue de l'accroissement induit des dépenses de R-D sont rares dans les études sur le sujet. Certaines études générales indiquent que l'intensité de recherche-développement affiche une élasticité-prix à long terme de l'ordre de 1, bien que les réponses à court terme soient nettement moindres et que les différences puissent être importantes d'un pays à l'autre (Bloom *et al.*, 2002; Hall et van Reenen, 2000). Sachant que les taux de rendement sociaux sont généralement beaucoup plus élevés que les taux de rendement privés, l'impact sur l'économie peut être significatif. En s'intéressant à la R-D dans son ensemble, Guellec et van Pottelsbergh de la Potterie (2003) ont constaté que les avantages fiscaux et le financement direct appliqués à la R-D incitaient les entreprises à investir davantage dans ce domaine. Pour Wu *et al.* (2007),

les avantages fiscaux destinés à réduire le coût des activités d'innovation stimulent la R-D privée. L'OCDE (2009a) met en avant le fait que, bien que les gouvernements des pays membres de l'Organisation tendent à renoncer aux subventions à la R-D au profit de crédits d'impôts, aucun consensus n'existe sur le fait que cette deuxième option apporte des bénéfices nets aux pays qui l'ont adoptée.

En théorie, les crédits d'impôt au titre de la R-D sont séduisants à bien des égards. En pratique toutefois, l'application et l'usage de tels instruments présentent quelques inconvénients. Étant donné que les crédits d'impôt au titre de la R-D réduisent la charge fiscale, leur valeur pour l'entreprise peut parfois être nulle si cette dernière ne réalise pas de bénéfice durant la période concernée, en l'absence de dispositifs de report ou de remboursement. En outre, alors que certains pays ont adopté des crédits d'impôt calculés sur la base de l'accroissement des dépenses de R-D, un grand nombre sont encore calculés en fonction du volume, ce qui fait bénéficier des avantages fiscaux des activités de R-D qui auraient de toute façon été menées par l'entreprise. Même lorsque les gouvernements ne cherchent qu'à alléger le coût des dépenses de R-D supplémentaires (par exemple par rapport à une moyenne calculée sur trois ans), les entreprises peuvent encore modifier leurs programmes de recherche, tandis que les cycles économiques contribuent naturellement à provoquer des fluctuations des dépenses prévues dans ce domaine.

La capacité d'adaptation des activités de R-D à l'octroi de crédits d'impôt peut se trouver relativement réduite sachant que l'offre de moyens de production innovants (principalement des chercheurs très qualifiés) est généralement considérée comme limitée à court terme (Goolsbee, 1998). En raison de cette inélasticité de l'offre, les incitations de l'État en faveur des activités de R-D pourraient davantage accroître le coût de ces dernières, par le biais des hausses de salaires plutôt que par la quantité de travaux réalisés.

On peut considérer que les activités de R-D sont relativement mobiles d'un territoire à l'autre. En effet, la mise en place de crédits d'impôt peut développer les activités d'innovation dans une juridiction donnée, au détriment de la recherche dans une autre au régime fiscal moins favorable. Wilson (2007) constate par exemple que les crédits d'impôt au titre de la R-D stimulent fortement les activités de recherche dans un État américain donné, mais que cela se fait complètement au détriment des activités de R-D dans d'autres États. Pour les juridictions qui se préoccupent uniquement de la croissance économique interne, le fait que les dépenses de R-D viennent s'ajouter aux dépenses existantes ou qu'elles résultent d'une délocalisation ne fait pas une grande différence¹⁹. En revanche, pour l'innovation liée à l'environnement, qui s'accompagne d'avantages importants pour la collectivité, c'est le niveau global de la recherche qui importe.

Comme tel était parfois le cas pour l'amortissement accéléré ou les taux de TVA réduits, cet instrument donne lieu à certaines problématiques de ciblage. Les gouvernements doivent décider quelles sont les mesures acceptables et la gestion du crédit d'impôt peut être compliquée aussi bien pour l'administration que pour les contribuables. Les entreprises ont également intérêt à reclasser des dépenses d'exploitation normales en dépenses de R-D. Les problèmes de gestion pourraient se trouver encore plus marqués pour les crédits d'impôt au titre de la R-D visant des résultats spécifiques. Pour ce type d'activités, comme celles qui relèvent de l'environnement, les crédits d'impôt peuvent encourager la recherche dans ce domaine, mais au détriment d'autres secteurs, par un effet d'éviction.

Le gouvernement espagnol a mis en place deux dispositifs au sein du régime fiscal des entreprises : un crédit d'impôt pour la recherche, le développement et l'innovation (crédit RDI) et un autre pour les investissements en actifs pouvant prétendre au statut de biens d'équipement écologiques (décrits dans l'encadré 4.7). Il est difficile d'évaluer l'efficacité des crédits d'impôt au titre de la R-D, notamment en raison de l'absence de contre-exemple. En ce qui concerne les effets du crédit RDI sur l'environnement dans ce cas, la proportion d'entreprises faisant une demande de crédit d'impôt au titre d'investissements écologiques après avoir demandé un crédit d'impôt RDI) celle des entreprises ayant fait l'inverse, ce qui laisse supposer que le crédit RDI pourrait avoir engendré des innovations environnementales mises en application par la suite.

4.4.6. Mesures fiscales destinées à accroître le rendement de l'innovation

En plus des mesures visant à réduire le coût d'élaboration de l'innovation, les pouvoirs publics peuvent utiliser la fiscalité pour contribuer à accroître le rendement brut après impôt de l'innovation (OCDE, 2010). Comme les mesures décrites plus haut, l'adoption de dispositions supplémentaires réduisant les recettes de l'État peut nécessiter le relèvement d'autres impôts ou taxes, ce qui risque d'accentuer les distorsions dans d'autres secteurs de l'économie.

Citons parmi ces caractéristiques de stimulation de l'innovation par la fiscalité des entreprises l'exonération d'impôt (ou la réduction du taux d'imposition) applicable aux revenus de l'innovation, par exemple les redevances tirées de la propriété intellectuelle (PI). L'Irlande a adopté un tel système : les entreprises peuvent déduire de leur assiette d'imposition les revenus de leurs brevets. Dans le même ordre d'idée, les pays peuvent également réduire la charge fiscale sur le transfert de propriété intellectuelle en réduisant l'impôt sur les plus-values sur les ventes dans ce domaine, comme en France et en Grèce. Les deux approches ciblent la PI créée par une entreprise, puis transférée aux autres.

Avec une approche plus large, les pouvoirs publics peuvent accroître le rendement de l'innovation après impôt en proposant des réductions d'impôts sur tous les revenus de l'innovation, y compris la PI mise au point et utilisée au sein d'une même entreprise. Tel est précisément l'objet de la « Boîte à innovation » des Pays-Bas (qui a remplacé le programme « Boîte à brevets » en 2010). Le rendement de la PI (sanctionnée par un brevet ou une qualification spéciale de R-D) fait l'objet d'un taux d'imposition sur les sociétés de 5 % au lieu du taux légal de 25.5 % (à partir duquel des déductions sont encore possibles). Ce rendement peut inclure le paiement de redevances, des plus-values sur les ventes et les revenus internes tirés de l'utilisation de l'innovation. Bien sûr, une baisse du taux d'imposition sur les sociétés pour toutes les entreprises et tous les types d'activités accroît également le rendement après impôt de l'innovation, comme de toutes les autres composantes de l'entreprise.

L'influence de ces mesures sur la propension à innover et à adopter les innovations sera variable. Les mesures fiscales mentionnées dans cette section sont généralement appliquées à tous les types d'innovation et ne sont habituellement pas détaillées par domaine d'application, ce qui peut accroître la complexité des systèmes administratifs existants. Sachant en outre que, dans les rares pays où ces pratiques existent, les effets de ces mesures sur l'innovation et sur la diffusion des technologies peuvent se révéler assez divers (à la fois du fait de la nature des mesures et de la manière dont réagissent les entreprises), nous ne reviendrons plus sur elles à la section 4.5.

Encadré 4.7. Étude de cas : Crédits d'impôt liés à l'environnement en Espagne

Le régime espagnol d'imposition des sociétés comporte deux dispositions notables : i) un crédit d'impôt pour les dépenses éligibles de recherche, développement et innovation (crédit RDI) en cours (avec un taux plus élevé pour les investissements qui dépassent la moyenne des deux années précédentes) et ii) un crédit d'impôt pour les investissements éligibles dans la protection de l'environnement (crédit IE) visant à réduire la pollution de l'eau ou de l'air, ainsi que les déchets industriels. Le crédit d'impôt IE peut servir à un large choix d'investissements, y compris ceux requis par la réglementation en vigueur. Une analyse a été entreprise pour évaluer l'impact du crédit RDI sur l'environnement et celui du crédit IE sur l'innovation.

Premièrement, il a été constaté lors de l'évaluation de l'impact du crédit RDI sur l'environnement que la proportion d'entreprises demandant un crédit IE une année (ou deux) après avoir demandé le crédit RDI était systématiquement plus importante que la proportion de celles qui demandaient un crédit RDI une année après avoir demandé un crédit IE. Il en ressort que le crédit RDI pourrait avoir un effet positif sur les investissements favorables à l'environnement (et éventuellement sur l'innovation dans ce domaine, les entreprises cherchant à mettre en application les fruits de leurs travaux de R-D), par comparaison avec le scénario inverse, comme le montre le tableau ci-dessous.

Credit d'impôt après credit d'impôt RDI

Recours à un crédit RDI		Sociétés bénéficiant du crédit IE			Millions d'euros demandés par le biais du crédit IE		
2000	2003	2001 ou 2002	2004 ou 2005	% de var.	2001 ou 2002	2004 ou 2005	% de var.
Oui	Non	192	136	-29.2	4.8	3.8	-20.3
Non	Oui	338	395	16.9	18.6	26.7	43.7

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932324342>

Deuxièmement, lors de l'évaluation de l'impact du crédit d'impôt IE sur l'innovation, très peu de preuves d'une corrélation ont été identifiées. Il ne semble pas que les dépôts de brevets dans ce domaine aient augmenté en conséquence de la mise en place du crédit d'impôt. En outre, les mesures encourageant des processus de production plus propres sont généralement plus favorables à l'innovation que celles relatives aux technologies en bout de chaîne; or, de toutes les mesures encouragées par le crédit IE, 68 % concernaient cette dernière catégorie, le reste s'appliquant aux processus de production plus propres. Cette proportion est nettement plus élevée que pour l'ensemble des investissements des entreprises espagnoles, ce qui laisse supposer que le crédit d'impôt a joué un rôle dans le choix du type de technologie, mais pas nécessairement de son caractère innovant.

De ce fait, cette étude suggère que le crédit d'impôt RDI encouragerait davantage les investissements liés à l'environnement. Cependant, rares sont les preuves que le crédit IE encourage l'innovation. En accordant des crédits d'impôt au titre d'activités nécessaires pour répondre aux exigences réglementaires, non seulement les pouvoirs publics subventionnent la réduction de la pollution, mais encore les perspectives d'innovation sont limitées par comparaison avec un crédit d'impôt ciblant les mesures de réduction de la pollution au-delà de ce qui est requis, qui sont par conséquent davantage déterminées par l'objectif de réduction des coûts. Les conclusions de cette étude de cas sont toutefois quelque peu limitées puisque l'impact supplémentaire du crédit RDI sur l'innovation dans le domaine de l'environnement n'a pas pu être évalué.

Source : OCDE (2008).

Comme nous le laissons supposer au début de cette section, il peut arriver que des composantes structurelles des régimes fiscaux des sociétés de certains pays constituent un obstacle à certaines activités d'innovation (OCDE, 2010). Par exemple, dans de nombreux pays, les coûts de la propriété intellectuelle développée en interne peuvent généralement être passés directement en charges et bénéficier d'autres avantages fiscaux. La même PI acquise à l'extérieur sera généralement capitalisée et amortie dans le temps, ce qui induit une différence entre la PI interne et la PI externe. En outre, la nature mobile de la PI signifie que certaines pratiques d'optimisation fiscale préserveront le revenu ainsi obtenu contre une imposition dans le pays d'origine. Ces problématiques fondamentales des systèmes d'impôt sur les sociétés dépassent la portée de la présente étude.

4.5. Choix de l'instrument fiscal

Le choix d'un instrument fiscal lié à l'environnement peut avoir un impact important sur l'innovation qui en résulte (et sur l'environnement), comme nous l'avons vu précédemment. Des instruments fiscaux différents fournissent des niveaux d'incitation qui ne sont pas les mêmes aussi bien pour la création que pour l'adoption des innovations. Le schéma ci-après tente de comparer les effets des différents instruments existants sur l'innovation. Soit une entreprise dont la production s'accompagne d'émissions polluantes (et qui vend des produits susceptibles de polluer), on peut représenter ses émissions totales comme étant composées des éléments ci-après :

Graphique 4.4. Déterminants des émissions et perspectives d'innovation

$$\begin{array}{c}
 \text{Émissions} \\
 \text{totales} \\
 = \\
 \left[\frac{\text{Émissions}}{\text{Production}} * \text{Production} \right] + \left[\frac{\text{Émissions}}{\text{Intrants}} * \frac{\text{Intrants}}{\text{Production}} * \text{Production} \right] - \text{Émissions} \\
 \text{réduites} \\
 \begin{array}{ccc}
 \text{①} & \text{⑦} & \text{② ③ ④} & \text{⑤} & \text{⑦} & \text{⑥} \\
 \hline
 & & \text{Production plus propre} & & & \text{Point de rejet} \\
 \hline
 \text{Innovation de produit} & & \text{Innovation de procédé} & & & \\
 \hline
 & & \text{Innovation organisationnelle} & & &
 \end{array}
 \end{array}$$

Trois facteurs déterminent les émissions directes et indirectes d'une entreprise : le niveau de pollution de ses produits quand ils sont utilisés, la pollution réalisée par l'entreprise elle-même lors du processus de production, et les mesures qu'elle prend pour réduire ses émissions issues de la production une fois que la pollution existe. Le graphique 4.4 décrit également, sous l'équation, les différents types d'innovation utilisables pour réduire les émissions de chaque composante. Les chiffres représentent des mesures spécifiques envisageables à cette fin :

- ① Création de nouveaux produits de consommation dégageant moins d'émissions lors de leur utilisation. Par exemple, les entreprises pourraient proposer aux consommateurs des appareils plus efficaces dans leur utilisation de l'énergie, ce qui réduirait les émissions de CO₂, ou des peintures à haute teneur en solides dégageant moins de COV dans l'atmosphère.

- ② Utilisation d'intrants moins polluants (du même type). Par exemple, une entreprise de production d'électricité pourra employer un charbon présentant une teneur en soufre inférieure.
- ③ Utilisation d'intrants moins polluants (d'un autre type). La même entreprise de production d'électricité pourra produire son énergie à partir du gaz plutôt que du charbon, ce qui nécessitera sans doute davantage de modifications structurelles de ses équipements existants.
- ④ Réduction de l'intensité de pollution par unité d'intrant (sans modifier les intrants). Par exemple, la même centrale pourra également optimiser son équipement pour réduire les émissions de NO_x par unité de combustible (qui reste le même) mais sans modifier la consommation totale de combustible par kWh. Les systèmes de diagnostic embarqués constituent un exemple de ce type pour les voitures.
- ⑤ Réduction de la consommation d'intrants par unité de production. Par exemple, une centrale électrique pourra devenir globalement plus efficace en termes de consommation d'énergie sans modifier le niveau des émissions de NO_x par kWh en améliorant son isolation, pour empêcher les pertes de chaleur. Cela passera par une diminution de l'utilisation de combustible par kWh utilisable, et non par une baisse des émissions par unité de combustible.
- ⑥ Enfin, prise de mesures en bout de chaîne/de correction. Par exemple, un fabricant d'aluminium pourrait réduire ses émissions de CO₂ en utilisant les techniques de captage et de stockage du carbone pour empêcher les émissions de se diffuser dans l'atmosphère une fois qu'elles auront été créées.
- ①-⑥ Les innovations organisationnelles ne peuvent se rattacher exclusivement à l'un des éléments de l'équation qui précède, car elles affectent par nature l'orientation générale de l'entreprise. De ce fait, elles tendent à jouer un rôle de complément par rapport aux autres types d'innovations au sein de l'entreprise.
- ⑦ Naturellement, l'entreprise (et le consommateur) pourraient simplement produire (et consommer) moins.

Chacune de ces solutions représente un moyen de réduire les émissions au sein de l'économie. Le choix d'un instrument de politique environnementale a un effet direct sur l'encouragement de telle ou telle mesure. Le tableau 4.1 expose les cinq principales mesures fiscales, et évalue leur effet incitatif sur l'innovation et sur l'adoption de techniques innovantes pour chaque solution de réduction des émissions. On suppose dans ce tableau que chaque instrument est appliqué de manière isolée par les pouvoirs publics.

Le tableau ci-dessus montre bien que certains instruments favorisent un éventail de mesures plus large (et donc incitent davantage à l'innovation) que d'autres. Les taxes sur la pollution constituent des incitations pour les six mesures potentielles de réduction des émissions, car le prélèvement direct sur le polluant n'exclut aucune mesure possible de réduction de la pollution et apporte le plus large choix d'incitations à l'invention et à l'innovation technologique. Au fur et à mesure que l'incidence de la taxe s'éloigne du polluant effectif, cet éventail de mesures se restreint. Les taxes indirectes sur la pollution ont globalement les mêmes effets d'incitation, sauf lorsque les mesures de réduction de la pollution deviennent totalement distinctes de l'utilisation des intrants. De ce fait, les taxes indirectes sur la pollution n'ont aucun impact sur les mesures 4 et 6, ce qui rejoint les conclusions indiquant que les taxes directes sur la pollution encouragent une réduction au point de rejet relativement plus importante que les taxes indirectes sur la pollution.

Tableau 4.1. Effets des instruments fiscaux visant à encourager l'innovation

	Propension à l'innovation	Propension à l'adoption de techniques innovantes
Taxes sur la pollution	① ② ③ ④ ⑤ ⑥	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
Taxes indirectes sur la pollution	① ② ④ ⑤	① ② ④ ⑤
Amortissement accéléré	③ ⑤	③ ⑤
Crédits d'impôt au titre de la R-D	① ③ ⑤	① ③ ⑤
Réduction du taux de TVA	①	①

Notes : Les chiffres blancs sur fond noir dénotent un important effet incitatif, alors que les chiffres noirs sur fond blanc indiquent un faible effet incitatif. En l'absence de chiffre, il n'y a aucune incitation. Soulignons que pour les taxes indirectes sur la pollution, le chiffre 2 est noirci en raison de l'hypothèse selon laquelle les taxes sur les intrants peuvent diverger en fonction des caractéristiques physiques de ces derniers. On suppose que les mesures 1 et 2 ne sont pas fortement consommatrices de capital, et également qu'aucune innovation n'a besoin d'être modifiée avant d'être adoptée (toutes les innovations peuvent donc être appliquées telles quelles). Enfin, en ce qui concerne les réductions d'impôts sur la consommation, on suppose que la mesure 5 est effectivement stimulée par l'intégration de cette technologie (par exemple une innovation améliorant l'efficacité énergétique) dans les nouveaux produits.

Les amortissements accélérés encouragent davantage l'investissement en capital matériel. Un tel instrument n'affecte pas les mesures de réduction de la pollution qui ne sont généralement pas fortement consommatrices de capital, telles que les mesures 1, 2 et 4. Même pour les mesures fortement consommatrices de capital, un amortissement accéléré en tant qu'unique instrument de politique économique n'incite pas à réduire les émissions, à moins de passer par une rationalisation accrue des autres intrants (tels que le combustible) qui ont un prix important sur le marché. C'est pourquoi la mesure 6 n'est pas encouragée par cet instrument.

De même, les seuls crédits d'impôt au titre de la R-D généralement disponibles ou ciblant le domaine environnemental ne suffisent pas à inciter à réduire les émissions, à moins qu'ils ne contribuent à abaisser le coût des processus existants ou à créer de nouveaux produits (en l'absence de prix du carbone, il n'y aurait pas de justification économique à entreprendre de la recherche-développement dans le but de réduire de manière significative le coût de captage et du stockage du CO₂, par exemple). De ce fait, seules les mesures 1, 3 et 5 seraient favorables à l'invention et à l'adoption des nouvelles techniques. En supposant que l'innovation peut être utilisée telle quelle (sans nécessiter de frais de R-D pour l'adaptation d'une entreprise à l'autre), le crédit d'impôt au titre de la R-D n'apporte aucune incitation supplémentaire à adopter l'innovation une fois que celle-ci a vu le jour, à moins que ces travaux de recherche ne ciblent l'utilisation de quelque chose qui a déjà un prix sur le marché.

Enfin, les baisses de TVA sur les acquisitions de biens écologiques incitent directement les consommateurs à adopter les innovations, puisqu'elles se traduisent par une baisse de prix directe et identifiable sur les biens et services concernés par rapport aux autres. Les entreprises sont moins fortement incitées à investir dans l'innovation puisque la baisse de la TVA ne leur apporte pas de bénéfice direct à ce niveau (même si elles bénéficieront d'une hausse de la demande, ce qui pourrait leur permettre d'augmenter leurs prix) et ces mesures sont souvent temporaires. En outre, de telles réductions de taux reposent habituellement sur une norme, comme c'est le cas pour le programme EnergyStar; or, une fois que la norme est atteinte, l'entreprise n'a plus intérêt à investir davantage.

4.6. Adoption d'un train de mesures : combinaison des instruments favorables à l'environnement et à l'innovation

Avant de décider d'agir dans ce domaine, les pouvoirs publics doivent examiner les caractéristiques existantes du régime fiscal et du système d'innovation d'un pays. En effet, ces caractéristiques peuvent d'ores et déjà exercer une influence considérable sur les objectifs poursuivis sur le plan de l'environnement et de l'innovation. Du point de vue environnemental, par exemple, les avantages fiscaux en faveur de la production de carburants fossiles ou la sous-évaluation des redevances pétrolières peuvent avoir de lourdes conséquences susceptibles de saper les efforts de protection de l'environnement. Du point de vue de l'innovation, en revanche, un système fiscal qui applique des règles restrictives aux pertes fiscales ou au report de crédits d'impôt sur d'autres périodes peut décourager l'innovation très risquée (et donc potentiellement très rentable) dans le domaine environnemental. Il est donc essentiel de bien comprendre ces caractéristiques avant de s'attaquer à d'autres problèmes.

Une fois cette analyse préliminaire effectuée, les pouvoirs publics doivent décider de la voie à suivre. Un certain nombre d'études ont démontré que les instruments fondés sur les mécanismes du marché étaient très nettement supérieurs aux approches contraignantes (Downing et White, 1986; Milliman et Prince, 1989). La théorie suggère que, plus un instrument est flexible, moins il est prescriptif, plus les entreprises ont la possibilité de trouver la manière la moins onéreuse de réduire leurs émissions²⁰.

Des travaux plus récents se sont efforcés de classer, de manière empirique, les différents instruments disponibles en fonction de leur efficacité économique et de leur effet incitatif sur l'innovation. À partir de l'exemple du secteur de l'électricité aux États-Unis et de la lutte contre le changement climatique, Fischer et Newell (2008) présentent un classement des instruments les plus à même de répondre à ces deux critères : 1) taxe/redevance sur les émissions, 2) norme de performance en matière d'émissions, 3) taxe sur les combustibles fossiles, 4) pourcentage obligatoire d'énergies renouvelables, 5) subvention aux énergies renouvelables et 6) subvention à la recherche-développement.

En pratique, les politiques environnementales de nombreux pays se composent d'un grand nombre d'outils différents; la publication de l'OCDE *Politiques de l'environnement : Quelles combinaisons d'instruments?* (2007) met quelques exemples en avant. Le fait d'avoir besoin ou non d'instruments multiples, et les interactions de ceux-ci, peuvent jouer un rôle décisif dans l'évaluation de la performance globale de la politique environnementale en termes d'innovation et d'effet sur l'environnement. Cependant, ce n'est que dans un petit nombre de cas qu'un seul instrument suffirait pour atteindre un niveau optimal de réduction des émissions de la manière la plus efficace possible. La complexité des marchés et les multiples problèmes de politique économique laissent supposer qu'un mélange d'instruments, coordonnés de manière à compenser leurs insuffisances mutuelles, représenterait la meilleure manière de respecter globalement les contraintes économiques et d'aboutir à un optimum social, pour un coût nettement inférieur. Par exemple, une campagne d'information sur l'efficacité énergétique des biens d'équipement pourrait renforcer l'effet d'une taxe sur le CO₂. La réglementation pourrait contribuer à régler les problèmes de pollution lorsque les dommages ne sont pas uniformément répartis sur le plan géographique. Cela dit, lorsque des combinaisons sont effectivement mises en place, elles doivent s'accompagner de la plus grande flexibilité pour atteindre le résultat souhaité, tout en minimisant les recoupements avec des instruments similaires

(dans le cas de l'application d'une taxe carbone et d'un système de permis négociables aux mêmes activités²¹) (OCDE, 2007).

Une fois collectées toutes ces informations, une question demeure : que peuvent faire les gouvernements pour s'assurer que les problèmes écologiques sont traités au moindre coût?

Les gouvernements peuvent choisir de n'utiliser que l'outil fiscal sur les activités dommageables à l'environnement. La taxation à but environnemental corrige l'externalité négative et répond à la production excessive de pollution. Même si certains problèmes de mise en œuvre, de politique économique et autres peuvent laisser supposer que les taxes seules ne suffisent pas à atteindre pleinement le but recherché, elles ont néanmoins un effet significatif sur l'environnement, pour un faible coût. Comme les taxes assignent un prix à la pollution, elles stimulent également l'innovation au profit de nouveaux moyens de réduire les activités dommageables à l'environnement, si elles sont bien conçues. Ces facteurs ne font qu'accroître le rendement de la conception et de l'adoption de l'innovation jusqu'à un niveau compatible avec les incitations concernant les autres biens du marché; ils ne résolvent pas les problèmes spécifiques liés aux externalités de l'innovation et ne les traitent même pas directement. La défaillance du marché de l'innovation subsiste donc.

Une seconde option serait l'utilisation d'autres instruments à caractère uniquement fiscal, tels qu'un système d'amortissement accéléré ou une baisse du taux de TVA. Ces mesures constituent des incitations à l'adoption des innovations existantes lorsque les incitations ne peuvent se répercuter sur le développement de nouvelles innovations, puisqu'il s'agit généralement de mesures à court terme. Toutefois, ces outils ne ciblent la plupart du temps que certains types d'activités de réduction de la pollution, et laissent de côté de nombreux domaines concernés par les atteintes à l'environnement. Les décideurs se retrouvent face aux mêmes problèmes que lors de la conception de subventions : soutien de la consommation, violation du principe du pollueur-payeur et interventions plus fréquentes des pouvoirs publics pour décider du type de mesure d'atténuation à stimuler. De ce fait, les gouvernements doivent faire preuve de prudence s'ils décident d'utiliser les avantages fiscaux comme outil de politique environnementale.

Une troisième option pour les gouvernements serait d'utiliser uniquement le système fiscal pour promouvoir l'innovation comme un moyen de répondre aux défis environnementaux. Ce faisant, le but serait d'encourager la mise au point de technologies qui pourraient être adoptées par le plus grand nombre. Les crédits d'impôt au titre de la R-D abaissent le coût après impôt de ces activités et peuvent donc accroître le choix d'innovations et de technologies disponibles, tout en réduisant leur coût. Le point négatif de l'utilisation d'une politique uniquement fondée sur l'innovation réside dans le fait que, pour de nombreuses inventions dans le domaine de l'environnement, les mesures fiscales concernant la R-D n'ont qu'un effet limité voire nul sur l'adoption des innovations réalisées, puisque la poursuite des activités dommageables à l'environnement ne comporte pas de coût dans un premier temps. En outre, une politique environnementale axée uniquement sur les instruments concernant la R-D incitera les entreprises à s'abstenir de prendre les mesures de réduction de la pollution immédiates et bon marché au profit des technologies qui s'annoncent. Ce report vient augmenter de manière significative le coût de la réalisation d'un objectif environnemental donné, puisque des mesures de réduction de la pollution bien plus onéreuses devront être mises en place à l'avenir (Duval, 2008).

Il convient également de prendre en considération le degré de bénéfice public de l'innovation par rapport au bénéfice privé. Plus les bénéfices privés (taux de rendement privé plus proches des taux de rendement social) d'une innovation potentielle seront importants, plus les externalités positives seront faibles. Les auteurs de l'innovation sont plus à même de récolter les fruits de cette dernière, mais les retombées sur la société sont inférieures. Il s'ensuit que les gouvernements devraient mettre l'accent sur les innovations qui présentent un important rendement pour la société, mais un faible rendement privé. L'innovation de base est toujours entachée par des délais longs, par une incertitude significative et par des résultats finaux plus flous. Ces caractéristiques peuvent induire une moindre propension des entreprises privées à se lancer dans l'innovation, même si celle-ci peut se révéler extrêmement utile et constituer le fer de lance de technologies tout à fait nouvelles (voir la section 3.3 sur les effets bénéfiques des technologies innovantes sur les coûts de l'action environnementale). Popp (2006a) constate que les brevets issus de travaux de recherche fondamentale du secteur public sont cités plus fréquemment dans les dossiers de brevets que les brevets privés, et que la production qu'ils ont permis de réaliser est ensuite citée 30 % plus souvent, ce qui dénote le rôle majeur de la recherche fondamentale pour combler un important déficit de connaissance et pour faciliter les transferts de connaissances. Les crédits d'impôt au titre de la R-D pourraient ne pas entraîner suffisamment de travaux de recherche fondamentale requis pour une politique environnementale optimale.

Pour souligner ces remarques, Popp (2006b) constate que se reposer uniquement sur les taxes ou sur les travaux de R-D pour résoudre les problèmes de changement climatique ne sera pas suffisant. Les subventions à la recherche-développement ont été plus efficaces pour encourager l'investissement dans la R-D que la mise en place d'une taxe carbone établie à un taux conforme à l'optimum social. Cependant, pour les raisons que nous avons déjà citées, les subventions à la R-D seules n'apportent pas d'avantage significatif en termes d'environnement dans le scénario du *statu quo*, et les émissions (ainsi que leurs conséquences sur la température atmosphérique) continuent de croître fortement. La combinaison d'une subvention à la R-D et d'une taxe carbone optimale favorise un investissement en R-D relativement plus important que la subvention seule, et nettement plus significatif que la taxe carbone uniquement, comme le montre le tableau 4.2.

Cependant, ces mêmes instruments qui entraînent une forte hausse des dépenses de R-D ne se traduisent pas nécessairement par des gains de bien-être aussi importants pour l'économie. Dans le modèle, la mise en place d'une politique uniquement ciblée sur la R-D

Tableau 4.2. **Effets des taxes et des subventions à la R-D sur le bien-être social**

	Hausse en % des dépenses de R-D dans l'efficacité énergétique	Hausse en % des dépenses de R-D dans les technologies de soutien	Gain maximum de bien-être en %
Taxe et subventions optimales à la R-D	13.7 %	24.7 %	100 %
Taxe optimale uniquement	1.2 %	7.6 %	95 %
Subventions optimales à la R-D uniquement	10.3 %	13.5 %	11 %

Notes : Dans les deux premières colonnes, la hausse des dépenses de R-D correspond à une projection pour 2025 relativement au scénario du *statu quo*. Ici, les technologies de soutien font référence aux sources d'énergie non productrices de CO₂.

Source : Popp (2006b).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932324399>

n'aurait qu'un effet relatif limité sur le bien-être d'une économie par comparaison avec une taxe carbone, laquelle est elle-même presque équivalente à la combinaison d'une taxe carbone optimale et d'une politique de subvention de la R-D, comme l'indique Popp (2006c). En outre, la modélisation réalisée par l'OCDE semble indiquer qu'une politique environnementale uniquement ciblée sur la R-D ne réussirait pas – à un niveau réaliste – à stabiliser la concentration de CO₂ dans l'atmosphère (OCDE, 2009c).

Sachant que les politiques environnementales et d'innovation utilisées sont peu susceptibles, à elles seules, d'avoir le résultat escompté pour la société, il sera nécessaire d'associer les instruments entre eux d'une manière ou d'une autre. Au niveau le plus élémentaire, la présence de deux imperfections du marché distinctes, mais liées entre elles, concernant l'innovation en matière environnementale, suggère d'employer des instruments qui cibleront chacune d'entre elles. Pour cibler l'externalité environnementale, les taxes prélevées directement sur le polluant peuvent se révéler très efficaces. D'autres instruments environnementaux pourront s'avérer nécessaires lorsque la fiscalité n'a aucun impact, mais il convient d'agir avec soin pour s'assurer que les recoupements et les incitations divergentes n'affectent pas l'efficacité globale de la politique environnementale.

Intéressons-nous à présent aux politiques optimales d'innovation en présence d'une taxation. De nombreux pays ont mis en œuvre des politiques d'innovation générales qui servent à encourager une intensification des activités d'innovation et à surmonter les problèmes spécifiques qui se posent dans ce domaine. Outre les protections juridiques sont utilisés les crédits d'impôt au titre de la R-D, les subventions à la R-D et, plus généralement, l'investissement dans la formation et les infrastructures. Nous ne pouvons pas examiner ici si les politiques globales d'innovation des différents pays sont appropriées et si elles abordent correctement tous les problèmes qui entravent une innovation optimale. Cependant, si l'innovation environnementale est similaire aux autres innovations et si les pays mettent en œuvre les mesures appropriées, la combinaison de la fiscalité et des politiques générales d'innovation devrait permettre de traiter les deux externalités de manière appropriée, sans qu'aucune intervention supplémentaire de l'État ne soit nécessaire.

Toutefois, l'importante question qui se pose encore est de savoir si l'innovation dans l'environnement est similaire aux autres types d'innovation. Si ce n'est pas le cas, les pouvoirs publics pourraient devoir prendre des mesures différenciées. Jaffe *et al.* (1995) suggèrent que l'environnement représente des défis uniques pour l'innovation et qu'une action supplémentaire (et ciblée) au-delà des politiques d'innovation générales est nécessaire. Si les coûts sociaux des dommages à l'environnement sont faibles actuellement, alors que les prévisions anticipent une forte augmentation, il pourrait être important de commencer d'ores et déjà à investir dans la R-D (en avance sur ce que le marché pourrait fournir même avec un ensemble d'instruments d'innovation standard et des taxes liées à l'environnement). Compte tenu de la nature dynamique du phénomène, innover maintenant et modifier le cheminement de l'innovation peut se traduire par des coûts moins élevés à l'avenir.

En outre, l'innovation favorisée par les taxes et par les crédits d'impôt au titre de la R-D est généralement additionnelle par nature. Pour certains problèmes environnementaux, tels que des problèmes particuliers en milieu urbain, les effets sont maîtrisables (quoique évidemment non désirables) et les points de basculement (ceux qui dénotent le moment où un problème devient irréversible) ne sont pas apparents. Une

innovation additionnelle représente une approche appropriée pour répondre à ces problèmes. Dans d'autres cas, tels que le changement climatique, il existe des cibles significatives et identifiables à respecter pour éviter des troubles écologiques à grande échelle. Au cours des 40 à 50 prochaines années, il faudra pour cela réduire considérablement la teneur en CO₂ de l'économie. Des technologies innovantes (par exemple des sources d'énergie sans carbone à grande échelle) sont nécessaires pour éviter que les coûts ne soient très élevés. Une innovation additionnelle (telle qu'une amélioration de l'efficacité énergétique) ne suffira tout simplement pas à atteindre les objectifs environnementaux au coût le plus bas pour la croissance mondiale. Les incitations résultant des taxes et des crédits d'impôt au titre de la R-D encouragent une telle innovation additionnelle, mais elles risquent de ne pas suffire à surmonter tous les obstacles à une production d'innovation optimale que sont les contraintes financières, l'incertitude, la forte reproductibilité de la recherche fondamentale, des délais très longs, etc.

Étant donné que l'innovation environnementale peut différer par certains aspects des autres types d'innovation, il pourrait être insuffisant de se reposer sur des taxes liées à l'environnement et sur des crédits d'impôt généraux au titre de la R-D (ainsi que sur d'autres caractéristiques générales des politiques d'innovation). La mise en œuvre de crédits d'impôt additionnels au titre de la R-D ciblant spécifiquement certains types de résultats environnementaux ne permettrait sans doute pas de remédier au fait que de telles mesures risquent de ne pas transformer la recherche fondamentale en technologies innovantes. C'est pour cela que des efforts ciblés en faveur de l'innovation dans des secteurs clés, par exemple via des allocations de recherche, pourraient certes entraîner des coûts administratifs supérieurs, mais aussi concentrer les efforts de R-D sur les domaines qui en ont le plus besoin et apporter un soutien direct aux projets qui en valent la peine. Ces projets devraient se situer au niveau de la recherche fondamentale et encourager des mesures qui ne seraient pas susceptibles d'être prises par d'autres acteurs de l'économie. En ciblant une innovation fondamentale, mais à objet pratique, on pourrait répondre aux différents besoins de l'innovation environnementale, ce qui pourra ouvrir la voie à d'autres innovations, plus facilement utilisables, en matière de réduction des émissions. Ces actions se situeront très probablement en dehors de la sphère fiscale, et par conséquent n'entrent pas dans le champ de cette publication.

Adopter une approche plus ciblée de l'innovation fondamentale liée à l'environnement ne suffit pas à résoudre le problème. En effet, l'innovation ne présente pas une structure en silo au point qu'il suffise aux pouvoirs publics d'allouer des moyens à un niveau donné pour cibler un autre stade de l'innovation dans le même domaine. L'innovation repose sur un réseau, elle est dynamique et s'inspire des inventions émanant d'autres secteurs. Il peut être difficile, en particulier au niveau fondamental, d'évaluer ce qui est lié ou non à l'environnement. En outre, d'autres « instruments » sont également cruciaux pour entretenir une culture active d'innovation, à savoir – entre autres – un solide système de brevets, un cadre juridique sans faille, une administration fiscale efficace et une société qui encourage et accueille volontiers les innovations.

4.7. Conclusions

Le simple fait de mettre en place une imposition liée à l'environnement n'est pas une garantie de succès, car la conception de la taxe et sa mise en œuvre influent considérablement sur ses effets. L'une des constatations les moins surprenantes est que,

plus la taxe est élevée, plus l'incitation à l'innovation est importante. Au Royaume-Uni, une baisse des taux de la taxe sur l'énergie allait de pair avec une baisse des taux d'innovation. L'élargissement du champ d'application de la taxe est également favorable au développement de l'innovation, puisque le marché potentiel de cette dernière (vente aux autres entreprises/aux particuliers) se développe fortement. Ce constat vaut particulièrement pour les sociétés innovantes tierces. Même l'annonce de la création d'une taxe peut avoir des conséquences sur l'innovation.

La prévisibilité du taux et la crédibilité globale de la mesure jouent un rôle important. Sans ces caractéristiques, les investissements dont la rentabilité se mesure à long terme (tels que l'acquisition de nouveaux équipements ou les dépenses de R-D) ont beaucoup moins de chances d'être effectués. La taxe japonaise sur les émissions de SO_x fournit un exemple parlant de l'effet de l'incertitude du système sur les efforts d'innovation des entreprises à long terme. Les considérations de politique économique peuvent également avoir un impact très significatif sur l'innovation, en particulier celles qui ciblent les effets potentiels sur les entreprises très polluantes. Dans un certain nombre de cas, le recyclage des revenus représente un outil utilisé pour préserver l'incitation à la réduction de la pollution/à l'innovation, tout en minimisant l'effet sur la rentabilité et la compétitivité des entreprises visées par rapport aux industries moins polluantes. De tels mécanismes peuvent avoir de légers effets négatifs sur l'innovation au niveau de l'entreprise, mais entraîner d'importantes incitations à innover au niveau collectif. Bien qu'elle ne constitue pas un recyclage des revenus, la taxe japonaise comportait une caractéristique similaire.

Les taxes liées à l'environnement prélevées directement sur le polluant ne représentent pas les seuls outils fiscaux possibles de la politique environnementale. Bien souvent, la base d'imposition est déplacée vers un agent de la pollution, tel que le carburant ou les véhicules à moteur, en raison d'un suivi et d'une gestion bien plus aisés. De telles taxes indirectes sur la pollution réduisent le potentiel d'encouragement à l'innovation, ce qui se traduit par une efficacité moindre.

Trois autres instruments visent à encourager les bonnes pratiques plutôt qu'à décourager les mauvaises. Les systèmes d'amortissement accéléré et les réductions de taux de TVA pour les biens écologiques incitent à adopter des technologies existantes, mais leur impact sur l'innovation est beaucoup plus limité. Ces mesures partagent également nombre d'inconvénients des subventions : absence de ciblage et aide à des opérations qui auraient été décidées de toute façon. D'un autre côté, les crédits d'impôt au titre de la R-D stimulent l'innovation, mais incitent peu à adopter les nouvelles techniques. Sans prise en compte d'un prix explicite pour l'environnement, les innovations encouragées par les crédits d'impôt au titre de la R-D n'auraient aucun impact financier positif sur les pollueurs (sauf si elles contribuent également à réduire les coûts d'actions qui avaient déjà un prix explicite). Ces autres instruments fiscaux peuvent jouer un rôle dans le développement de l'innovation environnementale, mais ils présentent des inconvénients supplémentaires par rapport aux taxes directement prélevées sur la pollution. Les gouvernements doivent donc les utiliser avec prudence, et évaluer pleinement leurs avantages sur le plan écologique par rapport aux pertes de recettes fiscales qu'ils génèrent.

La création d'un train de mesures qui résoudrait de manière appropriée tous les problèmes d'environnement dépasse la portée de la présente étude, mais il est essentiel d'analyser les caractéristiques existantes du régime fiscal et du système d'innovation

susceptibles de saper les nouvelles mesures. C'est tout particulièrement vrai pour les caractéristiques du système fiscal. Si on s'intéresse plus spécifiquement aux voies explorées ici de la fiscalité et de l'innovation, quelques conclusions générales s'imposent pour la mise en œuvre de politiques nouvelles. Dans la plupart des cas, la taxation liée à l'environnement représente une bonne réponse à l'externalité négative d'une pollution excessive. De même, les politiques d'innovation généralisées qui ciblent les externalités positives de l'innovation (comme les crédits d'impôt au titre de la R-D) seront généralement favorables à l'environnement. Les innovations nécessaires pour atteindre les objectifs écologiques présentent une caractéristique supplémentaire qui les distingue des autres formes d'innovation. Le besoin de technologies innovantes issu des progrès de la recherche fondamentale pourrait être plus prononcé dans le domaine de l'environnement, ce qui pourrait justifier un meilleur ciblage des politiques d'innovation (par exemple à travers des bourses de recherche) sur les priorités de la recherche fondamentale en matière d'environnement.

Notes

1. Il convient de noter que l'effet rebond qui résulte de la prise de mesures réglementaires est sans doute nettement plus marqué que celui induit par les taxes. Dans le cas d'une mesure de réglementation sur l'efficacité des carburants pour l'automobile, par exemple, la baisse des coûts du carburant peut inciter à utiliser davantage le véhicule. En présence d'une taxe, tout effet rebond éventuel dû à l'efficacité du carburant induite par la taxe est modéré par le fait que l'usage supplémentaire du véhicule sera soumis à taxation.
2. Par exemple en décidant par la loi qu'un permis de polluer ne serait plus équivalent à l'émission d'une tonne de dioxyde de carbone, mais à 0.9 tonne.
3. Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.
4. Soulignons que, dans l'évaluation empirique de la taxe suédoise, l'impact potentiel du dispositif de remboursement sur l'innovation n'a pas pu être testé à cause de l'absence de contre-exemples.
5. Bien que les entreprises soumises au taux réduit aient dû s'engager à entreprendre certaines actions et/ou à respecter certains objectifs de nature environnementale, par exemple en matière d'efficacité énergétique, on estime généralement que ces contraintes ne se sont pas révélées particulièrement onéreuses pour les entreprises concernées.
6. Chaque entreprise se retrouverait sans doute dans une situation moins satisfaisante, puisqu'elle devrait payer une taxe équivalente alors qu'elle aurait également contribué au financement collectif de l'investissement en R-D.
7. Dans l'Union européenne, cependant, toutes les grandes entreprises sont obligées de comptabiliser en permanence de nombreuses catégories d'émissions, y compris le NO_x.
8. Soulignons que les taxes uniques sur les véhicules à moteur sont généralement combinées à des taxes récurrentes sur les véhicules, à des taxes sur les carburants, et à d'autres prélèvements, comme les droits de péage routiers.
9. Des taxes uniques plus élevées sur les véhicules neufs augmenteraient également sans doute la valeur à la revente des voitures d'occasion, ce qui limiterait cet effet.
10. Pour une liste complète des taxes sur les véhicules à moteur liées aux émissions de CO₂ dans l'OCDE, voir OCDE (2009d).
11. Précisons que les tranches du système français de bonus-malus doivent progressivement évoluer à la baisse, ce qui incite donc davantage à innover dans le domaine de l'efficacité des carburants.
12. Le taux économique d'amortissement fait référence à l'évolution de la valeur actuelle d'un actif durant une période déterminée. La variation de valeur peut avoir lieu soit en raison d'une dépréciation physique, soit à cause d'une modification de la valeur de marché de l'actif.

13. Le passage en charges immédiat constitue simplement une forme extrême d'amortissement accéléré.
14. Soulignons que, dans les régimes fiscaux les plus répandus, les charges relatives notamment à la commercialisation et à la formation des salariés sont immédiatement déductibles, alors que ces activités génèrent également des profits futurs.
15. Nombre de ces mesures coexistent avec des réductions de taux lorsque les effets environnementaux sont clairement négatifs (par exemple dans l'énergie domestique ou la viande).
16. Certaines théories laissent supposer qu'une taxation optimale sur la valeur ajoutée serait plus élevée sur les biens aux prix les plus inélastiques (taxation dite de Ramsey) mais les problèmes de gestion rendraient cette solution peu maniable. Pour une discussion plus approfondie, voir Heady (1993).
17. Les exonérations dans la structure de TVA constituent des exceptions à cette logique. Mais les taux de TVA nuls ne représentent qu'une forme extrême de la réduction des taux de TVA.
18. Les crédits d'impôt diffèrent des déductions fiscales ou de l'amortissement accéléré en cela qu'ils sont généralement indépendants du taux nominal d'imposition des bénéficiaires des sociétés. Les crédits d'impôt permettent une déduction de la charge fiscale, tandis que les dotations aux amortissements permettent une déduction du revenu net à des fins fiscales. Il est en outre possible de prévoir des crédits d'impôt remboursables.
19. Le jeu à somme nulle de la concurrence fiscale entre les différents territoires peut toutefois être préoccupant.
20. D'autres, comme Bauman *et al.* (2008), laissent entendre que les instruments fondés sur le marché ne seraient pas toujours plus efficaces que les instruments contraignants en matière d'incitation à l'innovation. Lorsque l'innovation concernant un processus de production se traduit par une augmentation du bénéfice marginal de l'émission d'une unité de pollution supplémentaire, les émissions pourraient même croître, ce qui aurait différents effets : dans un système de tarification contraignante, il n'y aurait aucun effet, alors qu'une taxe sur les émissions taxerait chaque unité de pollution supplémentaire. De ce fait, dans des cas comme celui-ci, on ne peut dire avec certitude si une taxe sur les émissions est toujours plus efficace que des instruments contraignants pour stimuler l'innovation.
21. Dans le cadre d'un plafonnement des émissions, les taxes prélevées sur un volume d'émissions rigoureusement inchangé n'entraîneront aucune réduction de la pollution tant que le plafond restera en vigueur. La taxe aura tout simplement pour effet de faire baisser les prix des permis négociables.

Références

- Acemoglu, Daron *et al.* (2009), « The Environment and Directed Technical Change », document de travail du NBER n°15451, octobre 2009, disponible sur www.nber.org/papers/w15451.
- Amir, Rabah, Marc Germain et Vincent van Steenberghe (2008), « On the Impact of Innovation on the Marginal Abatement Cost Curve », *Journal of Public Economic Theory*, 10(6), pp. 985-1010.
- Baker, Erin, Leon Clarke et Ekundayo Shittu (2008), « Technical Change and the Marginal Cost of Abatement », *Energy Economics*, 30, pp. 2799-2816.
- Baker, Erin et Ekundayo Shittu (2006), « Profit-maximizing R&D in Response to a Random Carbon Tax », *Resource and Energy Economics*, 28, pp. 160-180.
- Barradale, Merrill Jones (2008), « Impact of Policy Uncertainty on Renewable Energy Investment: Wind Power and PTC », United States Association for Energy Economists, document de travail n° 08-003, disponible sur <http://ssrn.com/abstract=1085063>.
- Bauman, Yoram, Myunghum Lee et Karl Seeley (2008), « Does Technological Innovation Really Reduce Marginal Abatement Costs? Some Theory, Algebraic Evidence, and Policy Implications », *Environmental and Resource Economics*, 40, pp. 507-527.
- Bloom, N., R. Griffith et J. van Reenen (2002), « Do R&D Credits Work? Evidence from a Panel of Countries, 1979-97 », *Journal of Public Economics*, 85, pp. 1-31.
- Canada, ministère des Finances (2010), *Budget 2010 : Tracer la voie de la croissance et de l'emploi*, ministère des Finances, Ottawa, disponible sur www.budget.gc.ca/2010/pdf/budget-planbudgetaire-fra.pdf.

- Commission européenne (2008), *The Use of Differential VAT Rates to Promote Changes in Consumption and Innovation*, 25 juin 2008, disponible sur http://ec.europa.eu/environment/enveco/taxation/pdf/vat_final.pdf.
- Commission européenne (2009), « Programme d'aide au respect de l'environnement pour les PME – VAMIL et MIA », disponible sur http://ec.europa.eu/environment/sme/cases/cases06_fr.htm.
- Copenhagen Economics (2008), *Reduced VAT for Environmentally Friendly Products*, pour la DG TAXUD, Commission européenne, disponible sur <http://databankmilieu.nl/pdf/pr-31492k17b.pdf>.
- Dixit, A. et R. Pindyck (1994), *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press, Princeton.
- Downing, P.G. et L.J. White (1986), « Innovation in Pollution Control », *Journal of Environmental Economics and Management*, 13, pp. 18-29.
- Duval, Romain (2008), « A Taxonomy of Instruments to Reduce Greenhouse Gas Emissions and Their Interactions », document de travail du département des affaires économiques de l'OCDE n° 636, OCDE, Paris.
- États-Unis, Internal Revenue Service (2010), *How to Depreciate Property*, Publication 946, Cat. n° 13081F pour l'exercice fiscal 2009, disponible sur www.irs.gov/pub/irs-pdf/p946.pdf.
- Fischer, Carolyn et Richard G. Newell (2008), « Environmental and Technology Policies for Climate Mitigation », *Journal of Environmental Economics and Management*, 55, pp. 142-162.
- Goolsbee, Austan (1998), « Does Government R&D Policy Mainly Benefit Scientists and Engineers? », *American Economic Review*, 88(2), pp. 298-302.
- Goulder, Lawrence H. (1995), « Effects of Carbon Taxes in an Economy with Prior Tax Distortions: An Intertemporal General Equilibrium Analysis », *Journal of Environmental Economics and Management*, 29, pp. 271-297.
- Guellec, Dominique et Bruno van Pottelsberghe de la Potterie (2003), « The Impact of Public R&D Expenditure on Business R&D », *Economics of Innovation and New Technology*, 12(3), pp. 225-243.
- Hall, B et J. van Reenen (2000), « How Effective are Fiscal Incentives for R&D? A Review of the Evidence », *Research Policy*, 29, pp. 449-469.
- Heady, Chris (1993), « Optimal Taxation as a Guide to Tax Policy: A Survey », *Fiscal Studies*, 14(1), pp. 15-41.
- House, Christopher L. et Matthew D. Shapiro (2008), « Temporary Investment Tax Incentives: Theory with Evidence from Bonus Depreciation », *American Economic Review*, 98(3), pp. 737-768.
- Johnstone, Nick et al. (2001), « The Environmental Consequences of Tax Differentiation by Vehicle Age in Costa Rica », *Journal of Environmental Planning and Management*, 44(6), pp. 803-814.
- KPMG (2007), *Taxes and Incentives for Renewable Energy*, disponible sur www.kpmg.com/Global/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/Taxes-Incentives-Renewable-Energy.pdf.
- Mason, Yael (2009), ministère israélien de la protection de l'environnement, présentation au Forum mondial de l'OCDE sur l'environnement dédié à l'éco-innovation, 4-5 novembre 2009, Paris, France.
- Milliman, Scott R. et Raymond Prince (1989), « Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control », *Journal of Environmental Economics and Management*, 17, pp. 247-265.
- OCDE (2006), *L'économie politique des taxes liées à l'environnement*, OCDE, Paris. www.oecd-ilibrary.org/fr/environment/l-economie-politique-des-taxes-liees-a-l-environnement_9789264025554-fr.
- OCDE (2007), *Politiques de l'environnement : Quelles combinaisons d'instruments?*, OCDE, Paris. www.oecd-ilibrary.org/fr/environment/politiques-de-l-environnement-quelles-combinaisons-d-instruments_9789264018754-fr.
- OCDE (2008), « Taxation, Innovation, and the Environment – The Spanish Case », OCDE, Paris, disponible sur [www.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)38-final](http://www.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)38-final).
- OCDE (2009a), « OCDE Work on Innovation – A Stocktaking of Existing Work », Document de travail de la direction de la STI 2009/2, OCDE, Paris.
- OCDE (2009b), « Environmental Policy Framework Conditions, Innovation and Technology Transfer », document de travail ENV/EPOC/WPNEP(2009)2, OCDE, Paris.
- OCDE (2009c), *Économie de la lutte contre le changement climatique : Politiques et options pour une action globale au-delà de 2012*, OCDE, Paris. www.oecd-ilibrary.org/fr/environment/economie-de-la-lutte-contre-le-changement-climatique_9789264073913-fr.

- OCDE (2009d), « The Scope for CO₂-based Differentiation in Motor Vehicle Taxes », OCDE, Paris.
- OCDE (2009e), « Innovation Effects of the Swedish NO_x Charge », OCDE, Paris, disponible sur [www.oalis.OCDE.org/olis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2009\)8-final](http://www.oalis.OCDE.org/olis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2009)8-final).
- OCDE (2009f), « Econometric Analysis of the Impacts of the UK Climate Change Levy and Climate Change Agreements on Firms' Fuel Use and Innovation Activity », OCDE, Paris, disponible sur [www.oalis.OCDE.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)33-final](http://www.oalis.OCDE.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)33-final).
- OCDE (2009g), « Survey of Firms' Responses to Public Incentives for Energy Innovation, including the UK Climate Change Levy and Climate Change Agreements », OCDE, Paris, disponible sur [www.oalis.OCDE.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)34-final](http://www.oalis.OCDE.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)34-final).
- OCDE (2009h), « The Impacts of the SO_x Charge and Related Policy Instruments on Technological Innovation in Japan », OCDE, Paris, disponible sur [www.oalis.oecd.org/olis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2009\)38-final](http://www.oalis.oecd.org/olis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2009)38-final).
- OCDE (2009i), « The Influence of Regulation and Economic Policy in the Water Sector on the Level of Technology Innovation in the Sector and its Contribution to the Environment: The Case of the State of Israel », OCDE, Paris, disponible sur [www.oalis.OCDE.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa-rd\(2008\)36-final](http://www.oalis.OCDE.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa-rd(2008)36-final).
- OCDE (2009j), « Base Broadening and Targeted Tax Provisions », document de travail pour le Groupe de travail n° 2 sur l'analyse des politiques et les statistiques fiscales, CTPA/CFA/WP2(2009)23, OCDE, Paris.
- OCDE (2009k), « Tableau de bord de l'OCDE de la science, de la technologie et de l'industrie 2009 », OCDE, Paris, www.oecd-ilibrary.org/fr/science-and-technology/tableau-de-bord-de-l-ocde-de-la-science-de-la-technologie-et-de-l-industrie_20747195.
- OCDE (2010), *La Stratégie de l'OCDE pour l'innovation : Pour prendre une longueur d'avance*, OCDE, Paris, www.oecd-ilibrary.org/fr/science-and-technology/la-strategie-de-l-ocde-pour-l-innovation_9789264084759-fr.
- Parry, Ian W. H. (2005), « Optimal Pollution Taxes and Endogenous Technological Change », *Resource and Energy Economics*, 17, pp. 69-85.
- Pearce, David (2006), « The Political Economy of an Energy Tax: the United Kingdom's Climate Change Levy », *Energy Economics*, 28(2), pp. 149-158.
- Pindyck, Robert S. (2007), « Uncertainty in Environmental Economics », *Review of Environmental Economics and Policy*, 1(1), pp. 45-65.
- Popp, David (2006a), « They Don't Invent Them like They Used to: An Examination of Energy Patent Citations over Time », *Economics of Innovation and New Technology*, 15(8), pp. 753-776.
- Popp, David (2006b), « R&D Subsidies and Climate Policy: Is There a Free Lunch? », *Climatic Change*, 77, pp. 311-341.
- Popp, David (2006c), « Comparison of Climate Policies in the ENTICE-BR Model », *The Energy Journal*, numéro spécial n°1, pp. 11-22.
- Reedman, Luke, Paul Graham, et Peter Coombes (2006), « Using a Real-Options Approach to Model Technology Adoption under Carbon Price Uncertainty: An Application to the Australian Electricity Generation Sector », *The Economic Record*, 82(S1), pp. S64-S73.
- Rosendahl, Knut Einar (2004), « Cost-effective environmental policy: implications of induced technological change », *Journal of Environmental Economics and Management*, 48, pp. 1099-1121.
- Sansing, Richard C. et Todd Strauss (1998), « How Tax Policy Can Thwart Regulatory Reform: The Case of Sulfur Dioxide Emissions Allowances », *Journal of the American Tax Association*, 20(1), pp. 49-59.
- Warda, J. (2009), « An Update of R&D Tax Treatment in OECD Countries and Selected Emerging Economies, 2008-09 », mimeo.
- Weitzman, Martin L. (1974), « Prices vs. Quantities », *The Review of Economic Studies*, 41(4), pp. 477-491.
- Wilson, Daniel J. (2009), « Beggar thy Neighbor? The In-State, Out-of-State, and Aggregate Effects of R&D Tax Credits », *The Review of Economics and Statistics*, 91(2), pp. 431-436.
- Wu, Yonghong, David Popp et S. Bretschneider (2007), « The Effects of Innovation Policies on Business R&D: A Cross-National Empirical Study », *Economics of Innovation and New Technology*, 16(4), pp. 237-253.
- Yale, Ethan (2008), « Taxing Cap-and-Trade Environmental Regulation », *Journal of Legal Studies*, 37, pp. 535-550.

Chapitre 5

Guide de la fiscalité environnementale destiné aux décideurs

Ce chapitre donne aux décideurs une vision générale des aspects à prendre en compte concernant la fiscalité environnementale. Les taxes sont évaluées au regard d'autres instruments d'action possibles, avant d'examiner des éléments fondamentaux liés à la conception des taxes. Ce chapitre étudie également l'utilisation qui est faite des recettes provenant de ces taxes et aborde les questions d'économie politique qui se posent lors de leur mise en œuvre. Il s'achève par un examen des raisons pour lesquelles les taxes doivent être au centre de la politique de l'environnement menée par les pays, en soulignant qu'elles ne suffisent pas toujours à remédier à moindre coût à tous les problèmes environnementaux.

Les problèmes environnementaux exercent des pressions de plus en plus fortes sur les gouvernements contraints de trouver des mesures d'atténuation qui remédient aux dommages causés à l'environnement en utilisant des méthodes qui ne brident pas la croissance actuelle et future. Les pouvoirs publics disposent d'une panoplie d'outils tels que les réglementations, les mesures visant à encourager l'innovation environnementale, les aides destinées à réduire la pollution et les taxes liées à l'environnement. Il est essentiel d'appliquer les bonnes politiques au bon moment.

Dernièrement, les États ont dans une large mesure privilégié les taxes (de même que les permis négociables)¹. Les taxes ont beaucoup d'avantages : efficacité économique, performance environnementale, augmentation des recettes publiques et transparence. Pour que tous ces effets se concrétisent, il faut néanmoins tenir compte de certaines considérations liées à leur conception et d'aspects tenant à l'économie politique. La fiscalité environnementale peut être utilisée et l'est effectivement dans de nombreuses circonstances : mise en décharge ou incinération des déchets, polluants atmosphériques locaux et au niveau mondial, rejets dans l'eau, pour ne citer que ces exemples.

Si l'on devait résumer ce chapitre à quatre recommandations sur l'utilisation de la fiscalité environnementale, celles-ci seraient les suivantes :

- même si les taxes ne sont pas l'unique instrument disponible, elles doivent être considérées comme un élément essentiel de la politique de l'environnement ;
- les bases d'imposition doivent être aussi larges que possible et comporter peu d'exceptions, voire aucune ;
- les pouvoirs publics ne devraient pas craindre de fixer des taux d'imposition qui permettront d'atteindre l'objectif environnemental poursuivi, surtout si la taxe frappe directement le polluant visé ; et
- les préoccupations en matière de répartition des revenus et de compétitivité suscitées par la fiscalité environnementale sont certes importantes, mais doivent être si possible gérées indépendamment de la taxe elle-même.

5.1. Pourquoi des taxes ?

Dans une économie non réglementée, l'environnement subit des atteintes parce que le marché n'incite pas les entreprises et les ménages à s'abstenir de polluer : polluer n'entraîne aucun coût direct. En raison de la complexité même des problèmes environnementaux, les victimes de la pollution (au moment présent et dans le futur) ne peuvent pas se regrouper pour contraindre les pollueurs à payer². Il s'ensuit que la plupart des problèmes environnementaux ne sont pas réglés, ce qui ouvre la voie à l'intervention des pouvoirs publics.

Les pouvoirs publics ont à leur disposition toute une panoplie d'instruments de politique environnementale. Par le passé, ils avaient principalement recours à des dispositifs dits de « réglementation contraignante ». Ces instruments réglementaires

(normes, interdictions, etc.) sont généralement impératifs et peuvent être étroitement ciblés (plafonds d'émissions et utilisation obligatoire de certaines technologies dans des secteurs d'activité en particulier, par exemple). Ces dernières décennies, l'utilisation d'instruments économiques (comme les taxes et les permis négociables) a suscité un intérêt accru, notamment parmi les pays de l'OCDE. Ces deux méthodes sont normalement utilisées en lien avec d'autres mesures environnementales telles que les campagnes d'information destinées à faire changer les habitudes de consommation (par exemple, le système d'étiquette relative à la consommation de carburant de l'Union européenne pour les voitures particulières) et les politiques de recherche-développement (R-D) visant à encourager les innovations environnementales.

Pourquoi les taxes occupent-elles une place de plus en plus prépondérante dans les politiques de l'environnement des pays? Premièrement, les taxes sur les émissions effectives (qui sont en fait relativement rares dans la réalité) offrent aux pollueurs l'éventail de solutions de réduction de la pollution le plus large qui soit. Au lieu de mettre l'accent sur un seul type de déterminant de la pollution (par exemple rendre obligatoire un type de combustible plus propre), les taxes sur les émissions ouvrent diverses possibilités d'atténuation. N'importe quelle mesure de lutte contre la pollution qui serait encouragée par un instrument normatif le serait également par une taxe, parallèlement à toute autre mesure permettant de réduire les émissions (efficacité énergétique, baisse de la production, procédés de production plus propres). Cet élargissement de l'éventail d'options d'atténuation peut amener les entreprises et les citoyens à rechercher les solutions les moins coûteuses.

Deuxièmement, des taxes bien conçues n'établissent pas de discrimination entre les diverses sources de pollution. De nombreuses mesures fondées sur une réglementation contraignante i) sont sectorielles (production d'électricité, transports, agriculture, etc.) ou ii) appliquent les mêmes normes à toutes les entreprises (réduction de 90 % des émissions provenant de cheminées, par exemple). Étant donné que le marché décèle les meilleures solutions pour réduire la pollution, les informations dont les pouvoirs publics ont besoin pour établir des taxes sont beaucoup moins nombreuses que dans le cas d'une approche sectorielle. À cet égard, la fiscalité environnementale présente deux avantages économiques majeurs par rapport à la plupart des autres instruments possibles. Premièrement, elle crée un gain d'efficacité statique, c'est-à-dire que les mesures les plus abordables pour réduire la pollution sont prises en premier, ce qui permet d'atteindre un objectif environnemental donné au coût le plus bas possible pour la société. Deuxièmement, la fiscalité crée un gain d'efficacité dynamique : l'incitation à lutter contre la pollution existe à tous les niveaux d'émissions même après qu'une réduction importante a pu être obtenue. La situation est inversée avec les plafonds d'émissions fixés par réglementation, par exemple, puisqu'une fois la limite réglementaire atteinte, il n'existe pas d'autre incitation à moins polluer.

Troisièmement, les taxes bien conçues peuvent offrir une grande transparence en ce sens qu'on sait clairement quels biens sont taxés et quels pollueurs sont exemptés (le cas échéant). L'élément critique est la base d'imposition, qui doit être aussi proche que possible du polluant effectif (ou d'un substitut proche de celui-ci). Même si certaines approches réglementaires ont quasiment la même base qu'une taxe, ce n'est pas le cas pour beaucoup d'entre elles. Par ailleurs, les instruments de nature non fiscale ne mettent pas toujours en évidence le coût pour chaque pollueur puisqu'ils ne permettent pas de distinguer l'incidence de la mesure en question sur chaque pollueur et de la comparer

entre les pollueurs. La marge de manœuvre laissée aux pouvoirs publics constitue un autre sujet de préoccupation. Dans le cas des taxes liées à l'environnement, le pouvoir discrétionnaire laissé aux agents de l'administration publique pour atténuer les effets sur certaines branches d'activité ou catégories d'individus est limité puisque les taux réduits ou les exemptions sont en général bien visibles. D'autres approches telles que les stratégies réglementaires sectorielles ou les accords négociés permettent de favoriser certains secteurs d'activité ou certains groupes de manière moins transparente.

Enfin, les taxes ont des conséquences positives sur l'innovation. En augmentant le coût de la pollution, elles incitent à mettre au point de nouvelles innovations et à les adopter. Elles favorisent également des types d'innovations plus variés. La mise au point et l'utilisation de ces innovations abaissent le coût global pour la société des mesures prises pour remédier aux problèmes environnementaux.

Très souvent, ces aspects positifs font des taxes la meilleure solution par rapport à d'autres instruments d'action. Cependant, on peut aussi recourir aux mesures fiscales pour subventionner des biens ou des comportements respectueux de l'environnement, comme les produits « verts », par des exonérations de taxes sur les ventes ou de TVA sur les appareils économes en énergie ou des plans d'amortissement plus favorables pour certains biens d'équipement. Au lieu d'augmenter le prix du bien polluant, ces dépenses fiscales s'attachent à abaisser le prix du produit plus propre. Les économistes sont généralement réticents à soutenir les aides (Metcalf, 2009a) pour les raisons suivantes :

- Premièrement, les dépenses fiscales et les subventions peuvent susciter une consommation supplémentaire de biens ou de services dommageables pour l'environnement en diminuant leur coût. En baissant le coût moyen pour les entreprises (ou le coût après impôts pour les consommateurs), elles peuvent créer des incitations perverses à produire ou consommer et donc à polluer³.
- Deuxièmement, il est difficile de concevoir des aides ayant pour seul objet d'induire de nouveaux comportements. Les aides visent en majorité des activités qui auraient de toute façon été menées, ce qui réduit l'efficacité des dépenses liées au programme.
- Enfin, en cherchant à promouvoir des comportements non préjudiciables à l'environnement, le ciblage de l'instrument d'action est moins précis. Étant donné qu'il existe des milliers, sinon des millions de possibilités de limiter les comportements dommageables à l'environnement, il peut être difficile de déterminer avec précision ce qui doit être subventionné.

Par ailleurs, les États peuvent également utiliser des réglementations telles que des normes d'émissions, des normes en faveur des énergies renouvelables, des prescriptions technologiques et bien d'autres dispositions. Une prescription qui oblige Y entreprises à adopter une technologie Z de lutte contre la pollution (en général la meilleure technologie qui existe) présente certains avantages : la prévision des résultats est très élevée, les coûts sont relativement certains et la mise en œuvre peut être assez simple. Cependant, les instruments normatifs n'entraînent pas en général de gains d'efficacité statique et dynamique. Le coût d'accomplissement de la dernière unité de réduction de pollution est en général différent entre les pollueurs, ce qui implique que les coûts totaux ne sont pas minimisés. Si l'on assigne des limites à chaque pollueur, il n'y a aucun avantage à polluer moins que la limite prescrite ou à adopter une technologie plus performante que celle prévue par la réglementation. En conséquence, les incitations en faveur de l'innovation sont plus faibles (et sont nulles dès lors que les entreprises se sont conformées à la

réglementation). En outre, elles sont souvent plus étroitement ciblées, laissant moins de marge de manœuvre pour réduire la pollution et innover.

Les coûts liés au suivi jouent un rôle important dans le choix du meilleur instrument d'action. Par exemple, les carburants constituent une base d'imposition relativement simple pour prélever des taxes sur le carbone puisque la pollution future est déterminée par la quantité de carburant consommée⁴. Toutefois, dans les cas où les coûts de suivi sont plus élevés (faute de lien entre les substituts facilement taxés et les caractéristiques d'émissions de la plupart des polluants), l'utilisation de taxes se justifie moins. Par ailleurs, les taxes risquent de ne pas être suffisamment souples pour apporter une réponse adaptée à une pollution dont l'incidence diffère d'un lieu à l'autre, comme les émissions provoquant une pollution atmosphérique locale ou qui causent des problèmes uniquement temporaires.

Enfin, il faut mentionner que la certitude du résultat peut être moindre avec des taxes qu'avec d'autres instruments d'action (l'importance de ce facteur varie en fonction de l'étendue des problèmes et de l'existence de points de basculement). Les décideurs s'efforcent d'évaluer l'impact des taxes sur la pollution mais ne peuvent pas appréhender pleinement leur incidence sur les comportements. Par conséquent, il peut être nécessaire de réviser les taux d'imposition dès qu'on dispose d'informations complémentaires concernant les effets sur les comportements. D'autres instruments d'action tels que les permis négociables ont un résultat garanti (par la fixation d'un plafond d'émissions), mais les coûts engendrés sont plus incertains.

5.2. Rendre efficace la fiscalité environnementale

L'instauration d'une fiscalité environnementale exige d'examiner soigneusement plusieurs facteurs. Mal conçues, les taxes peuvent avoir des effets limités voire négatifs sur les performances environnementales et économiques. Cette section présente dans les grandes lignes les principaux éléments à prendre en considération pour déterminer les modalités optimales de mise en œuvre d'une taxe « verte ».

5.2.1. Définir la base d'imposition

L'élément qui sert de base de calcul de la taxe est le principal déterminant de l'efficacité de l'action menée. Succinctement, il faut taxer d'une manière aussi directe que possible le polluant ou l'acte à l'origine du préjudice environnemental car cela incite à lutter contre la pollution quelle que soit la solution retenue. La réduction s'opère par i) des procédés de production plus propres, comme la diminution de la consommation de combustible par unité de production ou la réduction des émissions de NO_x par unité de combustible consommé, ii) une atténuation de la pollution en bout de chaîne par des mesures permettant de capter et neutraliser les émissions avant qu'elles ne pénètrent dans l'environnement, iii) des produits complètement nouveaux tels que des peintures dégageant moins de vapeurs et iv) des baisses de production. Renoncer à taxer l'activité polluante proprement dite revient à restreindre les solutions de lutte contre la pollution, par exemple si la taxe est prélevée sur un bien intermédiaire comme le charbon. Dans ce cas, la taxe sur le charbon qui vise les émissions de soufre aura pour seul effet de promouvoir un nombre limité de solutions, comme un recours restreint au charbon ou l'emploi de charbon ayant une teneur inférieure en soufre. Des mesures en bout de chaîne ou des procédés de production plus propres auraient une incidence sur les émissions de soufre mais n'apporteraient aucun avantage financier à l'entreprise. Dans d'autres cas

comme celui des carburants automobiles, les émissions de carbone dans l'atmosphère sont étroitement liées à la consommation de carburant et les solutions en bout de chaîne sont peu nombreuses, de sorte que le carburant automobile est un substitut très efficace pour la taxation des émissions de CO₂.

Un autre problème posé par les taxes sur les biens intermédiaires est que la taxe implicite sur le polluant n'est pas nécessairement transparente et peut être différente selon les carburants ou les activités. Dans plusieurs pays, les « taxes carbone » prélevées ont des taux implicites différents pour le charbon, l'essence, le gazole, etc. en raison de diverses considérations tenant à l'économie politique. Cette approche, source de nombreuses distorsions, peut nuire à l'efficacité des taxes carbone en encourageant une réduction excessive dans des secteurs particuliers ou pour des combustibles particuliers, voire même encourager le passage à des combustibles plus polluants. Elle peut également saper la confiance dans l'équité et l'efficacité de la politique environnementale.

5.2.2. Fixer le taux de la taxe

Le taux de la taxe doit correspondre à la valeur, pour la collectivité, du dommage causé par le polluant et à la nécessité pour les pouvoirs publics de collecter des recettes. Cette définition tient compte du fait que, dans une économie non réglementée, les pollueurs ne sont pas taxés pour les dommages causés ou leur surexploitation de l'environnement. Certains de ces dommages sont relativement faciles à mesurer, comme les répercussions des rejets d'eaux usées non traitées sur la valeur de récoltes d'huîtres ou des pluies acides sur la productivité des exploitations forestières. Si le préjudice concerne un élément dont la valeur marchande n'est pas clairement définie, son processus d'évaluation peut être beaucoup plus difficile : quelle est la valeur d'un air plus propre, d'une plus grande biodiversité ou de conditions climatiques moins versatiles? En même temps, il faut tenir compte des effets de l'impact écologique sur la morbidité et la mortalité humaines⁵. Ces analyses contiennent des calculs implicites concernant la valeur de la vie humaine (et ses aspects qualitatifs). La situation est beaucoup plus simple si, par exemple, un résultat environnemental spécifique est visé (par exemple 550 ppm CO₂e pour le changement climatique) car le taux d'imposition peut alors être défini implicitement afin d'atteindre cet objectif⁶.

En outre, les bases d'imposition utilisées pour le calcul des taxes liées à l'environnement sont généralement liées à des problèmes qui ne concernent pas l'environnement. Les polluants atmosphériques locaux émis par les véhicules à moteur, par exemple, peuvent causer des problèmes respiratoires aux personnes résidant dans ces zones, et le temps perdu à cause des embouteillages a des répercussions économiques négatives. Ces autres extrants laissent penser que le niveau général des taxes calculées sur des bases liées à l'environnement (comme le carburant automobile) devrait être supérieur à la seule valeur estimée du dommage environnemental pour la collectivité. Il devrait se rapprocher de l'effet cumulé de l'ensemble de ces externalités.

Les États prélèvent aussi des taxes à seule fin de percevoir des recettes et de financer des dépenses publiques. De nombreuses taxes liées à l'environnement (celles sur les carburants et les véhicules à moteur méritent d'être citées) sont d'excellents candidats à un tel objectif, car leurs taux n'auront vraisemblablement pas beaucoup d'effets sur les comportements, la demande étant inélastique⁷. L'utilisation de taxes préaffectées (destinées à financer des activités particulières telles que les taxes sur les carburants qui

financent l'entretien des autoroutes) doit également être prise en compte, bien que ces taxes soient simplement des redevances d'utilisation sous-optimales.

Hormis les taxes sur les véhicules à moteur et sur les carburants, le produit des taxes liées à l'environnement dans les pays de l'OCDE est en général relativement faible, et leur taux est le plus souvent très inférieur à la valeur des dommages correspondants. C'est pourquoi peu de pays de l'OCDE sont susceptibles de réviser à la baisse des taxes environnementales trop élevées. On constate cependant une tendance à prélever des taxes très élevées sur certains biens intermédiaires polluants, comme les véhicules à moteur (voir le chapitre 2). L'écart de taux d'imposition entre différents pays est également frappant, comme par exemple la taxe suédoise sur les émissions de NO_x⁸ fixée à 4150 EUR par tonne, contre 105 EUR pour la taxe italienne.

Par contre, d'autres instruments d'action liés à l'environnement, comme les rabais octroyés aux consommateurs, ont en général un coût implicite beaucoup plus élevé par unité de pollution évitée, qui peut largement dépasser la valeur d'une taxe optimale. Selon une étude portant sur les pays européens, la baisse du taux de TVA sur les appareils ménagers économes en énergie modifierait les habitudes de consommation au détriment des modèles gourmands en énergie (Commission européenne, 2008). En appliquant le taux de TVA réduit aux réfrigérateurs économes en énergie on obtiendrait, sur une durée de vie moyenne de quinze ans, une diminution des émissions de CO₂ de 1.6 million de tonnes. Il en coûterait 119 millions EUR de manque à gagner fiscal, ce qui signifie que le prix du carbone serait de 73 EUR la tonne de CO₂. Pour les congélateurs, le prix implicite du carbone est 25 EUR par tonne de CO₂, tandis que pour les machines à laver il est très élevé, soit 167 EUR la tonne de CO₂⁹. Il faut néanmoins souligner que les baisses d'émissions obtenues dans le cadre d'un dispositif d'échange de droits d'émissions (comme pour l'électricité dans l'Union européenne) sont entièrement compensées par des augmentations d'émissions ailleurs, dès lors que le plafond d'émissions est fixe. Par conséquent, les baisses de taux analysées n'entraîneraient pas de réduction des émissions de CO₂, alors que les recettes fiscales chuteraient.

5.2.3. Fournir des incitations cohérentes

Il est important de veiller à ce que la taxe liée à l'environnement génère les mêmes incitations à réduire la pollution pour chaque unité de pollution afin que les entreprises et les ménages adoptent une stratégie d'atténuation optimale. Des taxes homogènes favorisent une réduction de la pollution à la source la plus efficace. Néanmoins, certains facteurs doivent être pris en compte concernant l'impact de ces taxes sur certains pollueurs, comme les ménages à faible revenu ou les entreprises très polluantes et exposées aux échanges internationaux. Par exemple, des taux minorés sont parfois appliqués lorsque le niveau de consommation ou de pollution est faible, ce qui réduit les incitations marginales pour certains mais pas pour d'autres (pour des raisons sociales, par exemple)¹⁰. Ces structures d'incitations hétérogènes renchérissent les coûts globaux de réalisation d'un objectif environnemental, étant donné que certains pollueurs prennent une part disproportionnée aux efforts de réduction de la pollution. Les pouvoirs publics doivent donc veiller à choisir une base d'imposition aussi large que possible.

5.2.4. Faciliter la prévisibilité et la crédibilité des politiques en général

La politique environnementale, et notamment la fiscalité, peut influencer sur la réduction de la pollution par deux biais : réponses comportementales et réponses

structurelles. Les réponses comportementales interviennent principalement à court terme en réaction aux prix, aux taxes et à d'autres stimuli. Les entreprises peuvent réduire leur production et les consommateurs peuvent opter pour des activités moins polluantes, comme le covoiturage ou une baisse de la température des pièces. Si ces stimuli sont réduits, les agents économiques peuvent renouer facilement avec leurs habitudes antérieures, sans coût ou effort notable.

En revanche, les réponses structurelles sont très différentes. En général, ces réponses prennent davantage de temps et peuvent exiger un effort considérable d'analyse approfondie et d'implication. Que des familles remplacent un véhicule à essence par un véhicule hybride, que des entreprises investissent dans des technologies et réorganisent leurs processus de production ou que des fonds de capital-risque investissent dans de jeunes entreprises dans le secteur des énergies de substitution, leur décision dépend essentiellement de leurs attentes et hypothèses à long terme. Le facteur prix à long terme est la principale considération dans un grand nombre de ces décisions. Outre le niveau initial de la taxe, la prévisibilité du taux et la crédibilité de l'action menée (c'est-à-dire si elle est susceptible d'être poursuivie à moyen et long termes) sont essentielles pour prendre des décisions avisées. Bien sûr, l'absence de prévisibilité et de crédibilité peut avoir des conséquences marquées et négatives sur les efforts d'innovation et de réduction de la pollution. La taxe japonaise sur les émissions de SO_x constitue un exemple qui donne à réfléchir quant à ses effets sur l'innovation (voir la Section I).

Même si la prévisibilité est un critère important dans les décisions d'investissement et de réduction de la pollution à long terme, cela ne veut pas dire que les taux d'imposition doivent être immuables. Une fois fixés, les taux devraient continuer de refléter une série de facteurs, notamment : l'inflation et la croissance économique réelle (étant donné que la fiscalité environnementale prend essentiellement la forme de droits d'accise), l'évolution des préférences des citoyens en faveur de la protection de l'environnement et l'incidence de l'innovation sur le coût de la lutte contre la pollution. Ceci étant, le processus de révision des taux suppose une transparence afin que les pollueurs comprennent bien quels sont les déterminants potentiels et le calendrier des futures modifications. Par exemple, le Danemark a introduit un élément de ce type : les droits d'accise dont la base est liée à l'environnement sont désormais systématiquement indexés sur l'inflation, ce qui supprime la nécessité d'effectuer des ajustements ponctuels à des intervalles en général irréguliers.

Il est important de noter que les taxes sont stables par nature, sauf si elles sont modifiées officiellement par les décideurs. Les permis négociables, en revanche, peuvent afficher une volatilité de prix nettement plus forte en contrepartie d'une certitude quant au résultat environnemental. Néanmoins, les marchés secondaires, dès lors qu'ils fonctionnent bien, fournissent aux entreprises des instruments financiers pour se protéger de la volatilité des prix à l'avenir. Les prix plafond ou plancher entre lesquels les prix des permis peuvent fluctuer librement constituent un autre mécanisme qui offre une prévisibilité supplémentaire.

5.3. Utiliser les recettes générées

Contrairement à d'autres instruments d'action, la fiscalité environnementale (comme les permis négociables) génère des recettes publiques. Comme l'indique le chapitre 2, les taxes environnementales sont rarement à l'origine de recettes importantes et ne peuvent

pas être considérées comme une source de revenu majeure; un petit nombre de taxes et de redevances (les taxes sur le CO₂ et sur l'automobile – carburant, véhicules et péages) procure l'essentiel des recettes de la fiscalité environnementale. Ceci étant, les taxes liées à l'environnement représentent 5 % environ du total des recettes budgétaires dans les pays de l'OCDE. En outre, elles ont pour objet de restreindre la base d'imposition, contrairement à la plupart des autres taxes qui s'efforcent d'accroître les recettes tout en évitant au maximum de créer des distorsions dans les bases d'imposition. Comme les recettes sont généralement faibles et tendent à diminuer à mesure que la performance environnementale s'améliore, les pouvoirs publics doivent être prudents lorsqu'ils établissent leurs hypothèses de recettes en misant sur la fiscalité environnementale pour assainir les finances publiques sur le long terme.

Néanmoins, le recours accru aux taxes liées à l'environnement et aux enchères de permis négociables, notamment pour relever des défis tels que le changement climatique, a vraisemblablement des conséquences non négligeables sur les recettes publiques à moyen terme. À quoi les pouvoirs publics devraient-ils employer ces recettes supplémentaires? L'idée d'indemniser les principales victimes des atteintes à l'environnement est conforme au principe même de justice et à l'un des objectifs des taxes, à savoir corriger les externalités. Pourtant, mesurer l'impact spécifique d'un dommage environnemental causé par plusieurs polluants est extrêmement complexe; de nombreux enjeux environnementaux comportent des aspects qui touchent aux biens publics, ce qui laisse penser que les taxes devraient compenser la perte de biens publics et l'augmentation des coûts liés aux hôpitaux, à la réhabilitation, etc. De nombreux problèmes environnementaux comportent aussi d'importants aspects intergénérationnels (par exemple, les émissions de CO₂ d'aujourd'hui auront probablement des répercussions non négligeables sur les citoyens dans 200 à 300 ans). De toute évidence, le principe du pollueur-payeur conduit à penser que les pollueurs sont les derniers à mériter un dédommagement.

À défaut, ces recettes doivent recevoir le même traitement que les autres recettes fiscales : elles ne doivent pas être préaffectées et doivent être versées aux recettes des administrations publiques. Les gouvernants pourront ensuite utiliser ces produits pour augmenter les dépenses publiques générales dans d'autres domaines, maintenir les niveaux de dépenses, résorber la dette ou réduire d'autres taxes. Étant donné que la situation budgétaire des États commence seulement à se redresser après la crise financière et compte tenu des déficits accumulés ces dernières années, la nécessité de dégager des recettes fiscales supplémentaires peut être impérieuse. Il sera sans doute plus facile, politiquement parlant, de lever des taxes environnementales que d'augmenter d'autres d'impôts.

À un certain moment, la possibilité que la fiscalité environnementale puisse dégager un « double dividende » a suscité beaucoup d'intérêt. D'une part, l'instauration de taxes « vertes » générerait des gains environnementaux. D'autre part, les recettes obtenues pourraient servir à atténuer les effets des distorsions existantes dans le régime fiscal (par exemple, par une baisse des taux de l'impôt sur le revenu des personnes physiques et de l'impôt sur les sociétés). Comme l'a résumé Metcalf (2009b), ces idées, bien que fort séduisantes, négligent le fait que la perception de taxes liées à l'environnement peut par exemple fausser l'offre de main-d'œuvre de la même manière que les impôts sur la consommation¹¹.

Les politiques publiques antérieures ayant déjà provoqué des distorsions dans l'économie, instaurer de nouvelles taxes liées à l'environnement risque d'accentuer ces distorsions et d'avoir des effets pervers sur la croissance économique. Utiliser une partie de ces recettes pour atténuer ces distorsions, en abaissant par exemple les taux de l'impôt sur le revenu des personnes physiques et de l'impôt sur les sociétés, peut contribuer à compenser des effets involontaires de la fiscalité environnementale sur l'économie, tout en créant un code des impôts plus efficient.

Du point de vue de l'économie politique, la baisse d'autres impôts peut faciliter l'acceptation de taxes liées à l'environnement. Très souvent, les pouvoirs publics accompagnent l'annonce de nouvelles taxes liées à l'environnement de la réduction d'autres impôts. Dans le cas du Royaume-Uni et de la taxe sur le changement climatique, la taxe a été annoncée en même temps qu'une baisse de 0,3 % des taux de cotisations patronales de sécurité sociale. Dans d'autres pays, des mesures plus directes incluant l'envoi d'un chèque à tous les ménages ont accompagné l'introduction d'une taxe « verte », mais ces mesures n'ont sans doute pas d'effet sur d'autres distorsions dans l'économie. Les recettes peuvent également servir à neutraliser des effets plus directs de la fiscalité environnementale, comme sur la répartition des revenus, ainsi que l'explique la section qui suit.

5.4. Surmonter les difficultés liées à la mise en œuvre des taxes environnementales

Les recommandations indiquées plus haut donnent l'image d'un monde où il serait relativement facile de prélever des taxes, ce qui implique que les décideurs disposent d'informations exhaustives et fiables, que les coûts d'administration des impôts sont faibles et que les problèmes liés à l'économie politique (plus spécialement les problèmes de répartition des revenus et de compétitivité sectorielle) sont pratiquement inexistantes. Cependant, il est rare que de telles conditions existent dans le monde réel. Les responsables doivent décider des modalités de mise en œuvre des taxes dans un environnement qui n'est pas optimal. Les sections qui suivent décrivent ces difficultés et les méthodes permettant de surmonter certaines d'entre elles.

5.4.1. Répondre aux préoccupations en matière de répartition des revenus

La production d'énergie à partir de combustibles et son utilisation constituent l'une des principales sources de pollution (et sur lesquelles la fiscalité 'environnementale peut prélever le plus de recettes), puisqu'elles émettent du carbone et des polluants atmosphériques locaux. En même temps, l'énergie est essentielle pour les ménages et peut représenter une partie importante de leur budget. L'augmentation des taxes sur les émissions liées à la combustion peut avoir de lourdes conséquences pour les personnes qui se situent au bas de l'échelle des revenus. Il en va largement de même pour la consommation d'eau. Ces deux domaines sont certes considérables, mais la plupart des autres bases d'imposition liées à l'environnement ne représentent qu'une faible proportion de la consommation globale et ont vraisemblablement peu d'impact sur la répartition des revenus.

De toute évidence, les pouvoirs publics ne doivent pas ignorer les répercussions des taxes liées à l'environnement sur la répartition des revenus. Par conséquent, toute une série de mécanismes ont été intégrés aux taxes environnementales afin d'atténuer ces effets. Certaines taxes évitent complètement le problème en exonérant tous les ménages,

comme la taxe sur le changement climatique au Royaume-Uni. D'autres tentent de cibler les régions en difficulté, comme l'application d'une taxe à taux réduit sur le gaz naturel en Italie du Sud. Un barème progressif en fonction de la consommation est souvent appliqué à l'eau et l'électricité, qui prévoit des taux réduits pour la consommation « indispensable » et des taux pleins sur la consommation au-delà de ce seuil.

Vouloir utiliser les taxes à la fois pour relever les défis environnementaux et remédier aux effets préjudiciables sur la répartition des revenus, c'est prendre le risque de n'atteindre aucun de ces deux résultats. Ces concessions ont en général pour effet de réduire les incitations à lutter contre la pollution. Une tarification progressive ou des taux minorés, par exemple, encouragent moins les comportements respectueux de l'environnement et sont contraires au principe du pollueur-payeur. Par ailleurs, ces dispositifs sont souvent de piètres moyens de remédier aux problèmes de répartition des revenus, dans la mesure où les personnes aisées ont tendance à consommer plus de carburant. Ces mesures « progressives » ont parfois un effet régressif.

C'est pourquoi les décideurs ne devraient pas nécessairement se préoccuper des effets des politiques et des taxes spécifiques sur la répartition des revenus, mais plutôt des aspects redistributifs de la politique publique en général¹². Cela signifie qu'il est souvent préférable d'intégrer les mesures destinées à atténuer le caractère éventuellement régressif de certaines taxes écologiques dans des dispositifs plus vastes, comme une baisse de l'impôt sur le revenu des personnes physiques, des aides supplémentaires aux bas revenus ou même l'octroi de « chèques verts » à certains citoyens ou à tous. Ces mesures peuvent faciliter l'administration de la taxe (mais risquent d'accroître la complexité globale) et s'appuyer sur les plateformes mises en place pour corriger les inégalités de revenu tout en supprimant les distorsions dans la conception de la taxe susceptibles d'avoir des effets négatifs tant économiques qu'environnementaux.

5.4.2. Prendre en compte les problèmes de compétitivité

En cherchant à protéger l'environnement, la fiscalité environnementale vise, par définition, à fausser les décisions de production et à pénaliser fortement les pollueurs. Dans une économie fermée, les facteurs de production et le comportement des consommateurs évolueraient afin d'atteindre les résultats environnementaux prévus. Dans le monde moderne, le concept d'économie fermée, sans échanges internationaux, est une aberration. La capacité de faire du commerce au-delà des frontières implique que, pour un large éventail de biens et de services, les facteurs de production sont également très mobiles. Une fiscalité liée à l'environnement appliquant des taux élevés et frappant certains secteurs de manière disproportionnée risque d'inciter ces entreprises à se relocaliser, tout en continuant d'importer les biens et les services. Ces phénomènes peuvent être économiquement préjudiciables et générer un gain environnemental minime. Dans le contexte de la lutte contre le changement climatique, cet effet est parfois appelé « fuites de carbone ».

La méthode qui est de loin la plus efficace pour minimiser les risques de fuites de carbone est de coordonner les politiques environnementales entre les pays. En étendant le champ d'application des politiques, on réduit les possibilités de relocalisation et les fuites diminuent rapidement. Même si la coordination n'est que parcellaire, de nombreux facteurs influent sur les décisions d'implantation des entreprises : les taux généraux d'imposition, la proximité des marchés, le climat des affaires et l'accès à une main-d'œuvre compétente en sont quelques-uns. Les politiques de l'environnement ne sont

qu'un facteur parmi d'autres. L'OCDE (2009) estime que si l'Union européenne devait agir seule pour réduire de 50 % les niveaux d'émissions de 2005 d'ici à 2050, les fuites de carbone seraient de 11.5 %. Si tous les pays de l'Annexe I du Protocole de Kyoto¹³ prenaient des mesures pour atteindre cet objectif (ce qui exclut notamment le Brésil, l'Inde et la Chine), les fuites ne seraient que de 1.7 % en 2050. La coordination internationale, même imparfaite, est la solution optimale.

Le Système communautaire d'échange de quotas d'émissions (SCEQE) unifie les politiques climatiques d'un grand nombre de pays pour les principaux émetteurs, mais l'incidence de cette fiscalité suscite des inquiétudes dans d'autres pays et dans des secteurs actuellement exclus du système. Face à ces préoccupations, les pays adoptent des stratégies diverses visant à limiter la pollution afin d'atténuer les effets de la fiscalité environnementale sur la compétitivité sectorielle, tout en sachant que de telles mesures sont contraires au principe du pollueur-payeur.

Toutefois, hormis les polluants ayant une dimension mondiale, il y a beaucoup moins d'arguments en faveur d'une action internationale coordonnée visant les polluants de nature plus locale, comme le NO_x et le SO_x. Étant donné que le taux d'imposition optimal varie d'un pays à l'autre et même entre différentes régions d'un même pays (puisque, par exemple, l'incidence d'une pollution locale peut varier en fonction du niveau existant de pollution, de la densité démographique et des conditions climatiques locales), un mécanisme coordonné serait probablement moins réactif à ces effets et ne résoudrait pas les problèmes de compétitivité d'industries situées dans des régions où les taux d'imposition sont ou devraient être plus élevés.

L'un des moyens de remédier aux problèmes de compétitivité sectorielle en limitant au maximum les distorsions est d'accorder un délai aux entreprises touchées pour qu'elles prennent des mesures de lutte contre la pollution. Étant donné que les investissements de capital ont une longue durée de vie économique et ne peuvent pas être remplacés rapidement, une taxe écologique annoncée et mise en œuvre relativement rapidement peut pénaliser des entreprises pour des décisions prises dans le passé et qui sont à l'origine des émissions actuelles. Un délai de mise en place peut donner du temps aux entreprises pour restructurer leurs activités et acquérir de nouveaux équipements sans être pénalisées par des décisions antérieures. Cependant, les délais ne doivent pas être trop longs puisque l'adoption de technologies prêtes à l'emploi peut être très rapide : avec l'instauration d'une taxe sur les NO_x en Suède, le taux des entreprises ayant adopté une technologie de réduction de la pollution est passé de 7 % à 62 % en un an. Une tarification progressive sur un laps de temps donné peut également alléger la charge initiale de la taxe et offrir une souplesse supplémentaire aux entreprises pour investir dans des activités de R-D ou de lutte contre la pollution afin de réduire au maximum les paiements à effectuer à l'avenir. La crédibilité de l'engagement de relever progressivement le taux jusqu'au niveau normal est essentielle.

Certains pays s'emploient à créer des mécanismes avantageux pour les entreprises. Dans des domaines où le produit des taxes écologiques est reversé aux entreprises touchées (sur une base différente de la collecte), l'incitation marginale à réduire la pollution est généralement maintenue; cependant, l'entreprise moyenne est un peu moins bien lotie du point de vue des coûts et des bénéfices. Cela signifie que ce type de mécanisme viole le principe du pollueur-payeur, car le prix d'achat des produits très polluants n'augmente pas. Il y a seulement une contraction de l'offre de biens du même

type qui sont relativement plus polluants. Pour ceux qui sont relativement moins polluants (qui continuent toutefois à beaucoup polluer), les coûts de production sont de fait subventionnés.

D'autres mesures sont été largement utilisées. Les baisses de taux et les exemptions en faveur des gros consommateurs d'énergie ne font que transférer à d'autres une partie du fardeau de réduction de la pollution ou génèrent un résultat environnemental moins bon. Les décideurs doivent se rappeler que les mesures destinées à atténuer l'impact de la fiscalité environnementale sur certaines entreprises ou certains secteurs sont une aide implicite en faveur d'activités polluantes et contraignent d'autres secteurs à faire des efforts supplémentaires ou à financer ces aides en acquittant des impôts plus élevés. Elles peuvent même modifier les habitudes de consommation au détriment d'activités moins dommageables pour l'environnement (taxées au taux normal) en faveur d'activités plus polluantes (peu taxées).

Enfin, une réponse possible aux problèmes de compétitivité sectorielle et aux fuites de carbone est d'établir un système de droits de douane. Les taxes dites d'ajustement aux frontières sont considérées comme un instrument compensatoire s'appliquant aux produits provenant de pays exportateurs qui ont des politiques environnementales moins rigoureuses que le pays importateur. Ce dispositif préconise de prélever des droits de douane sur certains produits afin de compenser les effets économiques induits par les différences de politiques de l'environnement. Les biens nationaux et importés seraient alors placés sur un pied d'égalité. Même si, intellectuellement parlant, ces mesures sont séduisantes et peuvent être conformes aux règles du commerce international de l'Organisation mondiale du commerce, les questions de mise en œuvre pratique en font un sujet épineux. Quel que soit le pays considéré, les politiques environnementales sont complexes, incluent de nombreux instruments d'action et dépendent des structures économiques en place; par conséquent, il est difficile de les comparer à celles des pays importateurs et de fixer un chiffre compensatoire pour des milliers de codes d'importation (assorti le cas échéant de variantes en fonction de l'entreprise). D'autre part, de telles mesures risquent d'entraver le dialogue international en vue de libéraliser les échanges. À mesure que la coordination se renforce, ces mesures perdront beaucoup de leur intérêt du fait que les fuites de carbone diminueront considérablement.

5.4.3. Simplifier l'administration fiscale

L'infrastructure, la paperasserie et l'effort humain nécessaires pour gérer et contrôler le respect de la législation fiscale sont considérables. À ce titre, la charge administrative qui pèse sur les États et les contribuables doit être soigneusement évaluée. Par ailleurs, la complexité du système qui résulte du grand nombre de contribuables ou d'exemptions diverses peut favoriser la fraude fiscale.

Comme l'indiquent les paragraphes précédents, l'idéal est de prélever les taxes écologiques sur les activités polluantes proprement dites. Dans certains cas, l'administration fiscale peut être gênée par le fait que les sources de pollution sont nombreuses et diffuses. La mise en place de systèmes de suivi, d'une collecte de données et d'une administration fiscale sur de telles bases peut représenter un effort énorme. Les progrès technologiques, source d'améliorations et de réduction des coûts de mise en œuvre, rendent ce type de solutions plus réaliste, comme l'illustre le système de tarification routière envisagé aux Pays-Bas.

Néanmoins, le type de polluant peut jouer un rôle important pour la question de savoir si la pollution doit être taxée à la source ou s'il existe des possibilités de minimiser le fardeau de l'administration fiscale en portant le point d'incidence de la taxe dans la chaîne de l'offre à un niveau où le nombre de contribuables potentiels et les risques de fraude fiscale sont moindres. Lorsque le type d'activité à l'origine du polluant n'a pas d'influence sur le niveau de pollution, il peut être beaucoup plus simple de taxer les biens intermédiaires, sans compromettre le résultat environnemental. Par exemple, les émissions de carbone sont directement liées au type de combustible utilisé; le mode de combustion (pour une consommation donnée) n'a pas d'effet sur les émissions de CO₂, sauf dans le cas du captage et du stockage du carbone (qui sont peu probables pour les petits émetteurs mobiles de carbone tels que les véhicules). Ainsi, il est beaucoup plus facile de taxer le carburant à la raffinerie ou au niveau du commerce de gros que d'opérer un suivi des émissions des différents véhicules. Pour d'autres polluants, si le processus de combustion fait partie des éléments qui déterminent les niveaux d'émissions (par exemple pour les émissions de NO_x), prélever la taxe à des niveaux plus élevés se ferait au détriment des résultats environnementaux.

Par ailleurs, le chevauchement de multiples instruments visant les mêmes émissions peut créer une duplication des coûts de conformité, outre les éventuelles conséquences négatives sur le plan économique et environnemental décrites dans la section 5.5.

5.4.4. Instaurer la confiance et communiquer sur le projet

En dépit des considérations théoriques en faveur des taxes vertes, leur adoption a parfois suscité de sérieuses inquiétudes parmi les citoyens concernant leur impact et les objectifs poursuivis. Comme on l'a vu, les préoccupations concernant la distribution des revenus et la compétitivité ont soumis les décideurs à de lourdes pressions. Par ailleurs, le public s'est souvent montré sceptique quant au but des taxes (un simple alourdissement de la fiscalité sous couvert de taxes vertes) ou inquiet quant aux conséquences économiques sur des activités essentielles.

Amorçant un revirement au milieu des années 90, plusieurs pays européens ont entrepris d'importantes « réformes fiscales écologiques » avec des degrés divers de réussite. Dans tous les cas de figure, leur mise en œuvre ne s'est pas faite sans heurts et les obstacles ont été nombreux. Les évaluations effectuées par des groupes de réflexion concernant la réforme fiscale écologique au Danemark (Klok, 2006), en Allemagne (Beuermann et Santarius, 2006), au Royaume-Uni (Dresner, 2006) et en France (Debroubaix et Lévêque, 2006), ainsi qu'en Irlande (Clinch et Dunne, 2006), où une réforme de ce type n'a pas eu lieu, révèlent l'existence de nombreux points communs entre les pays.

Premièrement, on constate une méconnaissance du dispositif dans son ensemble. Deuxièmement, les citoyens étaient très sceptiques sur le fait que les gouvernements utiliseraient les fonds collectés pour diminuer d'autres impôts et considéraient plutôt que la réforme fiscale écologique était une façon déguisée d'alourdir la charge fiscale globale. Certains estimaient également que l'adoption (ou l'augmentation) des taxes environnementales ne devait pas automatiquement conduire à abaisser d'autres taxes et qu'il valait mieux utiliser les recettes à des fins environnementales. Ces questions continueront certainement d'occuper les pouvoirs publics à l'avenir.

Ces éléments semblent indiquer que des mesures d'atténuation préventives peuvent faciliter la mise en œuvre de mesures de cette nature. Le recours à des commissions sur la

réforme fiscale verte, conduites par des citoyens appréciés et indépendants, permet de faire en sorte que les orientations préconisées soient perçues comme crédibles et non pas modelées par des objectifs politiques. Par ailleurs, des campagnes d'information ouvertes, transparentes et bien conçues permettent de sensibiliser les citoyens et les entreprises aux conséquences potentielles du passage à des régimes fiscaux plus favorables à l'environnement.

5.5. La fiscalité environnementale ne peut pas être la seule réponse

En dépit des avantages notables que procure la fiscalité environnementale, elle ne peut pas, à elle seule, produire le résultat escompté. L'existence de blocages et de distorsions dans l'économie peut empêcher un résultat optimum. Il peut alors être nécessaire de recourir à d'autres instruments d'action afin d'obtenir une panoplie optimale. Trois exemples ci-après servent d'illustration.

Premièrement, les consommateurs ne sont pas toujours bien informés de l'impact de leurs achats sur l'environnement (et de la charge future en termes de prix ou de fiscalité) par le seul jeu des mécanismes de marché. C'est vrai, en général, pour une large gamme de biens, notamment le gros électroménager. Ainsi, l'instauration d'une taxe sur l'énergie ne provoque pas systématiquement un changement de comportement ou d'habitude de consommation, tout simplement parce que les consommateurs ne perçoivent pas le lien entre cette taxe et leur facture de services publics. Pour surmonter ce problème d'information, les pouvoirs publics peuvent organiser des campagnes qui diffusent des informations faciles à comprendre et comparent la consommation d'énergie de tous les modèles.

Deuxièmement, les incitations qui ne jouent pas à plein peuvent limiter les gains de performance environnementale. L'exemple classique est celui des propriétaires et locataires concernant les économies d'eau et d'énergie. Les locataires qui paient les factures de services publics sont incités à réduire au maximum la consommation d'énergie. Or, de nombreuses options pour y parvenir relèvent de la responsabilité du propriétaire : isolation, remplacement de vieilles fenêtres, etc. Si le propriétaire ne paie pas les factures énergétiques, il est moins incité à investir dans ces améliorations; pour le locataire, ces investissements sont rarement rentables compte tenu du caractère transitoire de la location. En pareils cas, les taxes n'auraient pas autant d'effet que dans le cas d'un propriétaire occupant son logement; les codes de la construction peuvent être plus efficaces.

Troisièmement, l'innovation joue un rôle capital d'amélioration des résultats environnementaux à moindre coût. La fiscalité environnementale peut encourager l'adoption et la mise au point d'innovations prêtes à être commercialisées; toutefois, le régime fiscal ne sera probablement pas un moteur suffisant pour élaborer les technologies radicalement nouvelles qui conduisent à des améliorations environnementales radicales. Ces projets à long terme de nature plus fondamentale comportent beaucoup d'incertitudes pour les investisseurs et une haute probabilité d'échec. Dans ce cas, il faut éventuellement compléter les taxes par des investissements ciblés dans la R-D fondamentale.

Comme on l'a vu, une combinaison d'instruments peut jouer un rôle important à condition qu'ils se renforcent mutuellement et n'aient pas d'effets dissuasifs similaires sur la même activité dommageable pour l'environnement. Si les instruments se chevauchent, ils peuvent avoir un effet négligeable ou fausser les décisions d'innover ou de lutter contre

la pollution, avec pour conséquence une moindre efficacité globale de la politique de l'environnement. Dans de nombreux pays de l'OCDE, plusieurs instruments d'action visent les mêmes polluants. L'utilisation des taxes carbone et de systèmes d'échange de permis d'émissions est un cas de figure très fréquent. L'emploi de deux instruments peut produire de bons résultats environnementaux dès lors que ces instruments concernent des sources différentes, par exemple si les permis négociables concernent les émissions provenant de sources fixes et les taxes carbone visent les transports. Si les instruments se chevauchent parfaitement, le prix du permis négociable est minoré d'un montant qui correspond exactement au taux de la taxe¹⁴. Pour cette raison, augmenter les taux des taxes n'a pas d'effet global sur les émissions, sauf s'ils sont suffisamment élevés pour constituer de fait un prix plancher. Si le chevauchement entre les secteurs est imparfait, l'augmentation des taxes peut conduire certains secteurs à prendre des mesures d'atténuation supplémentaires (et probablement moins efficaces), tandis que d'autres secteurs ne le feront pas. Ainsi, l'adoption du SCEQE a incité le gouvernement danois à supprimer les taxes carbone sur les émissions également couvertes par ce dispositif à partir de 2010.

5.6. Conclusions

La fiscalité environnementale a un rôle important à jouer pour faire face aux problèmes environnementaux, surtout au regard d'autres types d'instruments. Les taxes peuvent être extrêmement efficaces, à condition qu'elles soient bien conçues, prélevées aussi près que possible du polluant ou de l'activité dommageable pour l'environnement, assises sur toutes les sources de pollution et fixées à un taux approprié. Les recettes générées peuvent servir à assainir les finances publiques ou à réduire d'autres impôts. Par ailleurs, il peut s'avérer nécessaire d'associer les taxes à d'autres instruments pour obtenir un ensemble complet de mesures environnementales. Les coûts administratifs et les obstacles à surmonter peuvent nécessiter de cibler des substituts aux activités dommageables à l'environnement. Enfin, l'instauration de taxes écologiques peut accentuer les problèmes de distribution des revenus et de compétitivité, mais des solutions doivent être trouvées dans la sphère non fiscale. Par conséquent, les taxes environnementales doivent être au centre de la politique de l'environnement menée par les pays, mais elles ne suffisent pas toujours à remédier efficacement à tous les problèmes environnementaux ni à surmonter certaines difficultés de mise en œuvre.

Notes

1. Pour une analyse des similitudes entre les taxes et les permis négociables, voir l'encadré 3.4.
2. Du point de vue théorique, ce serait le théorème de Coase. Voir la note n° 3 dans le chapitre 1 pour plus d'informations.
3. L'exemple classique est celui des aides ou réductions de taxes en faveur des appareils économes en énergie. La diminution du prix d'un climatiseur économe en énergie, par exemple, encourage les consommateurs à renoncer aux modèles gourmands en énergie. Toutefois, baisser le prix des climatiseurs encourage également l'utilisation de climatiseurs au détriment d'autres solutions (qui ont peut-être moins d'impact sur l'environnement).
4. Toutefois, avec les nouvelles technologies de bout de chaîne telles que le captage et le stockage du carbone, ce lien risque d'être de moins en moins réel.
5. Pour des informations plus détaillées sur les travaux consacrés à la valeur économique des effets de la pollution sur la morbidité ainsi qu'une méta-analyse des estimations de la « valeur statistique de la vie », se référer à OCDE (2010a) et (2010b).

6. Il n'existe cependant aucune garantie qu'a priori l'objectif environnemental soit défini de manière optimale.
7. Ces bases d'imposition peuvent également être corrélées à des éléments que les pouvoirs publics ont du mal à taxer (les loisirs, par exemple), ce qui laisse penser que le taux de la taxe est plus élevé que ne le justifie la seule composante environnementale. Par exemple, West et Williams (2007) montrent que la consommation d'essence est liée aux activités de loisirs que les pouvoirs publics considèrent en général comme difficiles à taxer. Dans leur scénario, les taxes doivent se rapprocher de leur niveau actuel aux États-Unis, indépendamment des problèmes d'externalités existants. En revanche, la consommation de carburant peut avoir des effets sur l'offre de main-d'œuvre, et notamment sur sa mobilité, et il peut donc être important de maintenir les taxes à un faible niveau.
8. La taxe suédoise sur les émissions de NO_x est remboursée, de sorte que l'effet net de la taxe est moins prononcé et les contraintes de mise en œuvre liées à l'économie politique sont moins pesantes. Le taux appliqué en Suède, qui n'est pas basé sur des estimations du dommage marginal, est environ le double de celui de la taxe norvégienne sur les NO_x (non remboursée) basé pour sa part sur des estimations du dommage marginal.
9. Ces chiffres sont bien sûr très spécifiques au pays concerné, et varient en fonction du niveau des prix, des taux de TVA normaux et réduits et de la part respective des différentes sources d'énergie dans la production d'électricité.
10. Une méthode consiste à établir des tranches d'imposition, notamment pour les biens de consommation comme les appareils électroménagers et les véhicules à moteur. Même si ces structures fiscales adressent aux consommateurs un message plus clair, elles peuvent aussi réduire les incitations à adopter un comportement plus respectueux de l'environnement. Dans ces dispositifs, où les taux d'imposition (en général un taux forfaitaire pour chaque tranche) varient en fonction de la performance environnementale, les options de réduction marginale sont faussées. La taxe est plus incitative entre les tranches qu'à l'intérieur. Si les tranches sont larges, il n'y a guère d'incitations à passer d'une tranche à une autre. Une famille nombreuse ne décidera probablement pas d'acheter une très petite voiture au lieu d'un monospace, mais pourra être intéressée par un monospace moins polluant; les taxes qui s'appliquent uniquement à un petit nombre de tranches peuvent ne pas créer ces incitations marginales.
11. Dans cette analyse, la taxe environnementale optimale serait divisée par le coût marginal des fonds. Le coût marginal des fonds est l'effet sur l'économie du prélèvement d'une unité de recette fiscale. Compte tenu des distorsions créées en général par les dispositifs fiscaux, ce niveau est généralement supérieur à un (c'est-à-dire qu'une unité de recette fiscale retirée de l'économie a un coût supérieur à une unité injectée dans l'économie).
12. Il convient de mentionner que d'autres instruments de la politique environnementale comportent également des aspects liés à la distribution des revenus mais qui sont en général moins visibles que ceux des taxes. Sutherland (2003) montre par exemple que les normes d'efficacité énergétique aux États-Unis étaient régressives. Le coût initial des appareils a augmenté mais étant donné que le taux d'actualisation des ménages à faible revenu est en général beaucoup plus élevé que celui des ménages plus aisés, les ménages à faible revenu ont été touchés de manière disproportionnée, avec des répercussions sur leur bien-être.
13. Les pays de l'Annexe I comprennent tous les membres de l'Union européenne (sauf Chypre et Malte) plus l'Australie, le Bélarus, le Canada, la Croatie, les États-Unis, l'Islande, le Japon, le Lichtenstein, Monaco, la Nouvelle-Zélande, la Norvège, la Russie, la Suisse, la Turquie et l'Ukraine.
14. Cela peut être souhaitable si les permis sont distribués gratuitement et la taxe tente de récupérer une partie des gains inattendus perçus par les entreprises polluantes.

Références

- Beuermann, Christiane et Tilman Santarius (2006), « Ecological Tax Reform in Germany: Handling Two Hot Potatoes at the Same Time », *Energy Policy*, 34(8), pp. 917-929.
- Clinch, J. Peter et Louise Dunne (2006), « Environmental Tax Reform: An Assessment of Social Responses in Ireland », *Energy Policy*, 34(8), pp. 950-959.
- Commission européenne (2008), « The Use of Differential VAT Rates to Promote Changes in Consumption and Innovation », 25 juin 2008, disponible à l'adresse http://ec.europa.eu/environment/enveco/taxation/pdf/vat_final.pdf.

- Debroubaix, José-Frédéric et François Lévêque (2006), « The Rise and Fall of French Ecological Tax Reform: Social Acceptability versus Political Feasibility in the Energy Tax Implementation Process », *Energy Policy*, 34(8), pp. 940-949.
- Dresner, Simon, Tim Jackson et Nigel Gilbert (2006), « History and Social Responses to Environmental Tax Reform in the United Kingdom », *Energy Policy*, 34(8), pp. 930-939.
- Klok, Jacob, et al. (2006), « Ecological Tax Reform in Denmark: History and Social Acceptability », *Energy Policy*, 34(8), pp. 905-916.
- Metcalf, Gilbert (2009a), « Tax Policies for Low-Carbon Technologies », document de travail du NBER n° 15054.
- Metcalf, Gilbert (2009b), « Environmental Taxation: What Have We Learned this Decade? » dans Alan D. Viard (éd.), *Tax Policy Lessons from the 2000s*, American Enterprise Institute for Public Policy Research, Washington DC., disponible à l'adresse www.aei.org/docLib/9780844742786.pdf.
- OCDE (2009), *Économie de la lutte contre le changement climatique : Politiques et options pour une action globale au-delà de 2012*, OCDE, Paris, www.oecd-ilibrary.org/fr/environment/economie-de-la-lutte-contre-le-changement-climatique_9789264073913-fr.
- OCDE (2010a), « Valuing Lives Saved from Environmental, Transport and Health Policies: A Meta-Analysis of Stated Preference Studies », disponible à l'adresse [www.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/env-epoc-wpnep\(2008\)10-final](http://www.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/env-epoc-wpnep(2008)10-final).
- OCDE (2010b), « A Review of Recent Policy-Relevant Findings from the Environmental Health Literature », OCDE, Paris, disponible à l'adresse [www.oecd.org/olis/2009doc.nsf/LinkTo/NT00008EBA/\\$FILE/JT03278752.PDF](http://www.oecd.org/olis/2009doc.nsf/LinkTo/NT00008EBA/$FILE/JT03278752.PDF).
- Sutherland, Ronald J. (2003), « The High Costs of Federal Energy Efficiency Standards for Residential Appliances », *Policy Analysis*, numéro 504, Cato Institute: Washington, DC, disponible à l'adresse www.cato.org/pub_display.php?pub_id=1362.
- West, Sarah E. et Robertson C. Williams III (2007), « Optimal Taxation and Cross-Price Effects on Labour Supply: Estimates of the Optimal Gas Tax », *Journal of Public Economics*, 91, pp. 593-617.

Études de cas

(disponible en anglais)*

* *Annexe D* : La taxe suisse sur les composés organiques volatils est disponible en français à l'adresse suivante <http://dx.doi.org/10.1787/888932341119>.

ANNEXE A

Sweden's Charge on NO_x Emissions

This case study outlines the tax on NO_x emissions in Sweden, implemented in 1992. The tax rate is very high compared to other OECD jurisdictions but nearly the full amount is refunded to firms. Through a number of metrics, it was found that the tax did have significant impacts on innovation. Many of these were process innovations that made the firms' existing operations less pollution intensive, even for firms not adopting capital-based abatement strategies. This case study also includes a theoretical exposition of the impact of the recycling mechanism on the incentives for innovation.

Rationale for the environmental policy

Sweden implemented a charge on emissions of NO_x emitted from all stationary combustion sources producing at least 50 MWh of useful energy per year, starting in 1992. The decision was part of an overall strategy to reduce overall NO_x emissions in the country by 30% between 1980 and 1995. Quantitative emission limits had already been introduced in 1988 on an individual basis for stationary combustion plants; however, it soon became apparent that these measures alone would not be enough to attain the desired reductions. The NO_x charge was introduced as a complementary instrument.

Design features

The charge came into effect on 1 January 1992 and initially about 200 plants were regulated (those with energy output greater than 50 MWh). Due to its effectiveness and falling monitoring costs, the charge was extended, first in 1996, to about 270 plants producing at least 40 MWh useful energy per year, and then from 1997 onwards to about 400 plants producing at least 25 MWh useful energy per year. Currently, all stationary combustion plants are subject to the NO_x charge if they produce above the energy output threshold and belong to any of the following sectors: power and heat production, chemical industry, waste incineration, metal manufacturing, pulp and paper, food and wood industry. Exempt from the charge due to concerns about unfeasibly high costs are, for example, the cement and lime industry, coke production, the mining industry, refineries, blast-furnaces, the glass and insulation material industry, wood board production, and the processing of biofuel.

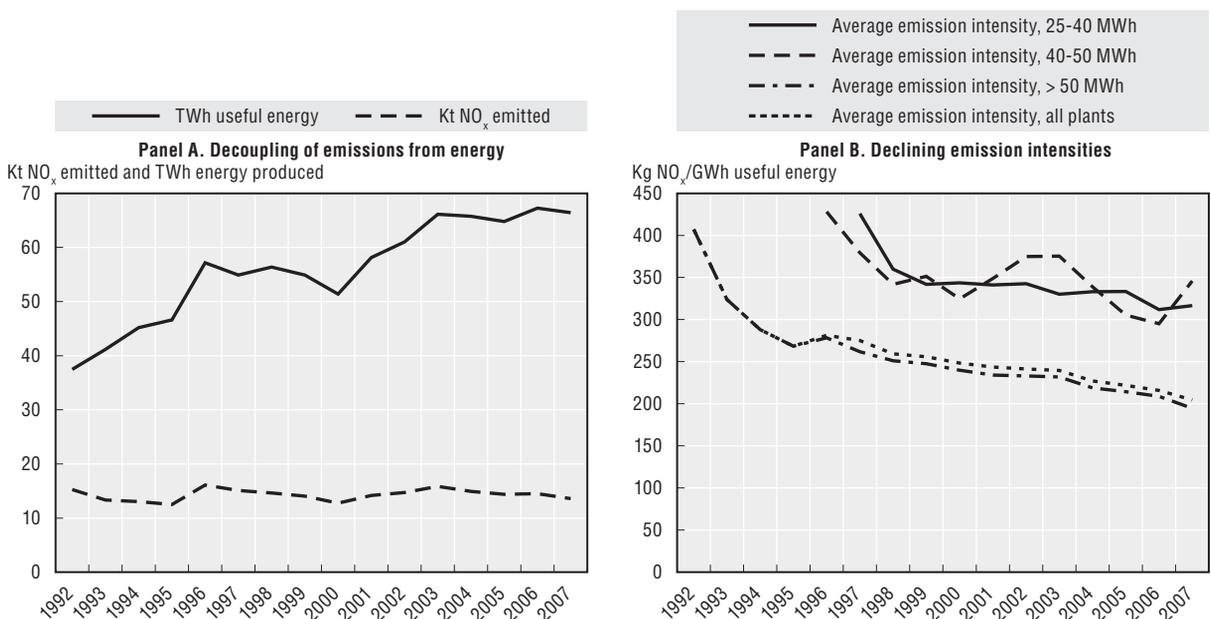
The NO_x charge was given a unique design. Plants pay a fixed charge per kg NO_x emitted and the revenues are entirely (except for an administration fee of less than 1% withheld by the regulator) refunded to the paying plants in relation to their respective fraction of total useful energy produced. The design encourages abatement among plants for attaining the lowest NO_x emissions per amount of useful energy produced relative to other plants. The result is that firms having an emissions intensity at the average of all other firms will pay no net tax; relatively cleaner plants will receive a net refund while dirtier plants will pay a net tax.

There were a number of reasons for the Swedish Environmental Protection Agency (SEPA) to use a refundable charge. First, continuous monitoring of NO_x emissions was considered important due to the complex formation of NO_x throughout the combustion process; however, it entails high monitoring costs (making it feasible only to target large combustion plants). Therefore, it was a way to counteract the effects of distorted competitiveness between the large regulated and the smaller unregulated plants. Second, refunding helped to avoid strong political resistance from emitters and thereby facilitated a charge level high enough to attain significant effects on emissions.¹

Environmental effectiveness

The NO_x charge has provided significant environmental benefits since its introduction. The first panel of Figure A.1 shows how NO_x emissions from regulated plants have been decoupled from increases in energy production. The second panel of Figure A.1 shows the development of NO_x emissions per unit of useful energy produced (i.e. emission intensity) for regulated plants. Overall emission intensity among regulated plants fell by 50% between 1992 and 2007. Larger plants have managed to reduce average emission intensities to 194 kg NO_x per GWh in 2007, which is less than the average of 330 kg NO_x per GWh achieved by plants producing 25-50 MWh useful energy per year. This is probably a

Figure A.1. Effectiveness of Swedish charge on NO_x emissions



Source: SEPA (2008).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317502>

result of large producers being able to exploit economies of scale, but also a consequence of the nature of the available NO_x abatement technology, which is characterised by indivisibility and high costs for the most effective types of technology.

It should be noted that the NO_x charge level of SEK 40 per kg NO_x was kept constant in nominal terms between 1992 and 2006, leading to an effective depreciation of around 25% in real terms. Such a cut in the incentive effect of the charge may have contributed to the levelling off of the fall in emission intensities that can be observed in later years. After 2006, the tax was increased to SEK 50 per kg NO_x.

Effects on innovation

From a technology point of view, the introduction of the charge created a strong incentive for the immediate adoption of existing abatement technologies. As seen in Table A.1, there is a significant jump in firms utilising established technologies, as rates of technology usage go from 7% to 62% in the first year alone. These comprise both post-combustion technologies [such as selective catalytic reduction (SCR) and selective non-catalytic reduction (SNCR)] and combustion technologies, such as trimming.

Table A.1. **Adoption of NO_x mitigation technology in Sweden**
Plants regulated by the Swedish NO_x charge, 1992-2007

	Output threshold (MWh per year)	Number of regulated plants	Fraction of plants with NO _x technology installed					Flue gas condensation (%)
			Plants with NO _x mitigation (%)	Post-combustion technology		Combustion technology		
				SCR (%)	SNCR (%)	Trimming (%)	Other (%)	
1992	50	182	7	1	3	0	3	3
1993	50	190	62	3	21	18	30	4
1994	50	203	68	5	26	21	36	4
1995	50	210	72	5	30	22	40	4
1996	40	274	69	5	25	22	40	19
1997	25	371	60	3	22	17	39	19
1998	25	374	62	3	23	19	39	21
1999	25	375	65	3	24	20	43	23
2000	25	364	69	4	26	21	47	26
2001	25	393	67	3	25	20	47	30
2002	25	393	71	4	26	20	50	33
2003	25	414	70	5	26	20	48	32
2004	25	405	70	4	28	19	49	34
2005	25	411	69	5	30	18	47	34
2006	25	427	72	6	32	19	47	34
2007	25	415	71	6	33	18	46	34

Source: SEPA (2008).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318110>

In addition to technology adoption, the Swedish charge induced innovation. Three methods were used to ascertain the innovation effects: patent data analysis, emission intensity analysis and marginal abatement cost curves.

Patent data analysis

Counting the number of patent applications filed for NO_x mitigation technologies can give an indication of changes in the incentives for developing this type of technology. It should, however, be stressed that the number of patent applications is not a direct measure

of innovation levels, since the relative importance of different patents is highly variable and a single patent may be more important in terms of NO_x abatement than dozens of others. Furthermore, not all granted patents are brought into use and only innovations to which exclusive rights can be clearly defined are possible to protect through patents. As many innovations in NO_x mitigation technology take place through small alterations in the combustion process, without additional installations of physical equipment, the analysis of patent data is limited in its scope to indicate incentives to develop NO_x mitigation technology. Moreover, patent levels for such specific innovations in small countries can lead to very low levels of patenting.

Table A.2 shows that Sweden has been quite active in NO_x technology development, ranking among the top four countries of patents per million inhabitants. What is most striking is the significant increase in patenting in Sweden during the 1988-93 period – exactly when the charge was being discussed and implemented. Two different hypotheses could explain this phenomenon. First is that the introduction of a charge of a high magnitude spurs incentives to engage in R&D in NO_x abatement technology. Alternatively is that the decision to set a high charge level was made possible by an existence of effective Swedish NO_x abatement technology. This is a political economy argument that suggests lobbying, or at least interaction, between the innovating firms and the decision makers. Conclusive evidence of either hypothesis is not available and would require a much more detailed analysis of each individual patent.

Table A.2. NO_x patent applications across countries
Innovations in NO_x technologies by inventor country

	Number of patents 1970-2006 by country of residence of inventor			Average number of patents per year measured per million inhabitants			
	Total	<i>of which:</i> Combustion technology (%)	<i>of which:</i> Post-combustion technology (%)	1970-2006	1970-87	1988-93	1994-2006
Austria	20.3	27	73	0.071	0.062	0.147	0.047
Australia	1	0	100	0.001	0	0	0.004
Belgium	4	0	100	0.011	0.008	0.017	0.011
Canada	14.7	20	80	0.014	0.007	0.022	0.020
Czech Republic	2	0	100	0.005	0	0	0.015
Denmark	10.5	19	81	0.055	0.049	0.194	0
Finland	15.6	19	81	0.083	0	0.144	0.146
France	54.8	35	65	0.026	0.015	0.032	0.039
Germany	353	28	72	0.120	0.131	0.164	0.085
Italy	20.5	41	59	0.010	0	0.023	0.012
Japan	289	11	89	0.066	0.072	0.063	0.060
Korea	9.3	14	86	0.005	0	0.004	0.014
Netherlands	12.5	40	60	0.023	0.014	0.033	0.030
Norway	6	75	25	0.037	0	0.040	0.086
Russian Federation (incl. USSR)	5	20	80	0.001	0.000	0.001	0.002
Spain	2.2	0	100	0.001	0	0.004	0.002
Sweden	24.3	47	53	0.076	0.033	0.223	0.067
Switzerland	58.5	69	31	0.232	0.138	0.587	0.197
United Kingdom	47	24	76	0.022	0.017	0.021	0.029
United States	269.6	33	67	0.028	0.020	0.049	0.029
Other countries	10.1	30	70	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
World	1 230	27	73	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Source: Worldwide Patent Database (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318129>

It is important to keep in mind that the patent values are quite low – as seen in Table A.2, over the 36-year period 1970-2006, only 24.3 patents can be attributed to Sweden, less than one per year. Moreover, emissions from plants regulated by the Swedish NO_x charge are not significant from an international perspective. In fact, they only make up less than 1% of total emissions from stationary sources (power plants and industrial boilers) in the 19 European Union member states that have ratified the Gothenburg Protocol and thereby committed to NO_x emission reductions. Thus, if mitigation technology developed in Sweden is primarily intended for an international market, the introduction of the NO_x charge is unlikely to affect invention activity levels. If, however, inventions are primarily driven by the specific needs of the domestic market, invention activity levels can be affected by the charge. It is possible that inventions first intended for the regulated Swedish market with its high abatement incentives, spill over and become adopted on the broader international market.

Emission intensity analysis

Table A.3 presents the results of the largest power generators with respect to annual changes in emission intensities. From an innovation and technology development perspective, this is interesting because of the moderate, continuous declines in average emission intensities that can be observed from 1997 onwards in both pre-mitigation (firms which did not make capital installations to address post-combustion emissions) and post-mitigation plants (firms that did). In 1997, the large plants had been regulated by the NO_x charge for five years and plant engineers should have had enough time to adopt and try out existing technology to find the most efficient NO_x emission intensity level for their individual plant. If it is assumed that this is the case,² explanations other than investments in existing mitigation

Table A.3. Plants subject to the NO_x tax: Descriptive statistics

Sample of pre-mitigation and post-mitigation plants, larger than 50 MWh

	Pre-mitigation plants > 50 MWh				Post-mitigation plants > 50 MWh			
	Number of plants	Weighted average emission intensity	Annual change in emission intensity (%)	TWh useful energy produced	Number of plants	Weighted average emission intensity	Annual change in emission intensity (%)	TWh useful energy produced
1992	168	402	..	34.5	12	438	..	2.7
1993	72	345	-14	13.2	117	309	-29	27.7
1994	68	294	-15	12.9	131	279	-10	31.9
1995	75	279	-5	12.2	133	260	-7	34.1
1996	92	327	17	13.6	154	260	0	41.6
1997	86	298	-9	14.0	146	242	-7	35.6
1998	93	301	1	13.1	153	229	-5	38.4
1999	97	289	-4	16.1	145	221	-3	33.8
2000	70	277	-4	10.7	165	225	2	35.8
2001	74	260	-6	11.9	177	221	-2	40.5
2002	82	258	-1	13.1	189	221	0	43.1
2003	89	255	-1	13.7	198	219	-1	47.3
2004	85	252	-1	13.6	189	204	-7	46.8
2005	85	242	-4	14.1	192	200	-2	45.3
2006	81	249	3	12.0	200	193	-3	49.1
2007	79	234	-6	12.2	191	181	-6	48.3
Average 1997-2007			-2.9				-3.2	

Source: SEPA (2008).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318148>

technology need to be found to explain why emission intensities for this group of plants continue to fall and, in particular, why they continue to fall both for plants that report to have undertaken mitigation measures and for plants that report no NO_x mitigation measures. Three main explanations are presented:

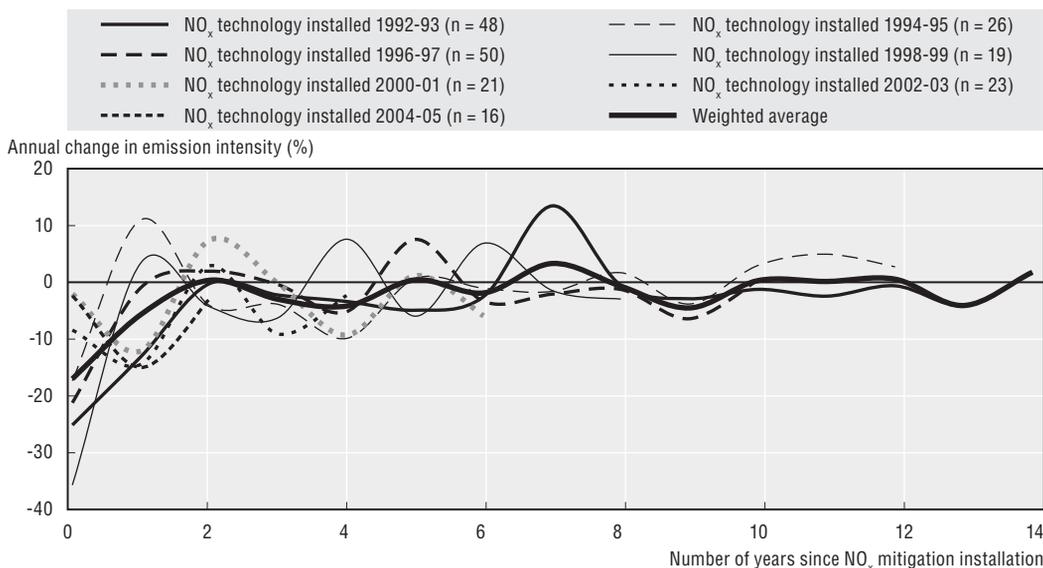
- Plants improved their performance without investing in new equipment, *e.g.* by learning better to control NO_x formation, by optimising the various parameters in the combustion process given the boundaries of the existing physical technology, or by changing routines and firm organisation. Such changes in the non-physical mitigation technology show up as a fall in emission intensity in both sets of plants.
- Plants improved the efficiency of physical mitigation installations: by adopting mitigation technologies at a later point in time, they were able to attain lower emission intensities than those having invested at the beginning of the period.
- The realisation of the full mitigation potential of an investment in physical mitigation equipment may not have been immediate, but may have required testing and learning that took several years before working optimally.

The first two explanations are effects of innovations both in physical mitigation technology and non-physical mitigation technology. The last explanation is a mere effect of that it may take more than a year of phasing in and testing before an investment in existing technology becomes fully efficient. If this effect can be separated out, the residual would be the effect on emission intensity that (with some plausibility) can be referred to as effect of innovations in mitigation technology.

Figure A.2 shows the annual adjustment in emission intensity levels following an installation in NO_x abatement. The analysed sample includes those plants that have only reported one installation during the period 1992-2007 and the installation should be SCR,

Figure A.2. Changes in NO_x emission intensities

Annual change in emission intensity level following a NO_x mitigation installation



Note: Only plants that have made investments in SCR, SNCR or combustion technology at one occasion in time included (n = 216, *i.e.* 50% of plants > 50 MWh).

Source: SEPA (2008).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317521>

SNCR or installations in physical combustion technology. The adjustment is relatively rapid. On average, emission intensities drop by 17% in the first year and 6% in the second year after installation of a NO_x mitigation technology. After the first two years, the average annual change revolves around zero with an average annual drop of 0.9%. Thus, the phase-in of a new technology, including testing and learning how to use it optimally, appears to take one to two years. After the phase-in period, additional gains from optimising the existing technology are limited and slow and may well be the effects of innovations in non-physical mitigation technology like trimming.

Therefore, the continuous fall in average emission intensity that can be observed for large plants from 1997 onwards in both the pre-mitigation and post-mitigation group of plants cannot be explained by long adjustment periods that drag on for many years before the phasing in and testing of installations in physical mitigation technology are completed. Instead, much of the annual decline in emission intensity of 2.9% in pre-mitigation plants and 3.2% in post-mitigation plants is likely to come from improved knowledge about how existing technology should be run more efficiently and adoption of innovated mitigation equipment. For pre-mitigation plants, the entire improvement in emission efficiency can be linked to innovations in non-physical mitigation technology. For post-mitigation plants, the continuous decline of -3.2% per year after 1997 is partly (*i.e.* by -0.9% per year) explained by improved knowledge about how to operate existing SCR, SNCR and combustion technology installations more efficiently and partly by adoption of innovated physical mitigation technology.

In the analysis above, it is not possible to visualise the evolution of emission intensity in individual plants. However, of interest is whether it is typically the same plants that improve their performance or whether emission intensity varies strongly from one year to the next for the same plant. Figure A.3 plots the average emission intensity of the plants in 2006-07 against the average emission intensity in 1992-93 for a set of 137 large plants that were regulated by the NO_x charge in both periods. The dots situated to the right of the 45-degree line ($e_{2006-07} = e_{1992-93}$) have lowered emission intensity levels between the two periods. As expected, a majority of plants (76%) is in this category. Only a few units have significantly worsened their emissions in relation to output between the two periods.

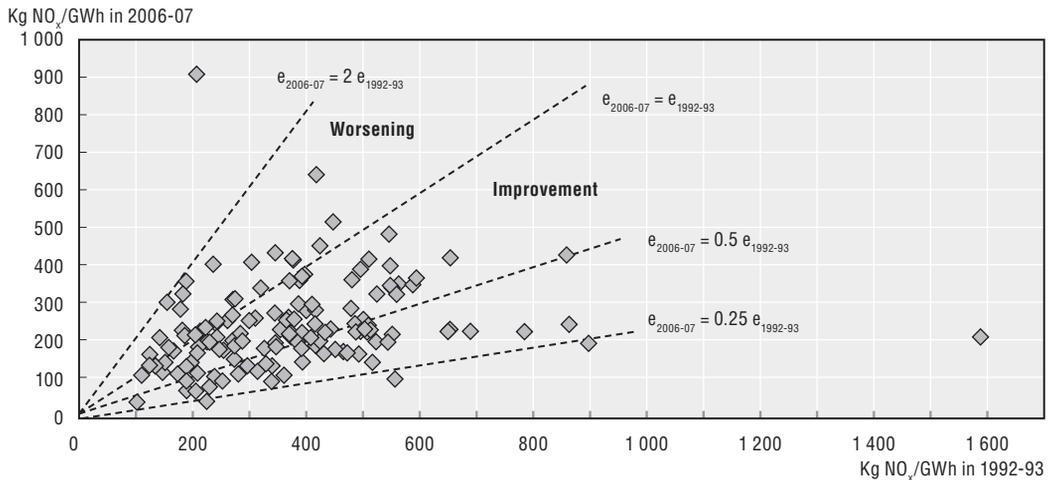
Roughly half of the plants reduced emission intensity by up to 50%. Another third cut emission intensity by more than 50%, while four plants cut them by more than 75%. Two of these are oil fuelled plants that have installed SCR technology, while the other two have made major shifts from fossil to bio fuel. Every single plant with really high emission intensity in 1992-93 (> 600 kg NO_x per GWh) improved its performance, although their emission intensity levels in 2006-07 are still high relative plants starting from lower initial levels. This indicates a large spread between individual plants in the best performance levels that are technically attainable.

Increases in emission intensity were experienced by 24% of plants, but the increases were small – only for eight plants (*i.e.* 6%) did it exceed 50%. Of the 33 plants that had worsened the performance, nine of them had started from already low levels (< 250 kg NO_x per GWh) in 1992-93 and made slight increases (< 10%) in emission intensity.

Twenty-four plants remain that started from levels above 250 kg NO_x per GWh in 1992-93 and still worsened emissions per output in 2006-07. Seven of these plants did not report any installations of NO_x mitigation technology during the period 1992-2007, which may partly explain why these plants did not improve. For the other plants, the main reason for worsening performance appears to have been fuel switches from fossil fuels or

Figure A.3. **NO_x emission intensities at individual plants**

2006-07 relative to 1992-93



Source: SEPA (2008).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317540>

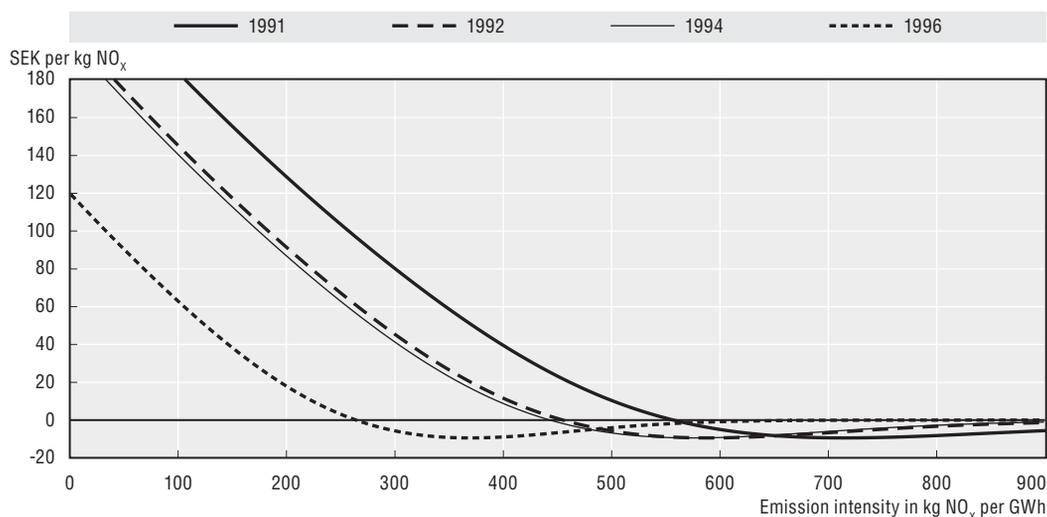
pure biofuels to less pure biofuels such as unsorted municipal waste, recycled wood, fat waste, unsorted residual products from forestry, and black liquor from pulp-and-paper production. Such fuels have higher nitrogen content and switches are generally driven by economic factors unrelated to the NO_x charge. For instance, some may have reacted to the rising costs of fossil fuels and emitting carbon. In some cases, they were using “alternative” biofuels that meet climate goals but are still significant sources of local pollutants like NO_x. In some cases, access to waste such as bark and other by-products was plentiful and their use as fuel was promoted by other policy initiatives.

Marginal abatement cost curves

The final indicator to investigate innovation impacts is the use of marginal abatement cost curves. If abatement cost savings for given emission intensity levels can be used as indicator for the occurrence of innovations in abatement technology, one could measure the incidence of innovations by measuring changes in abatement costs for given emission intensity levels over time. This, however, requires detailed information about actual investment and operation costs of abatement technologies from firms having actually installed the technologies. Systematic collection of this kind of abatement cost data is very rare.

The results of a survey of 114 plants regulated in 1992-96 provide a nice basis. Estimations were performed for three industrial sectors: energy, pulp-and-paper, and chemical and food. Innovation effects were measured as downward shifts of the marginal abatement cost curve from one year to the next. The energy sector had been most active in abatement during 1990-96 and only for this sector was it possible to find statistically significant evidence for falling marginal abatement costs over time. Compared to year 1996, marginal abatement costs were significantly higher for the same level of emission intensity in years 1991, 1992, and 1994. The predicted marginal abatement cost functions for these years are presented in Figure A.4. These show, for example, how the emission intensity attainable at zero abatement cost (i.e. the efficient abatement level without regulation) moves from 557 kg per GWh in 1991 to about 300 kg per GWh in 1996.

Figure A.4. **Declining marginal NO_x abatement cost curves**
For 55 plants in the energy sector regulated by the Swedish NO_x charge, 1992-96



Source: Höglund-Isaksson (2005).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317559>

This shift is likely to come from the adoption of innovations in abatement technology, which has made it possible to produce energy with less NO_x emissions without increasing costs. To a large extent, the effects occur because of trimming activities. The introduction of the charge revealed opportunities to pick “low-hanging fruit” in abatement. Some of these opportunities existed also before the introduction of the NO_x charge, but the charge, with its requirement to monitor NO_x emissions continuously, made it possible for firms to discover and develop them to attain even lower emission intensity levels.

For the other two sectors, pulp and paper and chemical and food, parameters measuring shifts in marginal abatement costs over time were not found significantly different from zero and could accordingly not show any evidence of innovation effects.

Conclusions

This case study has clearly shown that taxes are an important driver for innovation. The tax rates on emissions in Sweden were particularly high compared to other countries – likely achieved because of the refunding mechanism. Finding the linkages, however, required a range of approaches. In addition to patent data, analysis of marginal cost curves and emission intensities were central to highlighting the impacts. It is interesting to note as well that ongoing emissions reductions by firms occurred both for firms adopting (capital-based) abatement technologies and those not doing so, indicating that a significant amount of the abatement reduction was driven by cleaner production innovation, such as learning how to better optimise the existing capital stock.

This exposition also showed how the design of the tax – the refunding mechanism in particular – influenced the level of innovation (and by whom it may be undertaken). The greater the level of market concentration, the lower is the incentive for innovation, given the reduced refund payment associated with increased abatement. This finding can be extrapolated to the innovation impacts from collective investments in innovation under such a refunding mechanism.

For more information on the Swedish NO_x charge, the full version of the case study (OECD, 2009) is available at [www.oilis.oecd.org/oilis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2009\)8-final](http://www.oilis.oecd.org/oilis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2009)8-final).

Technical addendum: Specific impacts of refunding mechanisms

On environmental effectiveness

When a group of many small profit-maximising firms is regulated by an output-based refunded emission charge, the cost-minimising abatement level of the individual firm is when the marginal abatement cost equals the charge level (Sterner and Höglund, 2000). Each firm will minimise the sum of abatement costs and emission payments less refunds. With n regulated firms ($i = 1, \dots, n$), a representative firm j will minimise total cost C_j :

$$C_j = c_j(e_j, q_j) + te_j - t \frac{q_j}{\sum_i q_i} * \sum_i e_i \quad (1)$$

where e_j are emissions from firm j , q_j are firm j 's output, and t is the charge per unit pollutant emitted. Assuming an interior solution, the first order condition for a minimum of equation (1) with respect to e_j and constant output, is:

$$-\frac{\partial c_j}{\partial e_j} = t * \left(1 - \frac{q_j}{\sum_i q_i} \right) \quad (2)$$

With many small regulated firms, each firm's contribution to total regulated output becomes very small, i.e. $\frac{q_j}{\sum_i q_i} \rightarrow 0$, and the optimal abatement level is found when marginal abatement cost approximately equals the charge level. Thus, in terms of effectiveness in emission reductions, a refunded charge is equivalent to a conventional emission tax without refunding. In the case of the Swedish NO_x charge, the largest fraction of total output ever produced by a single owner in one year has been 12%.

On innovation incentives

Now allow for the possibility of innovations in abatement technology and that an innovation takes place in one of the regulated firms denoted firm j (Höglund, 2000). After adoption, firm j supplies the innovation to all other regulated firms $i = 1, \dots, n-1$ at the royalty price, P . Firm j has an exclusive right to the innovation and the right is protected through a patent. Other firms are supposed not to be able to imitate the innovation and are accordingly not able to acquire any of its usefulness without paying the patent royalty. Firm j is therefore a monopolist in the market for innovation and is able to set a profit-maximising royalty price. The demand-side of the innovation market consists of many, small and non-co-operative regulated firms, where a single firm cannot affect the adoption decision of other firms in any way.

Variables for abatement technology (k_j) for firm j , as well as R&D costs (D_j), and revenues from royalty payments (R_j) from m non-innovating regulated firms adopting the innovation are introduced. The royalty price (P_m) will correspond to the reservation price of the last firm adopting the innovation, i.e. the reservation price of firm m . Output is assumed constant throughout the analysis.

The innovated technology affects firm costs both directly and indirectly. Directly, by affecting abatement costs, R&D costs or royalty revenues and, indirectly, by reducing tax costs as the optimal emission level is reduced to meet a downward shift in the marginal

cost curve with respect to emissions. To find an interior solution, the following properties are assumed for the relevant interval of the cost curve. Both emission level and production cost are supposed to be decreasing at a constant or increasing rate in k_j , i.e. $\partial e_i / \partial k_j < 0$, $\partial^2 e_i / \partial k_j^2 \geq 0$, $\partial c_i / \partial k_j < 0$, and $\partial^2 c_i / \partial k_j^2 \geq 0$. Thus, the cost-saving from adopting an innovation increases at a decreasing or constant rate with improved innovation level.

Suppose that the innovating firm j has enough information about the adopting firms to set a profit-maximising royalty price, which maximises royalty revenues (R_j):

$$R_j(k_j) = m(k_j)P_m(k_j) \quad (3)$$

where $\partial R_j / \partial k_j > 0$ and $\partial^2 R_j / \partial k_j^2 \leq 0$.

Firm j will choose an innovation level which minimises the following total cost function:

$$C_j = c_j(e_j(k_j), q_j, k_j) + D_j(k_j) - R_j(k_j) + te_j(k_j) - t \frac{q_j}{Q} \sum_{i=1}^n e_i(k_j) \quad (4)$$

By setting the first derivative of equation (4) with respect to changes in technology k_j equal to zero, the following condition for a minimum is obtained:

$$\frac{dC_j}{dk_j} = \frac{\partial c_j}{\partial k_j} + \left(\frac{\partial c_j}{\partial e_j} + t \left(1 - \frac{q_j}{Q} \right) \right) \frac{\partial e_j}{\partial k_j} + \frac{\partial D_j}{\partial k_j} - \frac{\partial R_j}{\partial k_j} - t \frac{q_j}{Q} \sum_{i=1, i \neq j}^n \frac{\partial e_i}{\partial k_j} = 0 \quad (5)$$

where $\frac{\partial R_j}{\partial k_j} = P_m \frac{\partial m}{\partial k_j} + m \frac{\partial P_m}{\partial k_j}$ and $\left(\frac{\partial c_j}{\partial e_j} + t \left(1 - \frac{q_j}{Q} \right) \right) = 0$.

Alternatively, the latter condition can be shown by applying the envelope theorem. The change in the total cost function when adjusting emissions (e_j) in an optimal way is equal to the change in the total cost function when emissions are not adjusted. From this follows that $\left(\frac{\partial c_j}{\partial e_j} + t \left(1 - \frac{q_j}{Q} \right) \right) = 0$. Note that this does not imply that the indirect effect always has to be zero. It only implies that the sum of the direct and indirect effects is equal to the direct effect when emissions are unchanged. By rearranging the resulting terms, the condition for an optimal level of innovation for firm j is obtained:

$$\frac{\partial D_j}{\partial k_j} = - \frac{\partial c_j}{\partial k_j} + \frac{\partial R_j}{\partial k_j} + t \frac{q_j}{Q} \sum_{i=1, i \neq j}^n \frac{\partial e_i}{\partial k_j} \quad (6)$$

where $Q = \sum_{i=1}^n q_i$ and $\partial D_j / \partial k_j > 0$ and $\partial^2 D_j / \partial k_j^2 \leq 0$.

Equation (6) equates the marginal cost of innovation with the marginal benefit of innovation for firm j , where the latter can be decomposed into three different terms. The first term is the cost effect, which expresses the magnitude of the marginal effect on production cost, e.g. in terms of reduced abatement costs or in terms of reduced tax costs as emissions are reduced, or in terms of effects on both. The second term is the royalty revenue effect, which reflects the marginal revenue from royalty sales to other regulated firms adopting the innovated technology. The third and last term is the marginal effect on the refund from reduced overall emissions when other regulated firms adopt the innovation. Note that the marginal refund effect is not infinitely small even if $q_j/Q \rightarrow 0$, since also a very small output share is approximately constant for changes in the technology k_j . Instead, the marginal effect on the refund depends on the marginal change in the overall emission level, which cannot be assumed to be infinitely small.

If a conventional emission tax, set to the same level, had been used instead, firm j would be minimising the total cost in equation (4) less the last refund term. The corresponding condition for an optimal R&D level is accordingly:

$$\left[\frac{\partial D_j}{\partial k_j} \right]^{\text{Tax}} = -\frac{\partial c_j}{\partial k_j} + \frac{\partial R_j}{\partial k_j} \quad (7)$$

Comparing the condition for an optimal R&D level under a refunded charge (equation 6) with the condition under a conventional emission tax (equation 7), the difference in marginal R&D cost (i.e. marginal spending on R&D) is caused by the refund term in equation (6). It is, however, less straightforward to compare equilibrium levels of marginal spending on R&D between the two regimes, since the marginal effects on costs and royalty revenues are likely to differ between innovation levels. A comparison requires further restrictions.³ With approximately constant marginal effects on production costs and revenues from royalty sales, firm j is willing to invest in R&D to a lower marginal cost when using a refunded emission charge than when using a corresponding conventional emission tax. The discrepancy is approximately equal to the marginal effect on the emission refund.

The intuitive explanation is that with an emission charge with output-based refunding, a regulated firm's willingness to share innovations with other regulated plants is hampered by the refund, since a spread of the innovation to other regulated firms will reduce firm j 's own refund. By keeping the innovation to itself, the innovating firm is able to improve its relative position within the charge system, thereby increasing its net refund. With a conventional emission tax, there are no gains⁴ to be made from reducing a firm's emission intensity relative other regulated firms.

A special case, which is of interest to mention because it has relevance for NO_x abatement, is when the royalty price for an innovation is zero. This may for example occur when a regulated firm through experience accumulates knowledge, which improves the environmental effectiveness of the firm but is too indistinct to protect through a patent. Compared with a tax, refunding restricts any spread of knowledge among regulated firms and particularly knowledge about emission reducing innovations that cannot be protected through a patent, i.e. often the small and simple, but sometimes effective, measures. This may have been important in the case of the Swedish NO_x charge, where extensive emission reductions were attained at a low or even zero cost through trimming activities.

Firms outside the regulated group of firms may develop and supply new and improved abatement technologies to the regulated firms. Innovation incentives then depend on the general demand for innovated technology. Is the demand for a given innovation the same under a refunded charge as under an equivalent conventional emission tax? It appears that this generally holds when the demand-side of the innovation market consists of many small and non-co-operating regulated firms.

When calculating the profit-maximising price, the monopolist innovator will take into consideration the cost of innovation and the expected number of royalties sold. The price will correspond to the reservation price of the last firm adopting the innovation. The reservation price will, in turn, correspond to the additional profit the last adopting firm makes from adopting the innovated technology ($k = 1$) compared with not adopting it ($k = 0$). The total cost function of the last adopting firm m is:

$$C_m^{k=1} = c_m^{k=1}(e_m^{k=1}, q_m) + P_m^{k=1} + t e_m^{k=1} - t \frac{q_m}{Q} \left(\sum_{i=1}^m e_i^{k=1} + \sum_{i=m+1}^n e_i^{k=0} \right) \quad (8)$$

With a refunded charge, a new innovation adopted by some of the regulated firms affects the cost of firms *not* adopting it by reducing the refund as the innovation deteriorates the firm's environmental effectiveness relative to the adopting firms. In its decision between adoption and non-adoption, the last adopting firm therefore compares the cost of adoption with the cost of non-adoption:

$$C_m^{k=0} = c_m^{k=0}(e_m^{k=0}, q_m) + t e_m^{k=0} - t \frac{q_m}{Q} \left(\sum_{i=1}^{m-1} e_i^{k=1} + \sum_{i=m}^n e_i^{k=0} \right) \quad (9)$$

The reservation price of the last adopting firm is accordingly:

$$P_m = C_m^{k=0} - C_m^{k=1} = \Delta c_m + t \Delta e_m \left(1 - \frac{q_m}{Q} \right) \quad (10)$$

With all firms being small, the effect of the last firm's adoption decision on the same firm's refund can be taken to be very small. Hence, the reservation price of the last adopting firm for a given innovation will be approximately the same as under an equivalent conventional emission tax, namely:

$$P_m^{\text{Tax}} = C_m^{k=0} - C_m^{k=1} = \Delta c_m + t \Delta e_m \quad (11)$$

Note that the resulting reservation price holds only when the regulated group of firms consists of many firms that are small in relative size and not co-operating. In the special case when regulated firms co-operate and act as one entity and bargain over the price in a situation where either all regulated firms adopt the innovation or none, incentives to adopt are likely to be considerably weakened. If all firms adopt and the innovation is equally effective (in terms of effects on emissions) for all firms, the change in net refund is zero. Incentives to invest in improved technology are therefore the same as in the completely unregulated case. The assumption of many non-co-operating firms in the market for innovations is accordingly crucial for the result that the reservation price (and demand) for a given innovation is approximately the same under a refunded emission charge as under an equivalent emission tax.

Notes

1. The Swedish charge, for example, is many times that of the French charge.
2. This may not be completely the case. In a sample of 114 plants regulated by the NO_x charge in 1992-96, about half of the plants comply (or over-comply) with the charge in 1996, while the residual half of plants do not attain an efficient investment level in abatement, i.e. where the marginal abatement cost equals the unit charge.
3. An assumption that appears plausible is that $\partial^2 c_j / \partial k_j^2 < 0$ and $\partial^2 R_j / \partial k_j^2 > 0$ for low levels of k_j ; and $\partial^2 c_j / \partial k_j^2 > 0$ and $\partial^2 R_j / \partial k_j^2 < 0$ for high levels of k_j . Cost-savings from adopting innovations are then assumed to increase at an increasing rate for low levels of innovation and at a decreasing rate when higher levels of innovation are reached. Under these assumptions it is difficult to speculate on the direction of the difference in the level of $(-\partial c_j / \partial k_j + \partial R_j / \partial k_j)$ between a refunded charge and a tax. Still, if the difference in optimal k_j -level between the regimes is not too extreme, a plausible assumption seems to be that the main effect on differences in marginal spending on R&D comes from the refund term and not from differences in the sum of the marginal cost-saving and the marginal revenue.
4. If regulated firms compete on the same market for final output, sharing knowledge for free about how to reduce emission tax payments, could potentially change relative production costs and the competitiveness of the firm in the output market. Since this indirect effect would be the same under a refunded charge as an emission tax, it does not affect the findings and does not enter into the analysis.

References

- Höglund, L. (2000), "Essays on Environmental Regulation with Applications to Sweden", Ph.D. thesis, Department of Economics, Göteborg University, Sweden.
- Höglund-Isaksson, L. (2005), "Abatement Costs in Response to the Swedish Charge on Nitrogen Oxide Emissions", *Journal of Environmental Economics and Management*, No. 50, pp. 102-120
- OECD (2009), *Innovation Effects of the Swedish NO_x Charge*, OECD, Paris, available at [www.oilis.oecd.org/olis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2009\)8-final](http://www.oilis.oecd.org/olis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2009)8-final).
- SEPA (2008), *Database of Information from Annual Surveys of Plants Regulated by the Swedish NO_x Charge*, data used by kind permission of the Swedish Environmental Protection Agency, Östersund, Sweden.
- Sterner, T. and L. Höglund (2000), "Output-based Refunding of Emission Payments: Theory, Distribution of Costs and International Experience", Discussion Paper, No. 00-29, Resources for the Future, Washington DC.
- Worldwide Patent Database (2009), <http://ep.espacenet.com/>, European Patent Office, Vienna.

ANNEXE B

Water Pricing in Israel

This case study explores water pricing in Israel in light of the constant pressures over water resources in this semi-arid region. It first looks at the differentiated approaches across industrial, agricultural and household uses, highlighting the fact that pricing reflects use, type of water and varies on quantity. The Israeli experience in conserving water is clearly a success and has been very innovative. A multitude of factors have contributed to this, including water pricing structures, government information campaigns and governments investments in water technologies.

Rationale for the environmental policy

Water scarcity and water-related environmental threats beset Israel, making it a unique experience for OECD countries to study. Israel is in a semi-arid region with an uneven distribution of its water resources.* It was decided early in its establishment to develop regions that were also remote from water sources. “Blooming the desert” was perhaps one of the initial driving forces for the Israeli economy and the National Water Carrier was built to bring water from the north to the south. Settlements, food security and agricultural development have put further pressure on water resources. Increasing population growth and a large inflow of immigration have created an additional burden on the already overexploited and environmentally degraded resources. The result is that fresh water levels are low and existing water resources have been degraded. Many policy instruments have been used to address these issues. This study focuses on the pricing schemes for the use of water in a variety of sectors.

Design features

To address the scarcity of water in Israel by encouraging reduced consumption and recycling of water, strong pricing signals have been placed into Israel’s water policy. There are differentiated rates for the agricultural, industrial, and household and tourism sectors.

* The statistical data for Israel are supplied by and under the responsibility of the relevant Israeli authorities. The use of such data by the OECD is without prejudice to the status of the Golan Heights, East Jerusalem and Israeli settlements in the West Bank under the terms of international law.

Like all sectors, there is progressive pricing for water use for agriculture, based on the level of quota held by individual farmers. Over the ten year period 1995-2005, real prices for water increased substantially, as outlined in Table B.1. In addition to the prices for fresh water outlined below, agricultural users can be offered the use of marginal, recycled water and saline water for use in their operations, which are priced at a significant discount to the use of fresh water.

Table B.1. Agricultural prices for fresh water in Israel

USD per m³ at 2005 prices

Level	1995	2005	Increase (%)
A	0.165	0.282	70.9
B	0.199	0.335	68.3
C	0.267	0.441	65.2
Mean	0.196	0.330	68.3

Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318167>

For agricultural users, the price steps to which quantities apply are determined by farm-specific quotas. Availability of water beyond allocated quota is not guaranteed, but the “quotas” are not constraints. Farms can, in most cases, use more than their quota, but a higher price is paid for over-quota use and a lower price is paid if use is sufficiently less than quota. Since each farmer is free to adjust use within these intervals, each farmer’s marginal price bracket tends to reflect the true marginal value of water on that farm (unless the quota is not fully used). Most importantly, individual quotas serve to differentiate water prices among users because they determine the levels where rate steps occur.

Increasing water scarcity and price inequities have led to questions regarding agricultural water subsidisation and social efficiency of the agricultural sector under its present structure. The drought of the early 1990s highlighted the potential for allocation of water away from agriculture. Largely because of consecutive years of drought in 1990 and 1991, the real price of water to agriculture was increased and the quota was reduced as a means of dealing with the temporary shortage. Some 47% increase in agricultural water prices occurred from July 1990 to May 1992 for use levels at 80-100% of quota, suggesting a substantial reduction in the indirect agricultural subsidy. Recently, water quotas were cut by at least 40%.

Industrial users also have individual water quotas and pay a higher price for above-quota use. Industrial quotas are set on an individual basis according to production norms. Firms can submit petitions for increased quota when businesses expand. Industry paid approximately the same average prices as agriculture from 1966 until May 1994, but has paid roughly 35% more than agriculture since. Currently, industrial water prices are close to the gate price paid by municipalities.

Water for household users is delivered by municipalities or by local water consortiums who buy at established prices or extract water locally, paying the government Extraction Levy, and sell at much higher prices to residents. These rates more than cover the costs of local water delivery. Water consumption is metered and users face increasing block-rate pricing. All households face the same block-rate schedule. Domestic consumers pay for water according to three increasing block rates: the first level covers the first eight cubic metres per month per family of up to four people, the second level covers an additional seven cubic metres per month and the third level reflects any consumption per month

thereafter. Families with more than four members are entitled to apply for an additional twenty cubic metres per month at a reduced price. The average rate is USD 1.02 per m³, where the third level is approximately double than the first level, as seen in Table B.2.

Table B.2. Domestic water prices in Israel
ILS per cubic metre at nominal prices

Consumption level	2004	2005	2006	2007	2008	% change, 2004-08
Level C: For consumption above 15 m ³ per month	6.132	6.648	6.471	6.695	7.648	24.7
Level B: From 8 m ³ to 15 m ³ per month	4.342	4.779	4.651	4.811	5.495	26.6
Level A: The first 8 m ³ per month	3.042	3.521	3.329	3.444	3.934	29.3

Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318186>

It should be noted, of course, that water pricing is but one facet of Israeli water policy. Like other OECD economies, water policy is made up of many interrelated issues: policies regarding abstraction and supply, water transportation and distribution, wastewater policies and policies aimed at reducing water demand. All of these factors have impacts on the demand for and innovation incentives of water pricing and teasing out the effectiveness (innovation and environmental) can be difficult.

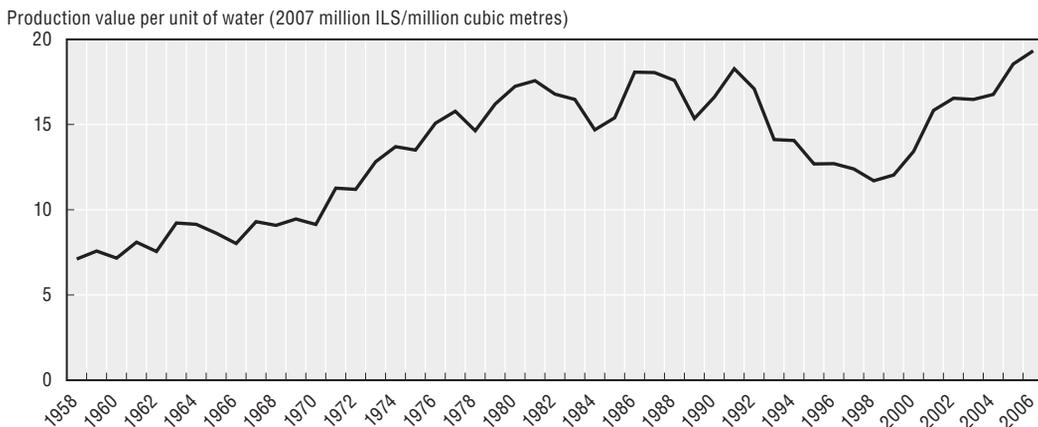
Environmental effectiveness

Agriculture has historically used around 70% of Israeli water, but its share has been decreasing since the mid-1980s. In recent years, the agricultural sector has relied more on recycled and saline water sources for irrigation, accounting for about 50% of total water demand for irrigation. This process is a result of a massive effort not only in converting to drip irrigation, but also in moving towards more appropriate crops, removing water-intensive trees and replanting with water-saving types, training farmers through educational programmes and launching awareness campaigns.

Interestingly, decreased agricultural potable water use has not been accompanied by a decrease in the overall value of agricultural output, as outlined in Figure B.1. For example, between 2000 and 2005, the fruits sector was exposed to an average 35% cut in water quotas while increasing its production by 42%. Whether agricultural demand for water will continue to decline depends both on opportunities to expand use of currently available irrigation technologies and on discovery of new irrigation technologies and new sources of recycled or saline water, such as in the case of citrus, where the majority of the plantations are now being irrigated using reclaimed water or, in the case of aquaculture, using saline water.

In fact, absolute agricultural water use has declined even as a share of policy-imposed water use quotas. Farm water quotas were reduced in 1991 as a result of drought, but water use did not increase accordingly when quotas were again increased. Beyond the continuous increase in efficiency in the use of each unit of water, this reduced use relative to quota is explained by changes in the agricultural water pricing structure, and by the fact that price of water in agriculture rose 100% over the last decade.

Changes in recent years in water used in the agricultural sector indicate that farms do respond to changes in price. For example, an increase of 11.7% in water prices resulted in a 2.4% increase in quantity demanded in 2003 relative to previous year. In 2005, an increase of 12.4% in water prices created a greater impact and reduced demand by 2.3% relative to

Figure B.1. **Agricultural output value per unit of irrigation water**

Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317578>

previous year. This price increase kept farms at a 74.5% usage rate of the total allocated quotas for 2005. Total value of water as a fraction of total inputs to agricultural production was 7.9% in 2003, rising to 8.9% in 2005, increasing the significance of water in farmers' budgets and hence creating greater motivation for water saving.

Many farms that were able to adjust to the progressive pricing schedule attained a lower water price bracket by reducing use relative to quota. The decline in national agricultural water use as a share of quota, from 89% in 1990 to 70% in 1992, suggests that many farmers moved to lower price brackets. Thus, the marginal water price (averaged among all farmers) increased less than the 47% average increase in the price schedule.

To overcome the increase in water scarcity, substantial public investment was made in highly efficient irrigation technology, concurrent with decreasing quotas and the introduction of a progressive water pricing schedule. Computerised sprinklers and drip irrigation systems have led to increasing efficiency of water use in agriculture. Water-saving technology has evidently caused a decline in agricultural water demand.

Many of these gains have been supported by public investments. For example, specific government investments targeted at agriculture include aiding in the removal of marginal plantations and the planting water-saving trees, such as olive and almond trees, as well as the utilisation of water-saving technologies, such as drip irrigation. These measures are in addition to programmes to expand the availability of recycled and saline water and other government initiatives to reduce water consumption.

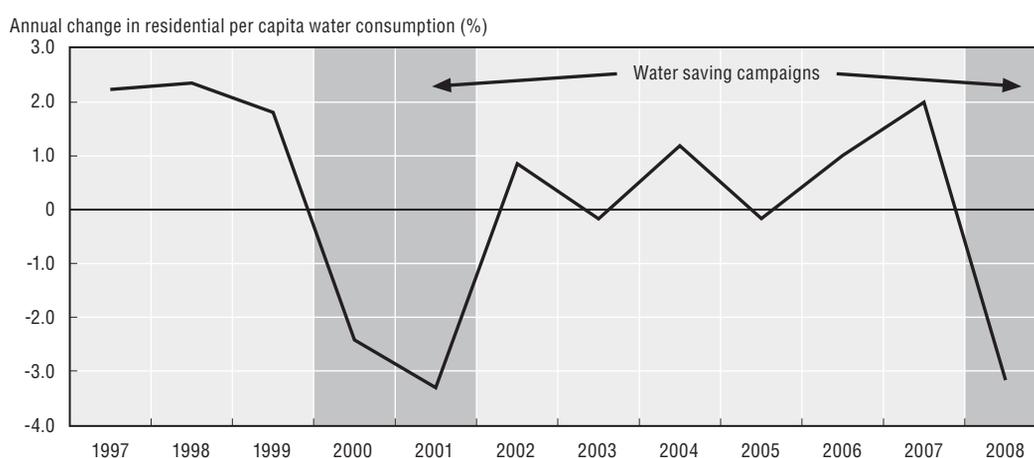
Industrial water use increased about 3.5% per year from 1960 to 1980, 1.7% per year from 1980 to 2000 and decreased 7.4% from 2002 to 2004, perhaps in anticipation of price increases and due to an economic slowdown. About 22% of the water consumed by industry comes from saline and marginal sources. Despite the gradual slowdown in demand growth until 2000, and the absolute decline in demand since 2002, industrial product value per unit of water use has increased steadily and future industrial water consumption is expected to increase roughly in proportion to population, corrected by the decline achieved due to improved efficiency in industrial production processes that use water. Stringent environmental regulations related to the quality of industrial effluents impose on the polluting industry the responsibility to treat industrial sewage on the factory site prior to leaving the

plant and reaching public sewage facilities. The treatment cost and related operations, along with the purchasing cost of water and sewage levies, imply a loss in potential profit and hence motivate the industry to conserve water, develop water-saving production processes, and increase the use of recycled and marginal water in industrial operations.

Household consumption of water in Israel has been growing at roughly 2.5% per year. About 80% of this growth is due to population growth, with the rest attributed to income growth. Increased demand due to population growth is predicted to cause serious water shortages. Water demand from the sector has increased tremendously during the years. For example, from 1970 to 1980, it increased by 56%, from 1980 to 1990 by 28.5%, from 1990 to 2000 by 37.4% and, from 2000 to 2005, the increase has relatively stabilised and was only 8%. Per capita domestic water demand reflects a rise in the standard of living. In 1970, demand per capita was 79.3 m³, 94 m³ in 1980, 100 m³ in 1990, and since it has relatively stabilised to 102.32 m³ in 2005.

Domestic users are not generally influenced by water prices, and demand remains relatively inelastic to water price increases. Laws and ordinances, such as limiting irrigation of private gardens to specific months and metering quantities used, prohibition on washing cars with pipes, use of dual-flushing toilets, water-saving devices for faucets and shower heads, etc., are in place, but rarely enforced unless a year of drought has been officially announced. National water-saving campaigns have been proven to be effective in lowering consumption for the duration of the campaign. The 2000-01 water-saving media campaign was successful in reducing domestic consumption by 6% using a budget of about USD 2.3 million. In 2008, the national water saving campaign had a downward impact on water consumption of 3.3% relative to 2007. However, once the campaign was over, domestic consumption began to rise again, as seen in Figure B.2. This suggests that water-saving campaigns must focus on tools and methods that would cause long-lasting water saving (i.e. education and technology).

Figure B.2. **Impact of the national water saving campaigns**



Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317597>

It is important to stress that a significant saving in the domestic sector has the potential in delaying costly investment in desalination plants. For example, a 5% decrease in domestic water use is comparable to a desalination plant with a production capacity of 35 million m³ per year, such as a plant that is currently under construction.

In addition, there were effects of the water policy on the water firms themselves. On average, water lost due to leakages in local municipalities reaches 10%. Municipalities are subject to fines once unbilled water quantities exceed 12% of total water consumed by the town. Since water lost in the system is also a waste of income to municipalities, they make an effort to fix leakages. Despite that, many municipalities fail in managing and maintaining their water infrastructure in good shape.

A common assessment is that the new Urban Water Corporations, which are driven by for-profit motivation, would increase efficiency in water use within urban areas (*e.g.* by fixing leaking infrastructures, etc.). By the end of 2008, fourteen such corporations functioned in Israel, serving twenty municipalities and 35% of the urban population. The remaining urban water consumption within 170 towns was still supplied by municipalities. Water losses reported by the Urban Water Corporations reveal higher figures than reported prior to the corporations' establishment. This may suggest that the business motivation of the water corporations pushes them to measure losses more accurately, in order to fix infrastructure and avoid losing water and hence money. For example, in one city, the water loss was estimated at 14% prior to the establishment of the corporation and a year after it was estimated at 24%. After two years, the corporation had already reduced water loss to 19.5%.

Effects on innovation

Various measures can be established to indicate technological innovation. Such measures can include growth in exports, research and development funding as a share of GDP, water saving and leakages/loss in water networks.

Water loss in Israeli municipalities has declined dramatically in recent years, to a national average of 10% in 2007 of the total water consumed in the municipalities (in comparison to a European average of around 25%). Leakage detection technologies contribute to this measure. Another indicator is the agricultural output value per cubic meter of irrigated water, which indicates a fourfold increase in real agricultural output value per cubic meter of water over four decades. This means that the Israeli agricultural sector produces much more per cubic meter used, but also with much less water and in particular with much less potable water. An additional example is the ability to increase revenue from water sales in urban areas by introducing dynamic pressure control system that minimise energy use and water loss, and maximises water sales. A pilot that was conducted in areas in Jerusalem has indicated a 10% increase in revenues from water sales.

Policy tools and economic incentives have impacts on technology innovation, appearing as catalysts for technological progress in order to either increase efficiency in water use and/or increase profitability where water prices or quotas are used. Major examples are: water quotas in the agricultural sector encouraged farmers to save water and hence pushed forward innovation in drip irrigation where water use is highly efficient. Increased prices of potable water for irrigation were a catalyst for advanced sewage treatment technologies and their reuse for irrigation. That followed with an economic incentive in the form of lower prices for treated water for irrigation. Stringent environmental policy for sewage dumping also contributed to a range of technological developments in water treatment technologies. High prices for industrial and domestic water have contributed to water-saving devices for domestic use and for domestic and public irrigation. Water loss fines for municipalities at a level above 12% created incentives

for the development of water loss detection and dynamic water pressure equipment. Economic incentives and support in private initiatives in improving water quality in closed drinking wells also brought improvement in low-scale water treatment technologies.

From time to time, due to cyclical droughts, especially when droughts have lasted a few consecutive years, or when the economy experienced a dramatic increase in consumption (for example, due to a large immigration influx in the early to mid-1990s), the administrative and economic systems reacted with discrete changes in prices and/or quotas. Periods of water droughts in late 1980s pushed forward the establishment of a three-tier quota regime in the agricultural sector where quotas began to be sold in a progressive rate. Farms adjusted by adopting water saving technologies and related farm practices to reduce water consumption. In years when the country experienced quantities of renewable water sources close to a multi-year average level, water prices were only adjusted according to the consumer price index. In the years characterised by hydrological shortages or sharp increases in consumption, one could notice an increase in the motivation to find technological solutions, either pushing innovation or simply adopting technology that previously was not economically feasible. For example, the recent five consecutive years of drought led to a significant increase in water prices. In 2009, an additional "surplus use" fee has been imposed on domestic uses, to discourage excessive water consumption. During these years, one could observe establishment of many water technology start-ups and also implementation of technologies at all scales – from home water-saving devices to accurate reading of water meters to establishment of new desalination plants. Also, stricter environmental enforcement activities and litigation in the area of urban and industrial sewage disposal have increased innovation and adoption of sewage treatment technologies in a multitude of ways.

While being unique and dynamic, Israel's market is small and has limited opportunity in local growth. In addition, although improving in recent years, the market lacks awareness of the worldwide potential in the government and private sectors. There are inefficiencies in government financial support in the industry and not many venture capital funds are willing to carry large R&D. Lack of finance to build beta-site plants also delays entrance to foreign markets.

Nevertheless, policies have had a large impact on the Israeli water sector. As of 2007, 270 water-technology companies operated in Israel, employing almost 8 000 people. About 60 companies among the 270 were start-up companies, established after 2001, and were involved in R&D. In addition, exports of the water technology sector grew from USD 700 million in 2005 to some USD 850 million in 2006, a 21% increase. In 2007, exports were estimated at around USD 1 100 million, a 28% increase on the year previous.

Water technologies relating to water demand, such as water efficient irrigation technology, were estimated at USD 300 million in 2007, 30% growth per year, produced by three major Israeli companies. Another technology area that is growing quickly and is oriented to domestic water use is monitoring and water metres. On the water supply side, some 50 companies associated with conveyance systems, valves, etc. have employed around 3 000 employees and generated USD 430 million in 2007. Desalination firms are operating on a larger scale in Israel in recent years following policy support of sea-water desalination production. Previously, these firms operated mostly abroad. The area of wastewater technologies attracts start-ups and some 60% of the start-ups in water technologies are in this area.

Conclusions

The Israeli case study clearly highlights the power of prices to induce change behaviour among water uses, with the shifts seen between types of water used by agriculture being a clear example and the efficiency of agriculture with respect to water use per unit of output. Prices also stimulated wide adoption of innovation, such as with new irrigation equipment or new water-saving techniques. At the same time, the contemporaneous impact of government efforts to find innovative means to secure fresh water supplies (such as through desalination plants) further extended innovation in this area. For such reasons, providing clear linkages between water pricing and innovation creation is somewhat more difficult.

For more information on water policy in Israel, the full version of the case study (OECD, 2009) is available at [www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa-rd\(2008\)36-final](http://www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa-rd(2008)36-final).

Reference

OECD (2009), *The Influence of Regulation and Economic Policy in the Water Sector on the Level of Technology Innovation in the Sector and its Contribution to the Environment: The Case of the State of Israel*, OECD, Paris, available at [www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa-rd\(2008\)36-final](http://www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa-rd(2008)36-final).

ANNEXE C

Cross-country Fuel Taxes and Vehicle Emission Standards

This case study looks at the effect of emissions regulations, fuel efficiency standards, petrol prices and petrol taxes on innovation in the motor vehicle industry, focusing on the United States, Germany and Japan. The study finds that regulations on emission standards have generally induced innovation in related areas (for example, nitrous oxide emission regulation and innovations in engine design). The effects of petrol prices and petrol taxes on patenting are not as straightforward. Fuel taxes (which can be predicted) had an impact on innovations related to fuel efficiency, whereas petrol prices and fuel efficiency standards did not. However, further analysis of the interplay of taxes and prices highlight some of the empirical issues that result from analysing the innovation impacts of taxation.

Rationale for the environmental policy

By the combustion of fuel, motor vehicle use causes a wide range of environmental issues, compounded by the scale of motor vehicle use across the globe: smog, acid rain, climate change, and others. Many instruments have been used by governments to tackle these various challenges: fuel taxes, regulatory standards on specific pollutants, taxes on vehicles and driving, and fuel efficiency standards. This study focuses on fuel taxes and regulatory standards (both for specific pollutants and for fuel efficiency).

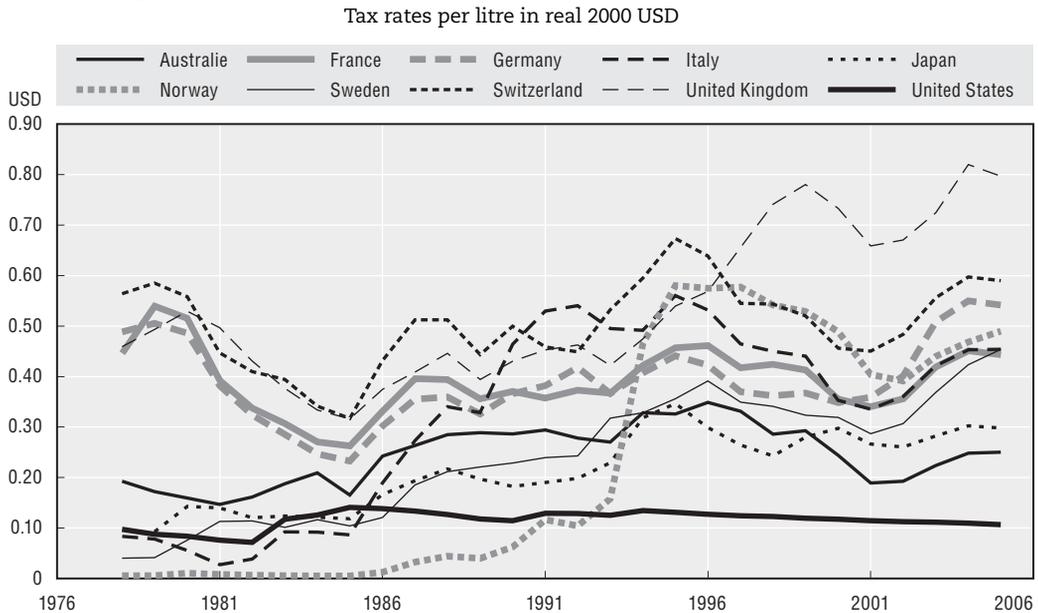
On the one hand, environmental outcomes are clearly top-of-mind with the use of regulatory approaches. These approaches have set out upper limits of pollution intensities (or fuel efficiency) in order to bring about significant reductions in emissions levels. On the other, the rationale for fuel taxes is less clear. These instruments have historically been implemented because they provide a relatively stable base on which to levy taxes and therefore provide a revenue stream for governments. Although not necessarily intended to have an environmental impact in the early years, increased taxes can impact the quantity of fuel used and types of fuel purchased by drivers. Over the last few decades, fuel taxes have been seen as instrument to achieve environmental goals, such as with differential taxation on leaded and unleaded fuels.

Design features

Fuel taxes

Fuel taxes are used in every OECD country and generally provide a significant revenue stream for governments. The development of diesel excises over time is presented in Figure C.1; the trends are quite similar for unleaded petrol. Remarkable differences exist between the countries, in particular between the United States, Japan and Germany. At face value, the variation appears quite similar, in particular because (real) excise rates in the United States were generally constant over time. There seems to be some convergence for European Union member states, due to harmonisation efforts and the implementation of a minimum diesel excise rate within the European Union. Both Japan and the United States had relatively low levels until 1985, whereas Germany rapidly lowered their rates to almost similar levels in this year. Since then, Germany increased levels gradually over time, in particularly after 2000 and Japan more or less followed this pattern though at considerably lower levels.

Figure C.1. **Excise tax rates on diesel in select OECD countries**



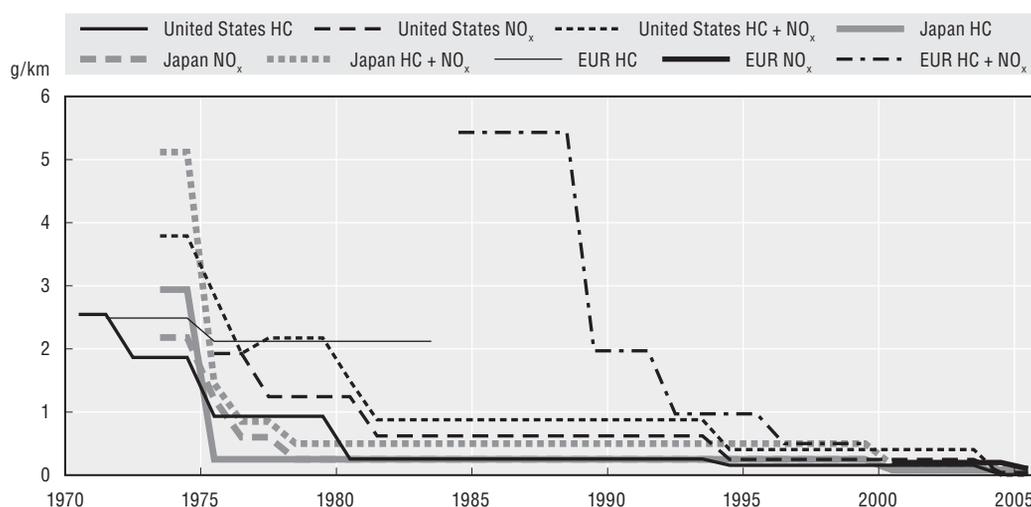
Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317616>

Tailpipe standards

The United States, European Union and Japan have all introduced increasingly stringent tailpipe standards on car exhaust for CO, HC and NO_x and PM. Figure C.2 provides an example of the development over time of HC and NO_x standards in the United States, European Union and Japan. Some interesting observations of the pattern of the regulations can be made:

- US regulations were introduced rather early. Restrictions became more stringent in the 1970s for both petrol- and diesel-driven cars, but remained rather generous since this initial initiative. Overall restrictions have always been much more lenient than those in Japan with the exception of regulation for HC.

Figure C.2. **Regulatory tailpipe limits for petrol-driven vehicles**

Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317635>

- Japan introduced regulations for CO, HC and NO_x somewhat later than the United States, but these regulations have been particularly strict from the outset. Only regulation for diesel cars has been more lenient, probably because the share of diesel cars was also very small throughout the sample period.
- The European Union was typically late and rather lenient for most exhaust gases from the very beginning, probably due to its initial limited regulatory power. Since the introduction of the Euro I standard in 1992, the standard-setting process in the European Union has rapidly caught up with, and subsequently sometimes even appears to outrun, the stringency of regulations in the United States under Euro III. Although care should be taken in comparisons based on absolute standards, the differences in level seem to have become much smaller over time and Japan's regulations tend to remain the strictest for the three exhaust gases considered.
- The difference in regulation between petrol- and diesel-driven cars can be substantial, particularly in the European Union, where diesel cars obtained a substantial market share rather early. CO standards became even stricter for diesel cars compared to petrol cars starting in 1996. In the United States, where diesel cars make up only a small share of the passenger fleet, no such differences exist for CO; Japan has similarly equal standards. As to the regulation of HC and NO_x, substantial differences can be observed. Particularly in the European Union and Japan, standards have always been considerably more stringent for petrol-driven cars.
- Regulation of particulate matter (PM) is rather recent. Here, regulation started only in 1990 with the European Union leading. Indeed, the share of diesel driven cars rapidly increased in the 1980s, particularly in Germany with its relatively (compared to petrol) low diesel tax. When in Japan the share of diesel gradually increased as well, regulations were also tightened. The European Union typically took the lead with their Euro I-III standards in the 1990s. Since 2000, further restrictions could be observed in all areas.

Fuel quality regulations

Regulation of fuel quality is mainly related to the quality of the combustion technology on the one hand and emissions of CO, HCs, NO_x and PM on the other. In particular, anti-knock additives have been used to improve detonation resistance of fuel blends. The original motivation was to improve the combustion potential of fuel (and thus increase engine power and durability). In the past, various lead-containing additives were used because this was the most cost-effective way of boosting octane levels. However, environmental and health considerations of lead-related air pollutants – as well as the incompatibility of lead with the use of catalytic converters – spurred the search for alternatives.

As a result, lead standards were introduced, hence creating a gradual phase-out of leaded petrol in the United States during the 1970s and 1980s. The phase-out of lead in Japan – one of the first OECD countries to reduce the amount of lead in petrol – also took place gradually. Japan started its phase-out during the 1970s; by the early 1980s, only 1-2% of petrol contained lead. The production and use of leaded petrol has now been fully eliminated in Japan. Finally, in Europe, Germany was the first country to adopt standards to control the lead content of petrol. In 1981, the European Union set a standard of 0.4 grams of lead per litre, which lagged almost a decade behind the German law. As of October 1989, all European Union member states had to offer unleaded petrol, with a maximum of 0.15 grams of lead per litre. The 1998 Aarhus Treaty required the use of only unleaded petrol by 2005.

Policies aimed directly at improving fuel efficiency

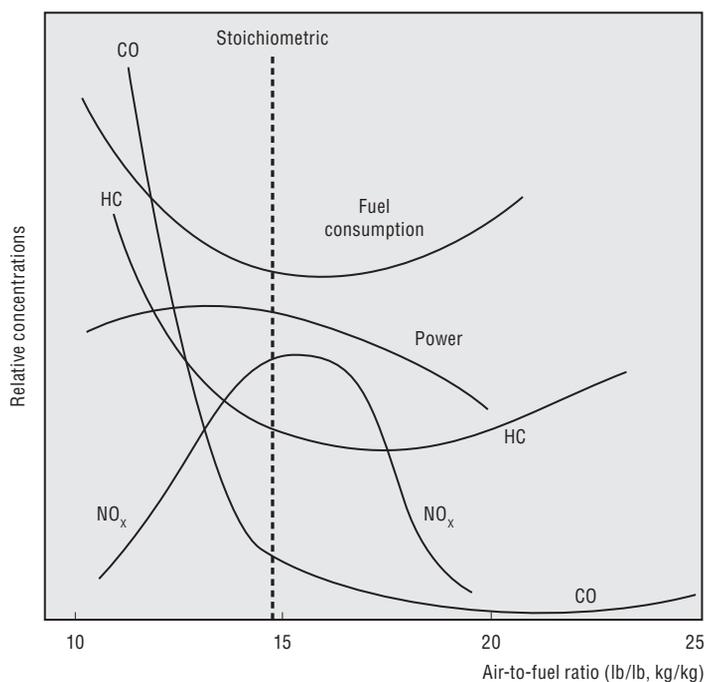
Mandatory fuel efficiency requirements, which typically apply to the average of a fleet of cars with specified weights, are exceptional across the world. In fact, the only example is the application of the Corporate Average Fuel Economy (CAFE) standards in the United States introduced in 1978. After an initial increase in stringency, the gradual tightening was shortly relaxed after 1984 when it was quite stringent. Since 1989, however, the standard has never been changed. In contrast, voluntary schemes have been applied much more often in OECD countries, such as Germany and Japan. Recently several countries have negotiated with car manufacturers and importers to further improve fuel efficiency in order to reduce car-related greenhouse gases like CO₂.

Policies in combination

It is important to note that the relationships regarding the formation of different pollutants and other factors (fuel efficiency, power, etc.) are complex, as is suggested by Figure C.3. The figure suggests that maximum power is obtained for a slightly rich mixture (less air to fuel), while maximum fuel economy occurs with slightly lean mixture. During the period before emissions regulations were introduced, cars were thus designed to run on richer mixtures for better power and performance.

However, a rich air-fuel mixture leads to production of relatively large amounts of CO and unburned HC emissions, since there is not enough oxygen for complete combustion. A lean mixture helps reduce CO and HC emissions – unless the mixture becomes so lean that misfiring occurs. Hence, after the first regulations of CO and HC emissions were introduced in the 1960s in the US, the initial response of manufacturers was to redesign cars to run on a less rich mixture (introduction of air-to-fuel ratio devices). The introduction of catalytic converters, which have their own exacting specifications for efficiency, further presents issues of optimality across the range of pollution issues.

Figure C.3. Engine calibration and emission levels
Effect of air-fuel ratio on emissions, power, and fuel economy (petrol engines)



Source: Masters and Ela (2008).

Innovation impacts of environmental measures

Of interest are patents as an observable output-indicator of R&D activities related to innovation within the automobile sector, as a result of taxes, regulations and other forces. The assumption is that environmental policy – whether this is through a standard or a specific tax – signals to (new) producers that it is beneficial to be engaged in dedicated R&D to meet the requirements of the standard or to reduce tax payments. If this is indeed the case, one would expect a rise in R&D activity specifically dedicated to the invention of new technologies (products) or the improvement of existing ones addressing the concern as signalled by the regulatory device.

New technologies can be expected from regulations and taxes that address major pollutants emitted by motor vehicles: carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HCs), nitrogen oxides (NO_x), particulate matter (PM), lead, sulphur dioxide (SO₂) and volatile organic compounds (VOCs). In the automobile sector, the relevant new technologies or products would involve not only changes in petrol and diesel engines of cars, but also cars driven by entirely new engines, as well as changes in the design of the cars to increase fuel efficiency. The effects of these policies on different emissions can be complicated and there are interactions between policies targeted on different pollutants. Several aspects need to be considered:

- Pollutant-by-pollutant regulation can induce engineering trade-offs and hence may lead to perverse effects (*e.g.* emission standards for NO_x may actually increase fuel consumption, and thus CO₂ emissions).
- Type of policy instrument generally differs by emission – emission standards (CO, HC, NO_x, PM) versus fuel taxes (CO₂ indirectly, sulphur and lead in some cases).

- The inter-relationship between different variables of interest, such as the additive effects of pre-tax fuel prices and fuel taxes, and the joint use of policy measures to achieve comparable objectives (e.g. fuel taxes and efficiency standards).

Given all these different interactions, it is helpful to categorise the potential inventions relevant for vehicle fuel efficiency and local air pollution emissions abatement for conventionally fuelled vehicles. Four broad areas are suggested, which will help identify the effect of various instruments on the different categories of innovation:

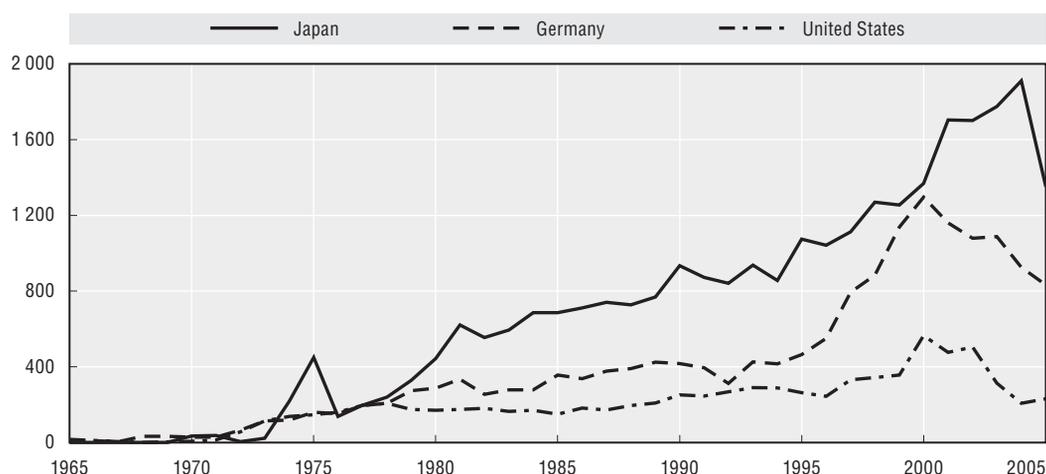
- First, typical end-of-pipe emission abatement for cars are post-combustion (after-treatment) devices that reduce the amount of emissions per kilometre driven, like catalytic converters, lowering tailpipe emissions (e.g. NO_x).
- Second, input substitution is typically related to the characteristics of the fuels and the additives used to enhance productivity and reduce emission intensity of the combustion process.
- Third, factor substitution typically involves technologies related to engine redesign, e.g. through the introduction of combustion technologies that require less fuel per kilometre driven – and therefore reduce emissions per kilometre.
- Fourth, output substitution for petroleum-based cars is typically linked to measures primarily designed to improve fuel efficiency through alternative design of cars, like their aerodynamics, or other characteristics, such as tyre resistance, but also substitution of materials to decrease weight.

Like in other areas of environmental innovation, the most important of the major car-producing countries are Japan, Germany and the United States for the specific areas of innovation that are being investigated. Together these countries account for roughly 89% of the overall number of patents, with Japan filing by far the largest number of patents with its contribution of almost half of the overall number of counts (47.2%), followed by Germany (28.3%) and the United States (13.7%).

The evolution of the number of patent applications in Japan, US and Germany for the period 1965-2005 is shown in Figure C.4. Hardly any innovative activity is present in the first part of the period. Apart from a spike around 1975 in Japan, patenting activity increases steadily from the early 1970s. After an initial rise of patenting activity in the 1970s, there is more or less stabilisation until 1995 when another five-year take-off period can be observed, in particular in Germany. Overall, patent activity grew steadily in these countries until almost the end of the sample period, and this trend was particularly prominent and early for Japan and Germany.

In order to describe when innovation in each technological category occurred, Figure C.5 plots the number of patent applications of each group for the period 1965-2005. In particular, the largest technological subfield, input combustion, shows an upsurge both in the 1970s and again between 1995 and 2000, as well as a sharp relative decline since 2002. Patenting of tailpipe technologies (“emissions”) shows a remarkably steady increase over time, with only a sharp increase in the years preceding 1975 and 1998. To a great extent, the evolution of patenting in the domain of emissions-related technologies is similar to the pattern for input combustion; however, it is always at a considerably lower absolute level of patent applications. Patents for technologies that directly reduce fuel consumption through an improvement in aerodynamics or rolling resistance tend to increase steadily in the 1980s, with a clear peak

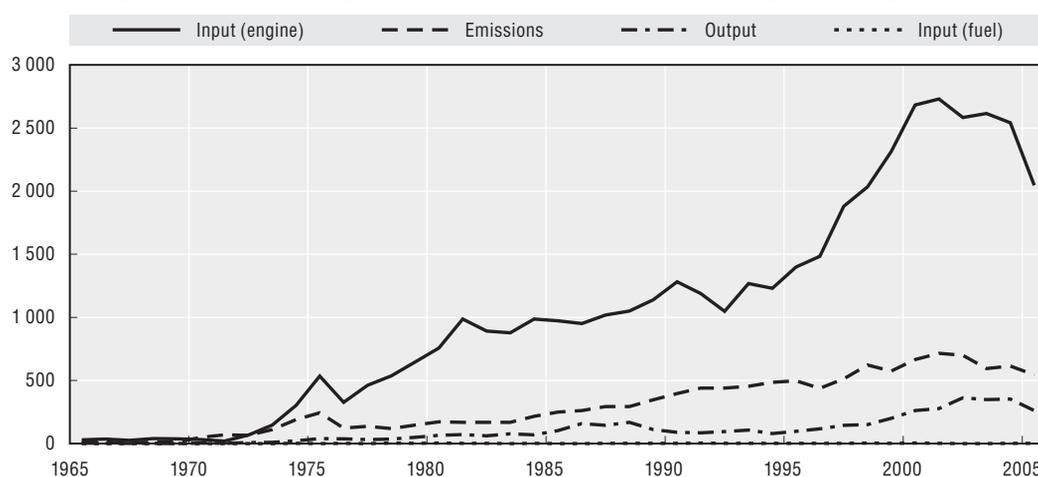
Figure C.4. Patent applications for relevant vehicle technologies



Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317654>

Figure C.5. Patent applications for the four technological categories



Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317673>

in 1986-88, and reveal again a sharp boost in the years before 2002. Then, as with the other technological domains, the degree of patenting goes down again. Finally, for patenting related to input fuel technologies, hardly any activity seems to be occurring for the period 1965-2005.

The model

The empirical model to investigate the effect of public policy (standards, taxes) and other determinants on inventive activity in the main automotive technology classes takes the following form:

$$\begin{aligned} ENVPAT_{i,t} = & \beta_1 STD_X_{i,t} + \beta_2 STD_FE_{i,t} + \beta_3 PRICE_{i,t} + \beta_4 TAX_{i,t} + \beta_5 R\&D_{i,t} + \beta_6 TOTPAT_{i,t} \\ & + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t} \end{aligned} \quad (1)$$

where i indexes country and t indexes year. The dependent variable is measured by the number of patent applications in the different automotive technology categories. Equation (1) is estimated for each category separately. Patent counts only include high-value patents (claimed priorities, deposited worldwide).

The key explanatory variables include emission standards ($STD_X_{i,t}$), fuel efficiency standards ($STD_FE_{i,t}$), fuel (petrol) prices ($PRICE_{i,t}$) and fuel excises ($TAX_{i,t}$). All of the policy measures vary across countries and over time. Note that the focus of (1) is on contemporaneous effects of the regulations and time-related estimations are left for future work. The major control variable is total patents, to control for the variation in a country's general propensity to invent and patent technologies over time ($TOTPAT_{i,t}$). In addition, country fixed effects (α_i) and, for some models, year fixed effects (γ_t) are included. All the remaining variation is captured by the error term ($\varepsilon_{i,t}$).

Dynamics in the overall car market are likely to be determined by regulatory developments in these three countries, given the huge share in the home market for these firms. In a non-autarkical trade regime, one country's fuel efficiency standard might have repercussions for inventive activity in other countries. Therefore, a model where the variable STD_FE_t represents the lowest efficiency standard in any of the three countries is employed and hence only varies over time. It should be noted that patents for fuel input inventions are not analysed given their very small count.

Results

The results present rather different pictures for each of the three technology groups: i) emission abatement; ii) input factor substitution in engine design; and iii) output substitution. First, the emission abatement technologies mainly correlate with the standards for CO and for fuel efficiency, but not with the other standards [see column (1) in Table C.1] and they have a statistically significant effect on inventive activity and are also of the right sign.* This is hardly surprising for CO because these technologies reduce CO from car exhaust. That fuel efficiency standards have an effect is probably that these inventions reduce emissions but also decrease fuel efficiency. Therefore, policies that aim to increase fuel efficiency are also likely to trigger further steps in optimising this trade-off.

Petrol taxes have no contemporaneous effect on new inventions in this area. However, there is a strongly significant negative correlation between the petrol price and new inventions. This negative correlation exists across all specifications for emission abatement technologies with the exception of adding time fixed effects [see column (3) in Table C.1]. Adding time fixed effects to the standard model, however, lowers the explanatory power of equation (1), suggesting model (1) as the base model. An explanation for the negative correlation is that rising (or falling) petrol prices are unlikely to have a contemporaneous effect on inventions. Oil price spikes are usually unexpected and the first reaction by consumers is to reduce consumption of fuel by driving less and buying more fuel efficient cars from the existing stock of car models. This demand side reaction already reduces emissions on its own and therefore signals to inventors less pressure for inventing new technologies that control emissions.

* Note that the fuel efficiency standard is measured in litres of fuel per 100 kilometres driven; hence, the expected sign of this variable is negative. For the standards, the measurement is km/g; hence, the expected sign is positive.

Table C.1. **Empirical results: Emission abatement technologies**

	(1)	(2)	(3)
Standard CO	9.30*** (2.84)	8.33*** (2.94)	9.54*** (2.75)
Standard HC	-0.78 (0.61)	-0.70 (0.63)	-0.95 (0.71)
Standard NO _x	1.60 (4.07)	2.70 (4.24)	-2.93 (5.27)
Standard PM	-0.38 (0.75)	-0.65 (0.80)	-0.13 (0.97)
Standard FE	-3.00*** (1.13)		-0.52 (1.28)
Standard FE (low)		-0.09 (1.25)	
Petrol tax	5.67 (60.76)	39.42 (61.60)	-209.04*** (68.90)
Petrol price	-67.01*** (22.21)	-96.46*** (22.35)	101.16*** (36.41)
Time fixed effects	No	No	Yes
Adjusted R ²	0.76	0.74	0.65

Note: All regressions include a control for total patents and country fixed effects, and were performed with OLS. They also each have 108 observations and three groupings. P-values in parentheses, based on robust standard errors.

* $p < 0.05$.

** $p < 0.01$.

*** $p < 0.001$.

Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318205>

These basic findings are robust to the exclusion of correlated standards such as the NO_x standard. However, there is no evidence for the hypothesis that inventors of emission abatement technologies are responsive to the strictest worldwide contemporaneous fuel efficiency standards [see column (2) in Table C.1]. Although the other effects are hardly affected, the strongly significant negative effect of local regulation disappears. This suggests that inventors of new technology are mainly driven by local policy measures, just as has been observed for SO₂ and NO_x abatement technologies for electric power plants in other studies.

The results for the most important technology group in terms of counts, the input technology category, are quite different [see column (1) in Table C.2]. Clearly CO has no effect on the overall number of patent counts for the underlying technologies, whereas NO_x reflects a strongly positive effect in this case. CO and NO_x standards appear to have a complementary effect on this type of invention because CO becomes significant if this model is re-estimated without the somewhat problematic NO_x standard. Somewhat surprisingly, however, are the results for both HC and PM, as both standards appear to reduce contemporaneous inventive activity. Looking more carefully in the original data of Germany and Japan, it appears that this type of inventive activity peaked at the end of the 1990s, which is several years before further restrictions were introduced, in particular Euro IV in the European Union. This also fits observations that Euro IV regulations created pressure on the automobile industry to find new ways to reduce the main pollutants from car exhausts jointly, particularly also for diesel cars. This explains why the standards for HC and PM appear to have had even a negative impact, because they were tightened before and particularly after the main inventive period.

Table C.2. **Empirical results: Input (improved engine design) technologies**

	(1)	(2)	(3)
Standard CO	-11.58 (8.96)	-15.60* (8.78)	-9.24 (7.41)
Standard HC	-8.83*** (1.91)	-8.13*** (1.88)	-8.36*** (1.91)
Standard NO _x	57.05*** (12.83)	62.90*** (12.63)	40.12*** (14.12)
Standard PM	-6.25*** (2.36)	-8.13*** (2.38)	-5.54*** (2.60)
Standard FE	-4.49 (3.55)		0.59 (0.86)
Standard FE (low)		8.72** (3.72)	
Petrol tax	456.34** (191.37)	491.81*** (191.37)	-223.65 (185.62)
Petrol price	-78.35 (69.96)	-196.32*** (66.64)	468.72*** (98.10)
Time fixed effects	No	No	Yes
Adjusted R ²	0.90	0.90	0.89

Note: All regressions include a control for total patents and country fixed effects, and were performed with OLS. They also each have 108 observations and three groupings. P-values in parentheses, based on robust standard errors.

* $p < 0.05$.

** $p < 0.01$.

*** $p < 0.001$.

Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318224>

The strong positive effect of the petrol tax on engine redesign technologies is also remarkable. This effect is statistically even stronger if the model is re-estimated with the lowest fuel efficiency standards [column (2) in Table C.2] or without the (insignificant) standard for fuel efficiency (not included). However, this result fails to pass several robustness checks, including adding time fixed effects [see model (3) in Table C.2]. Somewhat surprisingly, the signs of both tax and petrol price switch, whereas only the petrol price remains significant if time fixed effects are allowed. Again this specification is robust to both inclusion or exclusion of different variables in specification (1) including petrol tax and price individually. As such, this result is not robust enough to state that increasing petrol taxes induce innovations in car engine technologies.

A final set of estimations looks at the main drivers of the output technologies, mainly fuel efficiency improvement technologies. One would typically expect fuel efficiency standards to be the most important driver here. However, neither these measures nor a positive contemporaneous effect by fuel market prices seem to have had an effect at all [see Table C.3, column (1)]. The most important driver, however, is petrol taxes. The positive effect for taxes is confirmed by other specifications, including one with the lowest fuel efficiency standard [model (2)], and a model without NO_x standards which controls for potential multicollinearity with other standards [model (3)]. In addition, adding time fixed effects does not change this strong correlation [models (4) and (5)]. So, increasing petrol taxes induces inventors strongly to invest in new technologies, in particular in inventions that reduce fuel use per kilometre driven directly.

Table C.3. Empirical results: Output technologies

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Standard CO	-2.78** (1.29)	-2.99** (1.27)	3.52*** (0.93)	-1.64 (1.20)	-1.40 (1.16)
Standard HC	-0.97*** (0.28)	-0.91*** (0.27)	-0.14 (0.28)	-0.56* (0.31)	-0.56* (0.30)
Standard NO _x	11.57*** (1.85)	11.96*** (1.83)		6.40*** (2.30)	5.85*** (2.20)
Standard PM	-1.60*** (0.34)	-1.75*** (0.34)	-0.06 (0.28)	-1.31*** (0.42)	-1.24*** (0.41)
Standard FE	0.29 (0.51)		-0.04* (0.60)	0.18 (0.56)	
Standard FE (low)		1.06* (0.54)			
Petrol tax	108.05*** (27.62)	103.00*** (26.55)	106.34*** (32.54)	88.27*** (30.10)	73.40*** (24.52)
Petrol price	-32.34*** (10.10)	-38.25*** (9.63)	-17.93 (11.58)	-13.87 (15.91)	
Time fixed effects	No	No	No	Yes	Yes
Adjusted R ²	0.66	0.65	0.63	0.80	0.80

Note: All regressions include a control for total patents and country fixed effects, and were performed with OLS. They also each have 108 observations and three groupings. P-values in parentheses, based on robust standard errors.

* $p < 0.05$.

** $p < 0.01$.

*** $p < 0.001$.

Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318243>

Estimating the sensitivity of patenting of output technologies for the tightening of emission standards produces similar results compared to the patenting of engine redesign technologies at first sight. In this case, however, the results are quite sensitive to multicollinearity problems caused by the inclusion or exclusion of the NO_x standard. Without this standard, the estimations produce a very simple and intuitive story [see model (3)]. Not only are the other emission standards no longer significant (including those with negative signs), but also the fuel efficiency standard and the CO standard have the expected signs. Also the negative effect from the real petrol price disappears in that case. All of these results do not fundamentally change if time fixed effects are controlled for.

Conclusions

Important regulatory interventions by governments in Germany, Japan and the United States have induced serious inventions in the car market. Specifically, key findings from this case study include:

- In inducing innovation, regulatory pressure (including taxes) is much more important than changing net-of-tax petrol prices. This is particularly true for contemporaneous innovations, since inventors may react slowly when they are taken by surprise (rising oil prices are notoriously difficult to predict and, therefore, anticipate).
- There is some evidence that standards, in particular for CO and to a lesser extent NO_x, strongly correlate with inventions in the main technology groups distinguished in this paper, emission abatement (“emission”), engine redesign (“input”) and fuel efficiency (“output”) technologies.

- Petrol taxes seem to have had an impact, in particular on the technologies that increase fuel efficiency. This may be due to the fact that such taxes can be anticipated by innovators and automobile manufacturers may be able to gain market share by selling consumers vehicles that reduces fuel use (because of rising excise taxes on motor fuel).
- Somewhat remarkable is the limited effect observed for fuel efficiency standards, particularly for inventions in fuel efficiency and engine redesign technologies. For emission abatement technologies, an effect is observed but only from local policies, including negotiated agreements.

Clearly these conclusions are conditional on further work that should be undertaken. The simplest and clearest observation is that the estimation methodology used so far should be subject to further refinement, like the use of count data methods and the inclusion of other countries. Potentially more important, however, is that new and convincing hypotheses could be built on a deeper analysis of how regulation and technologies are related. Both the technologies involved, as well as the regulatory interventions, have many relevant dimensions that sometimes, but not always, are closely linked, such as the serious technical trade-offs in controlling pollution. There are also likely effects from inventions, which are mainly limited to specific countries, but easily cross borders as embodied technologies in new models. Finally, there is the area regarding how regulators interact and respond to autonomous or regulation-driven changes in the car market. For instance, the growing number of diesel cars in Germany forced the regulators to respond by increasing exhaust regulation, in particular PM, but also seems to have been the result of its own fuel tax policy, with petrol taxes increasing more compared to diesel taxes.

For more information on fuel taxes and emission standards, the full version of the case study (OECD, 2009) is available at [www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)32-final](http://www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)32-final).

References

- Masters, Gilbert and Wendell Ela (2008), *Introduction to Environmental Engineering and Science*, Third Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- OECD (2009), *Fuel Taxes, Motor Vehicle Emission Standards and Patents Related to the Fuel Efficiency and Emissions of Motor Vehicles*, OECD, Paris, available at [www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)32-final](http://www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)32-final).

ANNEXE D

Switzerland's Tax on Volatile Organic Compounds*

This case study looks at the innovation impacts of Switzerland's tax on volatile organic compounds. Introduced in 2000, the tax covers all emissions of VOCs in Switzerland – both in the production and in the consumption of products containing them. Focusing on three industries, the case study found that innovation did take place by firms. The vast majority of it, however, consisted of incremental innovations and homemade solutions that were not patented. Also highlighted were the barriers that individual firms face to innovating, such as capital equipment sourced from a large manufacturer. The tax on VOCs appears to have also led to significant environmental improvement.

Rationale for the environmental policy

Volatile organic compounds (VOCs) comprise a wide variety of chemicals, characterised by their ability to vaporise quickly and their non-aqueous nature. Although the broad definition generally includes substances such as methane, hydrocarbons and ozone-depleting substances, focus is usually placed on a more limited definition of substances relating to solvents (alcohols, acetone, benzene, etc.). They can be found in various products like paints, varnishes and some detergents and are used in many industries for cleaning purposes, including metal fabrication and dry cleaning. Released into the atmosphere, they interact with nitrous oxides to form high concentrations of ozone at low altitude (summer smog). They are also known to have negative human health effects for exposed workers.

Design of the instrument

The enabling legislation for the VOC tax entered into force 1 January 1998, and the tax was levied from 1 January 2000, with a rate of CHF 2 per kg. The tax was increased, as planned, to CHF 3 per kg at the beginning of 2003. The tax does not apply to all products classed as VOCs, partly because of the excessive administrative burden for customs clearance. Therefore, there is both a “positive list of substances” (e.g. benzene, butanes, ethers) that are VOCs themselves

* Disponible en français à l'adresse suivante <http://dx.doi.org/10.1787/888932341119>.

as well as a “positive list of products” (e.g. solvents, colorants, paints, perfumes, beauty products) for products containing VOCs that are subject to the tax.

As emissions are difficult to measure within a given firm, VOCs are taxed on entry into production and on importation into Switzerland. Imported products containing VOCs are taxed on importation according to the quantity of VOCs they contain. Products manufactured in Switzerland are taxed indirectly through the tax already levied when VOC substances are purchased. The VOCs remain liable for the tax if they escape into the environment or if they are sold (transferred) to Swiss consumers. However, VOCs exported as substances or in products not liable to the tax are exempt because they are not released into the environment in Switzerland. To account for all these imports, exports and uses of VOCs, firms are required to keep a VOC balance sheet.

Exemptions likewise apply to VOCs in products whose VOC content does not exceed 3% and to VOCs in products not included in the positive list. In addition, firms that have taken measures on a stationary installation and reduced emissions significantly below stipulated limit values can be exempt from the tax. These limits refer to levels that are 30% lower than the maximum limit (since 31 December 2003) and 50% lower (since 31 December 2008).

The direct effect of the tax is to increase the cost of making products with a VOC content of more than 3%. If the tax is passed on, products intended for the domestic market become more expensive to buy. In that respect, Swiss and foreign products are treated alike in tax terms. Exemption from the tax for exported products helps to keep Swiss products with a VOC content of more than 3% competitive on export markets. That is no longer the case if production costs in Switzerland increase because VOCs that escape into the environment during production are taxed. Under these circumstances, Swiss products made using taxed VOCs are at a disadvantage in Switzerland in comparison with substitution products, and in other countries in comparison with competing untaxed products.

On the domestic market, the increase in the relative price of products that are more expensive to produce on account of the tax discourages consumption of such environmentally harmful goods and services. Thus, final and intermediate consumers are encouraged to shun products whose manufacture is a source of emissions in favour of cheaper and potentially less harmful substitution products (if they exist). Firms can react in two ways, depending on whether the problem lies with the production process or the product:

- They can reduce emissions by changing the production process. Firms may be expected to “innovate” if their current and future (discounted) direct and indirect costs are lower than the tax they would otherwise have to pay. Firms that use small quantities of VOCs thus have little incentive to innovate in order to further reduce VOC emissions.
- They can reduce or eliminate the VOCs contained in their products (or cut the concentration of VOCs to less than 3% by volume), as long as that does not significantly alter their quality or end use. However, they are unlikely to do so if the tax represents only a small fraction of the product’s value.

Revenue rose from CHF 67 million in 2000 to a peak of over CHF 140 million in 2005, falling back to CHF 126.7 million in 2006 and 2007. It is estimated that the figure will level off at CHF 125 million annually over 2008-10. The tax, which is redistributed to the population, represents only 0.3% of federal revenue and 0.1% of all public authority revenue.

Environmental impacts of the tax

Emissions of VOCs liable to the tax fell significantly between 2001 and 2004, having already declined between 1998 and 2001. Table D.1 shows the estimated reduction for the most polluting industries; the reduction for all industries since 1998 is estimated to be around a third.

Table D.1. **Largest VOC reductions by industry**

Industries liable to the tax	Change 1998-2001		Change 2001-04	
	Tonnes	%	Tonnes	%
Industry, crafts and households	-9 700	-12	-17 200	-25
Paint applications	-3 100	-13	-11 000	-54
Printing	-1 800	-16	-4 900	-51
Metal cleaning	-700	-18	-1 100	-34
Wood protection applications	-270	-15	-730	-48
Emissions of solvents, miscellaneous	-200	-11	-500	-29
Hairdressing salons	40	5	-480	-59

Source: OFEV (2007).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318262>

Three activities – printing, metal cleaning/degreasing and paintmaking – were chosen as industries for case studies for the rest of the study. Printing was chosen because of its large emissions (4 179 tonnes in 2004), the fact that several studies had already looked at the Swiss print industry, and that the industry had also organised itself in the effort to reduce VOC emissions (making the industry easy to approach and the existence of technical documentation). A generally high level of emissions and a relatively large emission factor also spoke in favour of metal cleaning (2 065 tonnes in 2004). Cleaning as part of the metalworking process is an important activity in several industries, such as automobile parts, clockmaking, medical equipment, electrical engineering and machine construction. Finally, an activity with relatively low VOC emissions that hitherto has been the subject of little, if any, analysis was chosen: paintmaking (448 tonnes in 2004). Although the industry is relatively homogeneous, it has a wide range of applications (construction, wood, etc.).

VOCs are used differently among the three industries. In printmaking, VOCs can be found in the inks, colours, and toners (to help the finished product be crisp and of high quality), as well as being used to clean the printing machines. In paintmaking, VOCs are also used to clean the machines and equipment in addition to the fact that (generally) VOCs are a constituent part of the final product (paint, varnishes, lacquers) to help with drying. Metal cutting is somewhat different. To prevent oxidation of metals after fabrication, greases are usually applied to protect them. VOCs are then used later on to remove the grease, providing a non-aqueous solution that limits oxidation.

A sample of firms in each industry was interviewed. The group should include, for each VOC-emitting activity, at least one small, one medium and one large firm, one firm belonging to a foreign group and one independent firm. About one third of the firms contacted finally granted an interview. Some, especially smaller firms, did not feel particularly concerned by the tax, either because they use negligible quantities of VOCs or were not motivated to take part in the survey, or because they regarded the tax as an “aberration” but were not inclined to say any more on the subject. Cantonal experts were

questioned in parallel to evaluate the strength of the incentive to innovate generated by cantonal air protection services in managing the VOC tax and to see the innovation behaviour through the eyes of cantonal experts.

Generally, the VOC tax did cause changes in the three sectors analysed: activities generating VOC emissions were scaled back by adapting production processes (printing, paintmaking, metal cutting) or by putting new products on the market (paints). In the first case, this mainly involved raising awareness about and making less use of products that emit VOCs, washing and cleaning products and solvents, and replacing them with water-based products. In the second case, it involved new products like water-based and solvent-free paints and paints containing few solvents (*e.g.* high solid paints). In particular, in the metal cutting industry, the VOC tax was a decisive financial incentive for changing the way they cleaned parts. Distilling plants, benzene jars (to capture VOCs) and replacement cleaning products alone, which did not require large-scale investment, enabled them to reduce their emissions by an appreciable amount, perhaps by around 10-20%.

These emission declines occur for a wide range of reasons, with the VOC tax being a significant driver. However, the amount of the tax sometimes seems rather small, or even negligible, in relation to the product cost or price or sales, particularly for large firms. However, other factors were also quite important in accounting for reductions in VOC emissions. Increases in employee health due to improved air quality are important. Greater awareness among employees about the use of VOCs in production processes, greater know-how and the rising price of alcohol (a substitute) in relation to water are additional factors. In the printing industry, the advance of digital printing may also explain some of the changes in the production process. Growing environmental awareness among customers seems to favour a move towards more environmentally friendly production processes and products. In paintmaking, customers are demanding less solvent use in products (because of the smell). Finally, the existence of other regulations is encouraging demand for reduced-VOC products (such as EU directives on paint that have a large impact on Swiss paint exports).

Yet, there are limits to emissions reductions. In printing, for reasons of quality and perhaps also price, some printers – depending on their type of output (high-quality work, for example) – still appear to prefer VOC-based products. All the printers interviewed agreed that a minimum level of alcohol is still necessary in printing to guarantee high quality and to keep presses productive. Progress has been made in cleaning products and detergents, but again it often seems difficult to do away entirely with products containing VOCs, especially for productivity reasons. Another difficulty is that manufacturers of printing presses often advise against using VOC-free products, even on the latest machines, with possible consequences for the warranty. For paints used in construction, which are the most important products for the firms in the survey, climatic conditions (low temperatures and humidity) often mean that it is not possible to use only water-based products. With respect to metal cutting, there is still scope for further reductions by replacing VOC products but it is acknowledged that the use of non-VOC substitutes and the necessary changes to procedures are tricky, partly because the quality of degreasing and drying is often not (yet) guaranteed and partly because parts made of steel or iron begin to rust on contact with water, an irreversible process.

Finally, it seems that abolishing the tax would not reverse changes to manufacturing processes or products. The health and safety advantages of making less use of products

containing VOCs are undeniable. In addition, environmental awareness within firms has increased, partly as a result of the VOC tax, and they are increasingly starting to play the “green” card.

Innovation impacts of the instrument

Printing

At first sight, most of the changes that have taken place are based on the introduction of existing formulae or technologies that reduce VOC consumption and emissions throughout the production process. In the printing industry, less use is made of isopropyl alcohol in production processes, both in printing itself and in cleaning products (used to clean the rollers in offset printing). The printing presses are often the same and it is up to the printers to find the right dose of alcohol and seeking a technical solution to minimise VOC use by varying the printing technique, the VOC content of colours and the water quality.

Apart from making less use of products containing VOCs when cleaning the equipment after each print run, the challenge consists in reducing the alcohol content responsible for reducing the surface tension of the water in the ink on contact with the print medium. Thus, printers are increasingly moving towards zero alcohol use in ink and colours, even though the goal is still difficult to achieve (technically and financially) for the same level of quality. One problem in this context also lies in Swiss firms’ lack of influence on foreign manufacturers of printing machines, who often advise against the use of VOC-free inks and colours. In contrast, where colours are concerned, producers seem more inclined to listen.

Efforts have been made to reduce VOCs in the products used to clean the rollers, but none of the firms in the study has been able to entirely eliminate products containing VOCs. However, the brand new press installed in one firm in 2008 can be cleaned with alcohol-free products. The same firm also uses an osmosis device to soften its water, which also cuts alcohol consumption and hence VOC emissions.

Thus, the changes observed in the printing industry can mostly be characterised as process innovation, since they concern machines, developed by the manufacturers, and production inputs: less and less isopropyl alcohol is used in the production process. Changes can also be observed among staff: printing with little or no alcohol is becoming an integral part of printers’ know-how and there is a growing awareness of the need to use VOCs sparingly.

Testing new machines to achieve low-VOC production (in this case, less use of isopropyl alcohol) is often expensive for firms. The main problem lies in the quality of the finished product, which is difficult to maintain while using less alcohol. However, tests carried out by individual firms lead to changes in production processes that can be qualified as innovations. Most printers seem to belong to the category of firms that adopt and take up innovations. None of the firms interviewed had an R&D unit, reflecting the general situation in the industry.

Paintmaking

Changes in the paintmaking industry tend to involve the introduction of processes that make less use of VOCs. The use of solvents in manufacturing processes has often been greatly reduced (*e.g.* in acrylic varnishes) or entirely replaced by water-based products. In addition, low-VOC or VOC-free products are increasingly used during production, especially to clean

tanks. For example, one firm has introduced a solvent-free tank cleaning system that cost CHF 450 000 but has enabled the firm to reduce its VOC emissions by 30 000 kilograms.

Similarly, in 2007, one firm bought a new cleaning device for CHF 300 000 in order to clean tanks used for products that do not contain VOCs. Other benefits of this measure include less risk of accident, less risk to health and a reduction in smells. Changes in manufacturing processes here also affect the end product. Some products can therefore be classed as new (*e.g.* high solid and aqueous varnishes), thus representing technological product innovations. This was the case for four of the seven firms interviewed, without counting innovations by the parent of one firm outside Switzerland. As long ago as the 1980s, the Swiss paint and varnish industry had already set itself the goal of reducing or even completely eliminating VOC-based solvents. The introduction of existing exhaust air-purifying technologies or, in the case of one firm, of end-of-pipe scrubbing represents a change that can be qualified as innovation. An industry-wide recycling scheme for customers is another major change.

Metal cutting

VOC emissions can be reduced by two changes in the production process:

- Replacing VOCs (traditionally used to degrease metal parts without residue by evaporation and, in much smaller quantities, to clean machines) with water-based detergents or bacterial systems.
- Using VOCs only in closed recipients and devices so that they can no longer escape into the atmosphere, including used product recycling. Emissions can be further reduced by changing working practices involving VOCs and recycling used substances.

Replacement means changing degreasing processes, although more needs to be done to identify and select detergents suited to the types and materials of manufactured parts, usually by repeated on-site testing. In many cases, the replacement products and procedures are not (yet) entirely satisfactory, and what works for one firm does not necessarily work for all. Not all the firms interviewed systematically co-operate with others in the same industry: each one has its own “recipes” and firms neither co-operate on research nor share their experience. Switching to detergents sometimes involves relatively substantial investment, like buying a detergent-based washer instead of or in addition to existing VOC-based equipment.

Closed-circuit degreasing devices are now standard in the metal cutting industry: the firms interviewed made the change before the tax was introduced or during the early years (2000-01). Production equipment benefits from technical advances made by manufacturers and suppliers, who are at least partially in tune with the environmental demands of clients and politicians. Greatly encouraged by the tax, lidded benzene jars are used extensively for regular controls of manufactured parts. However, quality control staff often do not close the lid after dipping the parts, since the operation may be repeated dozens or hundreds of times a day.

Only two of the firms interviewed have research and development activity *per se*. R&D focuses on improvements to existing equipment, the construction of specific inspection devices and greater efforts to optimise production processes. The biggest firm in the sample has joined forces with a manufacturer to develop a prototype benzene jar with an automatic lid that would be entirely airtight, to prevent evaporation, and use a shower system to degrease parts rather than having to dip them into the liquid by hand.

Unsurprisingly, the relatively large number of changes announced by firms in the industry relate entirely to technological process innovations. Changes are driven by the acquisition of new equipment incorporating technological advances and by the introduction of new procedures. All the firms have learnt and invested in new degreasing techniques after extensive on-site testing.

The tax seems to have significantly reduced VOC emissions for metal cutters. Three categories of firms can be distinguished:

- The three large firms in the sample, which have been dealing with environmental issues for twenty years or more and included the aim of reducing VOC emissions in their “strategic” concerns when the VOC tax was introduced, have brought in the most up-to-date production technologies and have adopted cutting-edge technologies in other matters like water and waste treatment.
- Two firms became aware of the environmental problem of VOCs (and of other issues like workplace health and safety) when they had to start paying the tax and took measures relatively quickly.
- Two firms that have taken what they describe as “restrictive” measures to reduce emissions and the amount of tax payable, without being convinced of the administrative or technical efficacy of the tax.

Cantons’ viewpoint

The cantons consulted put forward a large number of examples of technological product and process innovation according to their dominant industries. Above all, they mentioned product improvements in paints, colours and solvents. Most of the cantons that took part in the study also noticed a clear reduction in the VOC content of cleaning products and detergents. But the downside of these successes is often the risk of a reduction in quality that in some cases cannot be tolerated, as in metal cleaning, for example. Given the current state of technology and existing substitution products, it is difficult for these activities to eliminate VOCs altogether.

Two types of process innovation have been introduced. The first, end-of-pipe innovations were generally introduced by big firms in large-scale installations before the VOC tax came into effect (*e.g.* an incinerator at a cigarette maker, a biological washer in a chemicals and pharmaceuticals plant). The second type of innovation concerns continuous improvement of the production process (printing).

Factors explaining the differences in firms’ innovation behaviour

Several factors seem to explain the differences in firms’ innovation behaviour. The most important seem to be the firm’s products (*e.g.* book or newspaper printing, interior or exterior paints, oil paints and the impossibility of eliminating VOCs from some products), customer demand (customers may be more or less environmentally demanding), the size of the firm (smaller firms seem to have to make more effort to innovate), the existence of an R&D unit (generally the case with paintmakers) and, finally, the firm’s own attitude towards the environment (integrated environmental strategy).

Many medium-sized and family firms take advantage of the need to renew technologically and economically obsolescent equipment to reduce VOCs. However, considerable thought and consideration is given to the present and future financial impacts of investment. For the smallest firms in the sample, some innovations were not made, or

were made only partially, because of the cost (problem of funding), except in the metal cutting industry; for others, some innovations like the installation of filters or the capture of VOC emissions are simply not financially viable. The financial obstacle is correlated to the size of the firm and whether or not it belongs to a group (national or international).

At canton level, the determinants of VOC innovation are quite variable. The perception of them may depend on the structure of the canton's economy and the presence of activities that generate VOC emissions. The factor most often mentioned is workplace health and safety, though other factors include the supplier and market demand, green credentials, the VOC tax, competition and international standards. Two cantons emphasised the importance of the tax as a factor favouring innovation.

All the cantons agreed that the frequency and mode of innovation depend to a very large extent on financial resources. Investing in green innovation is often too expensive for small businesses, while some big firms simply do not see any interest in it. Firms very often innovate of their own accord or follow innovations developed by suppliers. One canton noted that from 2009, small businesses will be able to get together to declare their emissions and obtain reimbursement, giving them a better basis for co-operation. Another canton with a dominant pharmaceutical industry said that many firms do R&D and develop innovations for other firms.

Few firms have suffered economic difficulties on account of the tax. No firm has moved, changed business or totally ceased production. But many, especially small firms, have not taken any measure that could be qualified as innovation because the tax is so small. Cantonal administrations also mention the problems of the quality of substitution products or technologically modified products.

All the cantons consulted found that there has been a definite improvement in products and processes in certain industries but that reducing VOCs does not seem to have been the main driver of innovation. Fewer than half the cantons interviewed had noticed any real change of behaviour in favour of the environment, and only one said that a small number of firms had innovated solely from a concern for the environment.

Ongoing incentive for emission reductions/innovation among industries

In the printing industry, the process of continuously adapting existing technologies certainly facilitates innovation and change. In order to remain competitive, especially in terms of printing speed, printers change their presses relatively often. This feature of the industry helps to explain what appears to be a very dynamic process. The costs of reducing VOC consumption generated by the various changes made are often negligible because the technology would be replaced in any case. Consequently, firms are not in a position to put a figure on the cost. In contrast, firms underline the regular effort that needs to be made to reduce VOC levels or keep them low. In compensation, they can sometimes reduce production costs because they use less alcohol. For these different reasons, the VOC tax can therefore act as an incentive to change or innovate, and environment-related technological aspects (in this case less use of VOCs) are included in the considerations driving change.

Innovation in the paint and varnish making industry also seems to be a dynamic process, but the link with the VOC tax sometimes seems less obvious. For the reasons already mentioned (health and safety, cost, quality, concern for the environment), and for reasons of compliance with EU regulations, for example, firms are continuing to reduce the

use of products containing VOCs. However, for reasons of quality and climate (low temperatures, humidity) and according to usage (interior or exterior), it does not seem possible at present to eliminate solvents altogether.

Five of the eight metal cutters interviewed had no coherent environmental strategy. With the introduction of the tax they discovered a problem with VOCs which, while known, had not required any response or action on their part. While some may regret the heavy administrative burden, particularly of completing the VOC balance sheet, and see the tax as an additional factor undermining their competitiveness, they all recognise that something had to be done, even if only for the health and welfare of their employees. Measures have been taken continuously at a relatively rapid pace, creating an impetus for innovation, though not without taking profitability into account. Other measures to reduce VOC emissions are still possible, especially by using substitute products, though there is limited scope for substitution in a significant proportion of cleaning and degreasing activities.

If the tax were to be abolished, none of the firms interviewed would turn back the page. They seem increasingly to be playing the “green” card, which also increasingly corresponds to what customers expect. Low-VOC products could become a marketing plus, as is the case for other pollutants like CO₂, except perhaps in the metal cutting industry. Health and safety considerations in the production process also mitigate any return to the previous situation.

However, end-of-pipe measures often seem too expensive in the industries under consideration. The biggest printing firm interviewed, with over 400 employees, decided not to take end-of-pipe measures on cost grounds. One paintmaker with a catalytic/thermal air purifier regrets the high cost of the equipment and the associated energy consumption. The firm, which draws up a VOC balance sheet, thinks that abolishing the VOC tax could even encourage some firms to stop using their end-of-pipe equipment.

Conclusion

The Swiss tax has managed to cut VOC emissions and use by 20-50% in five to eight years in the firms interviewed and generated greater awareness of the environmental and other problems of VOCs (workplace health and safety). This is despite the fact that firms often regard the tax and the VOC balance sheet as a (heavy) administrative burden. Many firms, especially the smaller ones, are also ill-informed about how the tax works (VOC balance sheet, possibilities of exemption, etc.). There is also considerable displeasure about how the tax revenue is used; one proposal is that it should be used for projects to reduce VOCs.

Nevertheless, the VOC incentive tax seems to have had a positive effect on innovation. The relatively small amount of the tax means that it is not a major factor in making products more expensive. Although the firms interviewed have not so far really won customers because of their commitment to reduce VOC emissions, the innovations themselves are often profitable to the firms and neutral in terms of productivity.

In the three industries under consideration, the effects of innovation were highlighted. In printing and metal cutting, for example, changes have taken place in production processes that can be classified as innovation. In printing, this mainly concerns less use of products containing VOCs and of isopropyl alcohol; in metal cutting, it involves more efficient processes that reduce VOC emissions, including the use of substitutes. But as preserving end-product quality is vital, it is often not possible to entirely

eliminate VOCs or products containing VOCs. In paintmaking, innovation has taken place not only in production processes (less use of products containing VOCs, especially solvents) but also in products (water-based products and products containing less solvent). In the industry, the tax seems to have been one factor among others (health, safety, EU directives, etc.) encouraging innovation.

The timing of the innovations is also of interest. Some changes had already been made before the tax was introduced in 2000, others spanned the entire review period from 2000 to 2008. A minority of firms had planned in advance for the future changes to reduce VOC emissions or the use of products containing VOCs.

Potential for further reduction still exists, especially in processes, because product quality requirements often mean that no more can be done at the current time. However, although reducing emissions and the amount of tax payable continues to be a concern, the effect seems to be dissipating. Some firms have indicated avenues of innovation in the near future.

- *Paintmaking*: The main changes relate to processes (cleaning with water, closed-circuit systems, solvent recycling) and products, i.e. the development of low-VOC, VOC-free and water-based products (mineral paints, high solid paints and varnishes).
- *Printing*: The chief concern is to continue reducing the use of isopropyl alcohol in printing processes while maintaining a given level of quality. Other possibilities include using low-VOC or VOC-free cleaning products, detergents and cleaning systems, and using osmosis water treatment systems.
- *Metal cutting*: The options for reducing VOC emissions are known; mostly they involve replacing the VOC with detergents for cleaning and degreasing parts and recycling used substances. One firm is trying to improve benzene jars with a shower system; another, with suppliers, is working on the use of detergents for parts liable to rust on contact with water. For these firms, however, the main concern is to optimise processes in order to reduce VOC emissions, with a limited reduction in the amount of tax payable.

For more information on VOCs in Switzerland, the full version of the case study (OECD, 2009) is available at [www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)35-final](http://www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)35-final).

References

- OECD (2009), *Effects of the VOC Incentive Tax on Innovation in Switzerland: Case Studies in the Printing, Printmaking and Metal Cutting Industries*, OECD, Paris, available at [www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)35-final](http://www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)35-final).
- Office fédéral de l'environnement (OFEV) (2007), *Flüchtige Organische Verbindungen (VOC), Anthropogene VOC-Emissionen Schweiz 1998, 2001 und 2004*, Internet publication, 26 February 2007.

ANNEXE E

R&D and Environmental Investments Tax Credits in Spain

This case study examines the impacts of two tax credits in Spain: one for R&D investments and the other for investments in assets that relate to the environment. The tax credit for environmental investments did not seem to induce innovation, partly due to the fact that the tax credit could be triggered for investments needed to comply with existing environmental policies. On the other hand, the R&D tax credit seemed to support environmental innovation, given the number of firms that made use of the environmental investments deduction after having used the R&D deduction.

Rationale for environmental policy

Like all OECD economies, Spain faces a range of environmental challenges and its recent strong economic performance – GDP has grown 44% between 1995 and 2005 – has resulted in the need for stronger environmental policies. For example, greenhouse gas emissions increased by 52% between 1990 and 2005, mainly due to higher overall economic activity, higher energy intensity and due to emissions in the transport sector, which increased 78% over the same period. NO_x and ammonia emissions also increased, while emissions of SO₂, CO and VOCs were reduced. As regards municipal solid waste, generation per capita rose by 62% between 1990 and 2004.

Higher pressures have also been exerted on the use of natural resources. Water is one of the most critical resources in Spain. Agriculture accounts for more than 75% of total water consumption, although it almost stabilised in absolute terms during the period 1997–2004. On the other hand, water used for public supply (households, non-agricultural economic activities and municipal uses) increased by 31% between 1996 and 2004, without any progress being made in terms of reducing water use intensity. For all these reasons, policies in Spain have been enacted to help address a wide range of environmental issues.

Design of the instruments

This case study focuses on two policies, both tax schemes regulated within the Spanish Corporate Income Tax. The first – the R&D and technological innovation (R&D&I) tax credit – aims at stimulating expenditures on research and development for a wide variety of issues within the economy, including those related to the environment.

The base is 30% of the expenses on R&D incurred during a given year. Where these expenses exceed the average of the previous two years, a base of 50% is applied to the excess, making this tax credit both volume-based and incremental. In addition, an extra 20% tax credit applies for expenses on qualified researchers assigned exclusively to R&D activities, and for expenses related to projects entrusted to universities, public research bodies or innovation and technological centres. There is also a tax credit for 10% of the investments on fixed or intangible assets for R&D activities and for expenses on technological innovation incurred a given year. The base for this tax credit includes expenditures such as those on industrial design, engineering related to production processes, acquisition of advanced technology in the form of patents or licenses, obtaining the ISO 9000 and analogous certificates. The tax credit is 15% in the case of expenses related to projects entrusted to universities and other agencies, public research bodies, or innovation and technological centres. R&D and technological innovation expenses incurred abroad may qualify for this tax credit, provided that the main R&D activity takes place in Spain and the expenses incurred abroad do not exceed 25% of the total. There are also global limits to deductions.

With the aim to increase legal security for firms and to encourage them to make use of the R&D&I tax credit, firms may also voluntarily request reasoned reports from the government, which state the compliance of the proposed activity with the scientific and technological criteria required to qualify for the tax credit. The number of applications for reasoned reports for the R&D&I credit has increased steadily since being introduced, along with the number of reports issued (see Table E.1).

Table E.1. **Use of reasoned reports in Spain**

	2004 (FY 2003)	2005 (FY 2004)	2006 (FY 2005)	2007 (FY 2006)
Number of applications	298	561	905	1 215
Number of reports issued	252	496	696	–

Source: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2007) and Gutiérrez (2008).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318281>

At the same time, according to a survey conducted in 2006 among manufacturing industries, awareness of the instrument is varied: 82.4% of companies with more than 200 workers were aware of the existence of this tax credit, whereas the percentage fell to 49.5% for those between 10 and 200 workers.

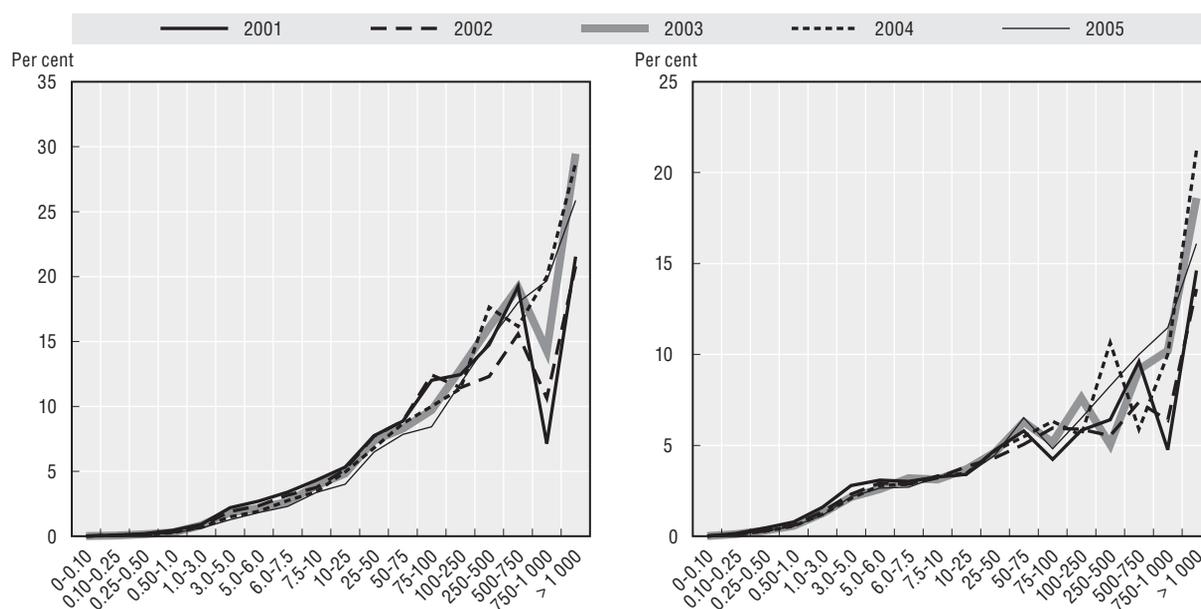
The second is designed to foster investments for environmental protection. The tax credit is 10% of the total investment in tangible assets devoted to environmental protection consisting of installations used to: i) avoid air pollution from industrial facilities; ii) prevent pollution of surface, underground and sea water; iii) reduce, recover or adequately treat industrial waste; and iv) generate renewable energy from selected processes. The tax credit is 12% in the case of purchases of new land-based means of transportation for commercial or industrial use. In order for these investments to qualify for the tax credit, they have to

go beyond what is legally required, and must be included in programmes or agreements with the corresponding environmental authorities, who subsequently have to issue a certificate validating the investment.

Over the period 2000-05, the average value of the R&D&I tax credit was about EUR 70 000 (EUR 16 000 for environmental investments) and the percentage of companies making use of the tax credit broadly grows as their size increases, along with the average size of the tax credits (see Figure E.1). These two factors combine to make it possible for larger companies to capture a high share of the R&D&I tax credit (*e.g.* in 2005, 93.3% of all the deducted amount benefited companies with a net turnover higher than EUR 10 million, whereas they represented only 1.9% of all declarations and 72.9% of the total net corporate tax payable).

Figure E.1. **R&D&I and Environmental Investments tax credit use by firm size**

Percentage of firms by turnover (million EUR)



Source: Ministerio de Economía y Hacienda (2004, 2005, 2006, 2007, 2008).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317692>

The Environmental Investments (EI) tax credit is used by a limited number of companies (0.4% of all declarations in 2005) but its scope is significant. According to estimates in 2005, private companies invested EUR 1 033 million on environmental protection. Therefore, the tax credit represented 8.7% of total investment in environmental protection declared by private companies. Considering that the tax credit is approximately 10% of the quantity invested, this means that most of the investment on environmental protection undertaken in Spain was supported by this tax credit.

The legal condition that “investments have to go beyond what is legally required” implies that investments regulated are (in principle) undertaken on a voluntary basis. However, this tax credit also benefits in practice investments aimed to comply with the existing legislation (and that would be undertaken anyway). Of the EUR 384 million in eligible investments under this tax credit in 2005, over 60% was directed at air pollution, with about 20% at each of water and waste.

In 2006, a progressive phasing out of the two tax credits was agreed upon. The R&D&I deduction was to disappear in January 2012, whereas the other one will disappear in January 2011. In March 2009, however, it was agreed to not abolish the R&D&I tax credit.

Environmental impacts of the R&D&I tax credit

In fiscal year 2005, 7% of projects supported with R&D&I reasoned reports were specifically oriented to environmental protection and accounted for 4.6% of all validated expenses. These figures should be compared to the relative importance of the environmental sector in the Spanish economy. A rough comparison can be made with Spanish private industrial companies having invested EUR 1 033 million in environmental protection, being 4.9% of their total investment in machinery and equipment. Whereas the proportion of investments in environmentally motivated projects supported by reasoned reports is about the same, the number of environmentally motivated projects is significantly larger in relative terms. This suggests possible positive environmental consequences of the R&D&I tax credit, especially in terms of the number of environmental R&D and technological innovation projects that were induced.

Another way to look for possible environmental implications of the R&D&I tax credit would be to analyse the environmental investments undertaken during the years following the application of this tax credit. The aim is to check if making use of the R&D&I tax credit has any incidence on the subsequent application by companies of the environmental investments tax credit. Two approaches have been followed.

First, temporal asymmetries have been analysed when analysing companies that benefit from one type of tax credit after the other. For example, 4 408 companies made use of the R&D&I tax credit in 2000. Of these, 333 applied the environmental investments tax credit the following year (7.6%). The underlying idea is that if the R&D&I tax credit activates subsequent environmental investments, the relative number of companies making use of the environmental investments tax credit after having applied the R&D&I tax credit will be higher than the reverse. Table E.2 confirms that the percentage of companies making use of the environmental investments tax credit the year after using the R&D&I tax credit is always greater (on a year-to-year comparison) than the percentage of companies making use of the R&D&I tax credit the year after using the environmental investments tax credit.

Table E.2. **Sequential impact of tax credits**

	2001	2002	2003	2004	2005
Percentage of companies applying or generating the environmental investments tax credit the year after applying or generating the R&D&I tax credit	7.6	7.3	8.5	7.8	8.0
Percentage of companies applying or generating the R&D&I tax credit the year after applying or generating the environmental investments tax credit	7.2	6.8	7.8	7.8	7.3

Source: OECD (2008).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318300>

A second approach tests if companies behave differently after having made use of the R&D&I tax credit, as compared to when no such tax credit had been used. Thus, Table E.3 presents the 34 071 companies that generated or applied any of the two tax credits during 2001-05 according to whether or not they made use of the R&D&I tax credit in the initial year of the two sub-periods (2000-02 and 2003-05).

Table E.3. **R&D&I tax credits and tax credit use**

Companies that benefited from either two tax credits, according to whether they made use or not of the R&D&I tax credit in years 2000 and 2003

Use of the R&D&I tax credit ¹		Number of companies using either R&D&I or EI credit
2000	2003	
Yes	Yes	2 015
Yes	No	2 393
No	Yes	3 941
No	No	25 722
Total		34 071

1. Either application or generation of the tax credit is considered.

Source: OECD (2008).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318319>

From these four groups, Table E.4 focuses only on the two that can be used to compare the net effect of the use of the R&D&I tax credit on subsequent application of the environmental tax credit, *i.e.*: i) the group of companies that made use of the R&D&I tax credit in 2000 and did not apply it in 2003; and ii) the group that did not make use of the R&D&I tax credit in 2000 but did so in 2003. This change allows for the interpretation of firm behaviour in terms of the environmental investments tax credit in the two subsequent two-year periods (*i.e.* 2001-02 and 2004-05). For each of the two groups of companies and for each of the two periods, Table E.4 presents information on the number of companies making use of the environmental investments tax credit in any of the two years, as well as on the amount of the tax credit.

Table E.4. **Impact of R&D&I tax credit on use of EI credit**

Number of companies	Use of the R&D&I tax credit ¹		Companies making use the environmental investments tax credit ²			Generated environmental investments tax credit (million EUR)			Applied environmental investments tax credit (million EUR)		
	2000	2003	2001-02	2004-05	Δ 04-05/01-02 (%)	2001-02	2004-05	Δ 04-05/01-02 (%)	2001-02	2004-05	Δ 04-05/01-02 (%)
2 393	Yes	No	192	136	-29.2	17.9	14.5	-19.1	4.8	3.8	-20.3
3 941	No	Yes	338	395	16.9	57.4	83.8	46.1	18.6	26.7	43.7

1. Either application or generation of the tax credit is considered.

2. Any of the two years.

Source: OECD (2008).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318338>

The results from these two independent approaches confirm that R&D and technological innovation projects that benefit from the corresponding tax credit lead in subsequent years to a small, but significant, amount of additional environmental investments that can be observed by an increase in the environmental investments tax credit. This links with the perception that some environmental investments that benefit from the corresponding tax credit have their origin in previous R&D and technological innovation projects that benefited from R&D&I tax credits. This can be illustrated using a similar methodology. Again, two three-year consecutive sub-periods are analysed within the 2001-05 period. In this case, companies were classified according to whether they made use or not of the environmental investments tax credit in the last year of the two sub-periods (2002 and 2005) (Table E.5) in order to analyse what happened during the previous two years regarding application of the R&D&I tax credit.

Table E.5. Environmental Investments tax credits and tax credit use

Companies that benefited from either two tax credits, according to whether they made use or not of the environmental investments tax credit in years 2002 and 2005

Use of the environmental investments tax credit ¹		Number of companies using either R&D&I or EI credit
2002	2005	
Yes	Yes	1 853
Yes	No	3 951
No	Yes	4 989
No	No	23 278
Total		34 071

1. Either application or generation of the tax credit is considered.

Source: OECD (2008).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318357>

From the four groups above, results in Table E.6 refer only to those two that can be used to compare the net effect of the previous application of the R&D&I tax credit on the use of the environmental investments tax credit, i.e.: i) the group of companies that made use of the environmental investments tax credit in 2002 and did not apply it in 2005; and ii) the group that did not make use of it in 2002 but did so in 2005. It shows that the use of the R&D&I tax credit is relatively higher before the use of the environmental investments tax credit than when this tax credit is not used.

Table E.6. Impact of environmental investments tax credit in use of R&D&I tax credit

Number of companies	Use of the environmental investments tax credit ¹		Companies making use the R&D&I tax credit ²			Generated R&D&I tax credit (million EUR)			Applied R&D&I tax credit (million EUR)		
	2002	2005	2000-01	2003-04	Δ 03-04/00-01 (%)	2000-01	2003-04	Δ 03-04/00-01 (%)	2000-01	2003-04	Δ 03-04/00-01 (%)
3 951	Yes	No	283	305	7.8	90.7	107.8	18.8	48.1	22.3	-53.6
4 989	No	Yes	245	362	47.8	95.1	155.0	62.9	21.4	60.2	181.2

1. Either application or generation of the tax credit is considered.

2. Any of the two years.

Source: OECD (2008).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318376>

In summary, this suggests that R&D and technological innovation projects that benefit from the corresponding tax credit lead in subsequent years to additional tax credits on environmental investments, which derive from additional environmental investments. This has been proved for the 2000-05 period. To reinforce this conclusion, for the same period it has also been proved that the use of environmental investments tax credit tends to be preceded by a higher application of R&D&I tax credits. However, there is debate about the effectiveness of fiscal incentives on R&D. In the case of the Spanish R&D&I tax credit, the tax credit may act only as an incentive for companies that are already undertaking research. Other limitations in the design and use of the tax credit may also undermine its possible beneficial environmental effects, including: regulations governing the tax credit have been modified repeatedly; insufficient awareness; lack of clarity and practicality of the legal definitions; and, uncertainty regarding application after 2011.

Innovation impacts of environmental investment tax credit

To study possible innovation impacts, the details of companies making use of both tax credits are useful. Although the number of companies making use of both tax credits simultaneously rose during the 2000-05 period, their relative presence was quite limited in percentage terms (only around 4% of the companies applying any of the two tax credits during that period), and this variable remained quite stable. However, they accounted for a very significant proportion of total amounts deducted, particularly in the case of the environmental investments tax credit. This indicates that the average tax credit (either R&D&I or environmental investments) is higher for companies making use of both tax credits simultaneously, as seen in Table E.7.

Table E.7. **Characteristics of tax credit use**

Value in euros	2000	2001	2002	2003	2004	2005
R&D&I tax credit						
Number ¹	4 408	5 767	5 585	5 956	6 037	6 045
Generated	562 666 120	1 070 207 317	657 094 753	773 828 103	881 520 933	934 942 943
Applied	185 566 986	220 256 602	204 860 450	251 088 783	299 880 114	348 084 993
Pending	377 099 134	849 950 716	452 234 304	522 739 320	581 640 819	586 857 950
Average tax credit generated	127 647	185 574	117 653	129 924	146 020	154 664
Environmental investments tax credit (EI)						
Number ¹	4 594	6 218	5 804	6 107	6 396	6 842
Generated	207 963 080	187 176 047	160 204 069	171 557 840	186 638 055	219 979 982
Applied	58 086 821	61 188 366	56 652 641	55 625 625	89 599 204	89 391 208
Pending	149 876 259	125 987 681	103 551 428	115 932 216	97 038 851	130 588 774
Average tax credit generated	45 268	30 102	27 602	28 092	29 180	32 151
Both tax credits						
Number ¹	323	468	498	502	488	496
Generated (R&D&I)	85 611 136	117 589 518	118 046 576	185 810 955	166 023 172	198 275 167
Applied (R&D&I)	33 402 507	65 949 366	55 727 463	68 418 295	76 548 040	87 630 444
Pending (R&D&I)	52 208 629	51 640 152	62 319 113	117 392 660	89 475 132	110 644 722
Average tax credit generated (R&D&I)	265 050	251 260	237 041	370 141	340 211	399 748
Generated (EI)	31 688 138	39 693 774	31 954 965	38 974 226	57 978 517	76 908 038
Applied (EI)	20 851 741	24 318 229	11 321 804	16 036 477	38 634 037	33 474 812
Pending (EI)	10 836 397	15 375 545	20 633 160	22 937 749	19 344 480	43 433 226
Average tax credit generated (EI)	98 106	84 816	64 167	77 638	118 808	155 057
Companies making use of any of the two tax credits	8 679	11 517	10 891	11 561	11 945	12 391
% of companies making use of both tax credits	3.7	4.1	4.6	4.3	4.1	4.0
R&D&I, % of total applied tax credit that benefits companies making use of both tax credits	18.0	29.9	27.2	27.2	25.5	25.2
EI, % of total applied tax credit that benefits companies making use of both tax credits	35.9	39.7	20.0	28.8	43.1	37.4

1. Number of companies having generated or applied the tax credit.

Source: OECD (2008).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318395>

Although between 2000 and 2005 the R&D&I and the environmental investments tax credits were used (generated or applied) on 33 798 and 35 961 occasions, respectively, only 34 071 different companies benefited from any of the two tax credits during this period. This means that the use of the tax credits is concentrated in some companies. Actually,

14 921 companies made use of these tax credits on more than one occasion during this five-year period. This also implies that having made use of either of the two tax credits increases the probability of making use of them again.

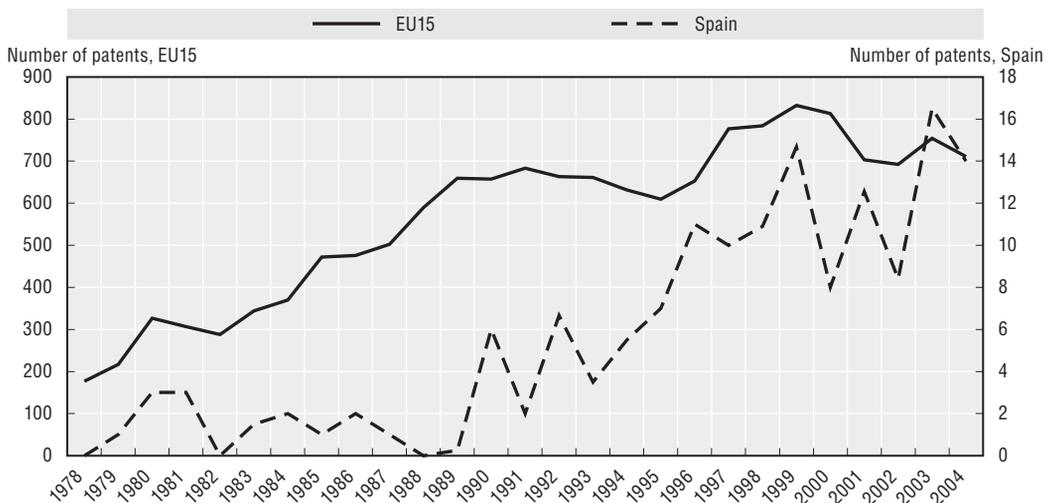
In 2005, the Spanish autonomous communities were asked to classify environmental investments validated for the tax deduction between “end-of-pipe” and “cleaner production” solutions, the former accounting for 67.8% of the entire invested amount. This has traditionally been the dominant approach to address environmental impacts. However, cleaner production solutions are gaining importance among environmental investment decisions. In practice the tax credit on environmental investments still benefits investments that simply aim to comply with the environmental legislation. The motivation of these investments seems more to be the need to fulfil the environmental legislation rather than the tax credit itself. This may explain why, despite the fact that the environmental investments tax credit can be deemed as a flexible policy instrument, its results in terms of promotion of cleaner production investments are lower than could have been expected.

If end-of-pipe investments are associated more with a reaction to environmental obligations and cleaner production is more associated with an initiative aiming at cost savings, it seems reasonable to suppose that the latter may entail more research and technological innovation. Therefore, the present weight of end-of-pipe technologies in the investments applying the environmental investments tax credit suggests a limited incidence of this tax credit in terms of innovation.

Given the specific focus of the environmental investments tax credit on air pollution, water pollution and industrial wastes, it is interesting to analyse patenting activity in these areas in order to detect possible positive innovation consequences of this tax credit. As shown in Figure E.2, the absolute number of environmental technology patents in the areas of air, water and waste has been growing for the last few decades in Spain. However, the growth rate in the number of these patents was similar before the introduction of the environmental investments tax credit (1997). The trend followed by the number of patents in these three areas has not been significantly different from that followed by the total number

Figure E.2. **Patent applications in Spain and EU15**

Patents in the areas of air, water and waste



Source: OECD (2008).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317711>

of patents, which indicates that the evolution in the number of patents in the three analysed areas is parallel to the general growth of innovation activities in the country. The starting point of Spain, back in the 1970s, was very low, both as regards innovation activities and the application of environmental policies.

The relative number of Spanish patents in the areas of air, water and waste are 4.7%, 84.7% and 10.5%, respectively, for the 1997-2004 period. These percentages are very different from the relative importance of these investments in the tax credit, which indicates that investments on air pollution clearly dominate within those applying the environmental investments tax credit. This poor correspondence between the composition of environmental investments that benefit from the tax credit and innovation in these areas (measured by the number of patents) suggests again a low incidence on innovation of the tax credit on environmental investments.

Limitations on the configuration and use of the tax credit on environmental investments may also undermine its possible beneficial effects on R&D and technological innovation. Some of the present limitations are: lack of harmonisation among Autonomous Communities; possible misuse because Regional Administrations validate while the Central Administration pays; tax credits for investments that would have taken place regardless; and, progressive loss of intensity of the tax credit, due to phasing out.

Conclusions

This case study has focused on the analysis of two tax credits regulated within the Spanish Corporate Income Tax: the R&D and technological innovation tax credit and the environmental investments tax credit. Only a small percentage of tax returns include the tax credits analysed, particularly in the case of the R&D&I tax credit. Among companies making use of these tax credits, a high percentage of the amounts deducted benefits a very limited number of large companies, which usually undertake larger and more costly projects. It has also been found that having made use of either of the two tax credits in the past increases the probability of using them again. The scope of the tax credit is particularly significant in the case of the environmental investments tax credit, which has been estimated to benefit a majority of the investments on environmental protection undertaken in Spain.

As regards the effects of these two tax credits, it is difficult to know what expenditures would have also taken place without the analysed incentives, and it was not the aim of this case study to analyse their effectiveness. Several studies analysed the tax credit on R&D and technological innovation in the past and generally concluded that it is effective in stimulating such expenses. No analyses exist on the effectiveness of the environmental investments tax credit. This case study focused on the analysis of the environmental effects of the R&D&I tax credit and on the effects on innovation of the environmental investments tax credit.

Although the two tax credits are largely independent, evidence has been found regarding positive environmental consequences of the R&D&I tax credit. For the period analysed (2000-05), it was found that the percentage of companies making use of the environmental investments tax credit in the year after applying the R&D&I tax credit was systematically greater than the percentage of companies making use of the R&D&I tax credit the year after applying the environmental investments tax credit. For the same period, using another methodology, it was also found that the application of the R&D&I tax credit increased the application of the environmental investments tax credit (*i.e.* additional

environmental investments being induced) in subsequent years. This conclusion is also supported by the fact that the proportion of environmentally motivated projects among projects supported by reasoned reports is higher than the proportion of environmental expenditures among total investment in machinery and equipment expenditures by Spanish industrial companies.

However, it seems that the relative presence of environmentally related R&D&I projects taking benefit of this tax credit is similar to that in other public measures to support R&D&I at the national level. In both cases, these percentages are higher than the percentage of internal R&D expenditures dedicated to environmental control and protection by private companies, which suggests a positive environmental bias in the innovation activities that receive public financial support.

As regards the environmental investments tax credit, several results suggest that it has no or very low impact on activating innovation. On the one hand, expenditures on cleaner production (as opposed to end-of-pipe expenditures) among investments are clearly lower than in average environmental investments. The present weight of end-of-pipe technologies in the investments taking benefit of the environmental investments tax credit suggests a limited incidence of this tax credit in terms of innovation, since environmental innovations are more often identified with cleaner production.

Moreover, the evolution in the number of patent applications in the areas of air, water and waste did not change significantly with the introduction of the environmental investments tax credit. Furthermore, the relative number of Spanish patents in the areas of air, water and waste is very different from the relative importance of these investments within the amounts deducted. This poor correspondence again suggests a low incidence on innovation of the tax credit on environmental investments. In any case, and despite the estimated positive environmental consequences of the R&D&I tax credit, it seems that if environmental R&D and technological innovation is to be fostered, stimulating R&D and technological innovation and environmental investments separately is not the best option. Several programmes specifically addressing environmental R&D and technological innovation could be reinforced or new ones could be created.

Some of the limitations of the two tax credits examined in this case study are associated with a changing legal framework (this has a cost in terms of stability and predictability), unawareness by companies on their existence (which leads to limited use), complexity and bureaucracy (which leads to higher administrative costs), uncertainty about their future (due to progressive phasing out), and legal uncertainty regarding possible tax audits. Some of these limitations could be overcome and this could lead to a greater use and effectiveness of these two tax credits. Some other limitations are their lack of flexibility (changing a law is required to modify their intensity, as opposed for example to the flexibility of subsidy programmes) or the fact that a positive tax payable is necessary in order to benefit from the tax credits (they can be deferred, but only for a limited number of years). In relation to this, it may happen that two companies that undertake the same activities benefit from the tax credit to a different extent.

Tax credits (and other subsidies as well) may be economically justified in some cases, for example when positive externalities appear. No subsidies or tax credits should be granted to actions that are compulsory to undertake, even though the EI tax credit continues to consider as eligible investments those that simply aim to comply with the existing environmental legislation. This is not according to the polluter-pays principle and

not only results in inefficient public expenditure, but also hampers a potential side-effect of this tax credit on innovation. Since environmental standards are often established considering the capabilities of the best available technologies, innovation required to just fulfil the legislation is relatively moderate. If only measures going beyond legal obligations were eligible for the environmental tax credit, investments making use of the tax credit would essentially pursue cost savings, which tend to favour clean production and, therefore, innovation.

Yet, there are positive aspects of the tax credit scheme that could be used to support its continuation. For example, tax credits constitute a form of public support that distorts the market the least, since companies decide whether to make use or not of the tax credit, and this is automatically granted if the application qualifies. Tax credits also entail (at least in principle) less administrative costs than subsidies, both for public administrations and for companies.

If the environmental investments tax credit were to remain, other reforms could be considered, such as the possible inclusion of other areas eligible for the environmental investments (*e.g.* efficient use of raw materials or others that also would increase the weight of cleaner production expenditures) or a more explicit support to investments in the service sector or to logistics. Also a limitation, or at least a more restrictive application, of the tax credit on the purchase of new land-based means of transportation should be considered, particularly since the vehicle registration tax was reformed in 2008 to foster cleaner vehicles, and since there are governmental programmes aimed at substituting older vehicles that partially overlap with this tax credit. However, if deeper reforms are considered, they should be ideally framed in a broader ecological reform of the Spanish tax system.

For more information on the two tax credits in Spain, the full version of the case study (OECD, 2008) is available at [www.ois.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)38-final](http://www.ois.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)38-final).

References

- Gutiérrez Monzonís, G. (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio) (2008), *Evolución del sistema de informes motivados 2004-2008*, Conference held at Consejo Asesor de Audit, 16 June 2008, Barcelona.
- Ministerio de Economía y Hacienda (2004), *El impuesto sobre sociedades en 2001. Análisis de los datos estadísticos del ejercicio* (The Corporate Income Tax in 2001. Analysis of the Statistical Data of the Fiscal Year), Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid, <http://documentacion.meh.es/doc/C9/Estadisticas/An%C3%A1lisis%20IS%2001.pdf>.
- Ministerio de Economía y Hacienda (2005), *El impuesto sobre sociedades en 2002. Análisis de los datos estadísticos del ejercicio* (The Corporate Income Tax in 2002. Analysis of the Statistical Data of the Fiscal Year), Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid, http://documentacion.meh.es/doc/C9/Estadisticas/Análisis_IS_02.pdf.
- Ministerio de Economía y Hacienda (2006), *El impuesto sobre sociedades en 2003. Análisis de los datos estadísticos del ejercicio* (The Corporate Income Tax in 2003. Analysis of the Statistical Data of the Fiscal Year), Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid, <http://documentacion.meh.es/doc/C9/Estadisticas/Imp.Soc-2003.pdf>.
- Ministerio de Economía y Hacienda (2007), *El impuesto sobre sociedades en 2004. Análisis de los datos estadísticos del ejercicio* (The Corporate Income Tax in 2004. Analysis of the Statistical Data of the Fiscal Year), Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid, <http://documentacion.meh.es/doc/C14/C1/Tributos/IMPTO%20SOCIEDADES%202004.pdf>.

Ministerio de Economía y Hacienda (2008), *Recaudación y estadísticas del sistema tributario español 1996-2006* (Tax Collection and Statistics of the Spanish Fiscal System 1996-2006), Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid, <http://documentacion.meh.es/doc/C14/C1/Tributos/Recaudaci%C3%B3n%20y%20Estad%C3%ADstica%201996-2006.%20Internet.pdf>.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2007), *Informes motivados para deducciones fiscales por actividades de I+D e innovación tecnológica. Informe Solicitudes 2006 (Ejercicio Fiscal 2005)* [Reasoned Reports for Fiscal Deductions for R&D and Technological Innovation Activities. Report on 2006 Applications (Fiscal Year 2005)], Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Madrid, www.eqa.org/boletin/oct07/imgboletin/pdf/I+D.pdf.

OECD (2008), *Taxation, Innovation, and the Environment – The Spanish Case*, OECD, Paris, available at [www.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)38-final](http://www.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)38-final).

ANNEXE F

Korea's Emission Trading System for NO_x and SO_x

This case study explores Korea's policies towards NO_x and SO_x emissions. A cap-and-trade system was implemented in 2008 and was expanded the following year. Although too early to investigate the environmental and innovation impacts, this instrument builds on previous policies targeted towards the same pollutants. These policies brought about increased patenting but mainly in end-of-pipe technologies.

Rationale for the environmental policy

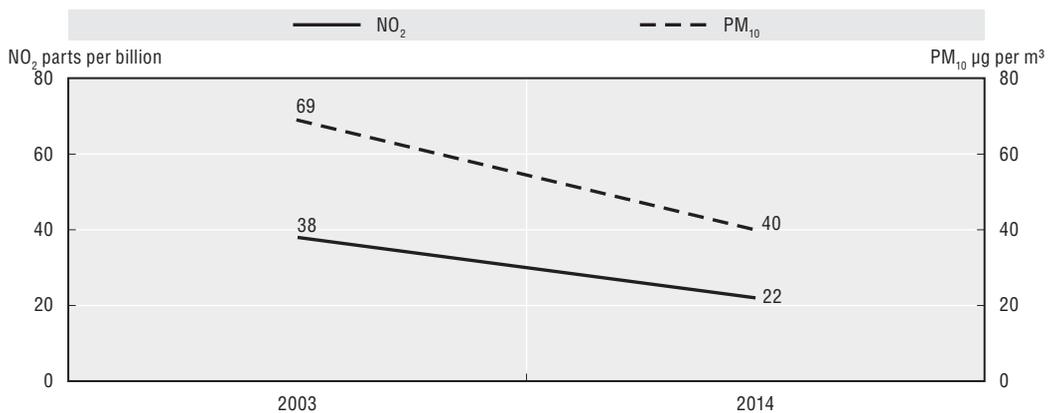
Air pollution in Korea is a major problem, such that atmospheric conditions in the metropolitan region in Korea are some of the worst among OECD nations. Emissions of NO_x, SO_x and other pollutants are quite high and are a by-product of fuel combustion. NO_x contributes to the formation of ground-level ozone and smog, while SO_x contributes to the formation of acid rain. These undesired consequences of industrialisation have both environmental and non-environmental effects (such as that on human health). The goal is to improve air quality of the capital region to the level of other OECD nations by 2014.

Design of the policy instrument

The legal framework took effect in January 2005, the basic plan was established in November 2005, and the State Implementation Plan was established in January 2007. Key policy tools include implementing a cap-and-trade system for emissions from large factories, providing low-emission vehicles and strengthening emission standards for diesel-fuelled cars. The cap-and-trade programme targeting factories became effective in July 2007.

The target year of the basic plan is 2014 and target air pollutants are NO_x, SO_x, PM₁₀ and VOCs. Specifically, the targets for 2014 are 22 parts per billion for NO₂ and 40 µg per m³ for PM₁₀. Figure F.1 shows the goals regarding NO₂ and PM₁₀ by 2014 compared to ambient levels in 2003.

One of the most interesting features of the Korean approach is the use of an emission trading system for NO_x and SO_x emissions. The air quality target of the capital was set based on the result of air quality prediction modelling and the regional environment capacity was then estimated considering terrain and weather conditions. Based on this analysis, the

Figure F.1. **Targets for ambient NO₂ and PM₁₀ concentrations**

Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317730>

Ministry of the Environment issues regional permission capacity. The city and provincial governments issue the pollutant emission limit of each industry according to the determined emission limit of the cities or provinces. In addition, they are in charge of total emissions management, reduction emissions investigation and reduction assessment.

The cap-and-trade programme targets 136 factories in Seoul, Incheon, and the Gyeonggi area, over 24 counties. Every year, maximum emission limits are issued under the cap-and-trade programme and business owners manage emissions of air pollutants within the permitted limits. For the first year, the target will be determined at the level of five-year average pollutant emission. For the final year, the goal is to reduce the pollution concentration to the level when optimal control device (the facility with superior reduction efficiency that is technologically and economically feasible) is established.

The targets of the cap-and-trade programme in Korea are for NO_x, SO_x, PM, and date of effect is January 2008 for Stage 1 and July 2009 for Stage 2. Table F.1 outlines the progression of the implementation of the cap-and-trade programme.

Table F.1. **Implementation progression of cap-and-trade programme**

Date of effect	Emission level (tonnes per year)		
	NO _x	SO _x	PM
January 2008 (Stage 1)	Over 30	Over 20	Postponed
July 2009 (Stage 2)	Over 4	Over 4	

Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318414>

Stage 1 targets emission facilities of business category 1 (emissions greater than 80 tonnes) according to the atmosphere environmental conservation law, gas or light oil boiler with the capacity of evaporation amount two tonnes per hour or more, and indirect heating combustion facility with capacity of 1 238 000 kcal per hour or more (annual emissions standard). The targets of Stage 2 are facilities of the business categories 1-3 (emissions greater than 10 tonnes), gas or light oil boiler with the capacity of evaporation amount two tonnes per hour or more, and indirect heating combustion facility with

capacity of 1 238 000 kcal per hour or more (annual emissions standard). With the implementation of Stage 2, management of 84% of NO_x emissions, 78% of SO_x emissions and 57% of PM is possible within the Metropolitan air quality management district.

To undertake a trade, factories request an allowance trade and seek approval from the government. The Metropolitan Air Quality Management Office then reviews the request, approves the trade request and recalculates the allowance account. Finally, the emission trade is completed.

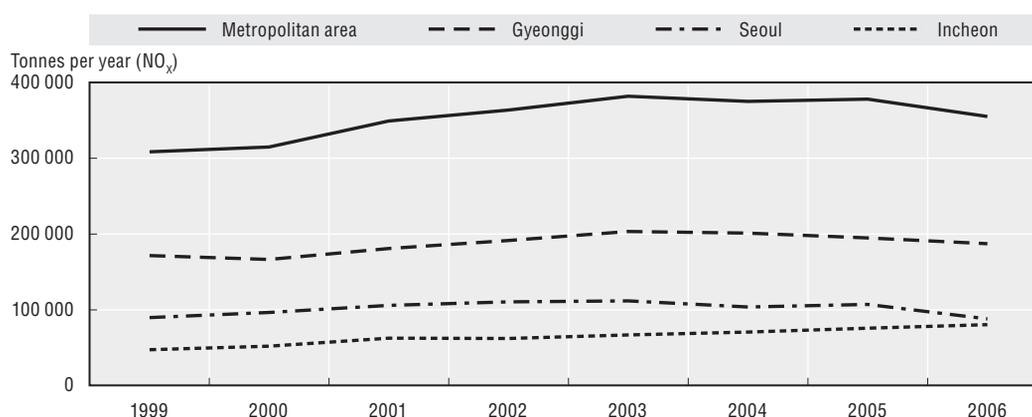
This programme builds upon previous measures by the government. For example, the Ministry of Environment instituted total quantity management in parallel with emission concentration regulation (such as through a stack telemonitoring system).

Environmental trends in air pollution

Figures F.2 and F.3 show NO_x emission trends and NO₂ concentration trends in the Metropolitan area. NO_x emissions increased from 1999 to 2003, but started dropping in 2004. Decreases in NO_x emissions seem to be caused by the reduction of the energy consumption by large companies and transportation vehicle combustion. NO₂ concentrations fluctuated every year. It is interesting to note that the NO₂ concentration in Seoul is higher than other areas (although emissions are less) and exceeded the target concentration level specified by the basic plan and atmospheric standard. It should be noted that Seoul is also affected by long-range transboundary air pollutants.

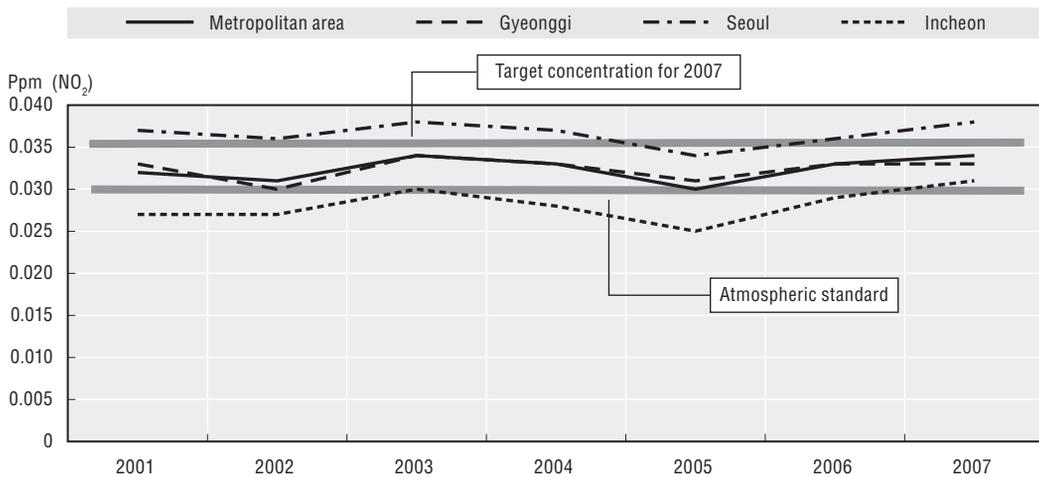
SO_x emission and concentration trends in the Metropolitan areas are shown in Figures F.4 and F.5, respectively. SO_x emissions decreased from 1999 to 2004, but they have been growing since 2005. Increasing SO_x emissions seem to be caused by increases in the sulphur content of some oil. Of note, the SO₂ concentration in Incheon is higher than other areas due to high sulphur oil use by ships.

Figure F.2. NO_x emission trends in Korea

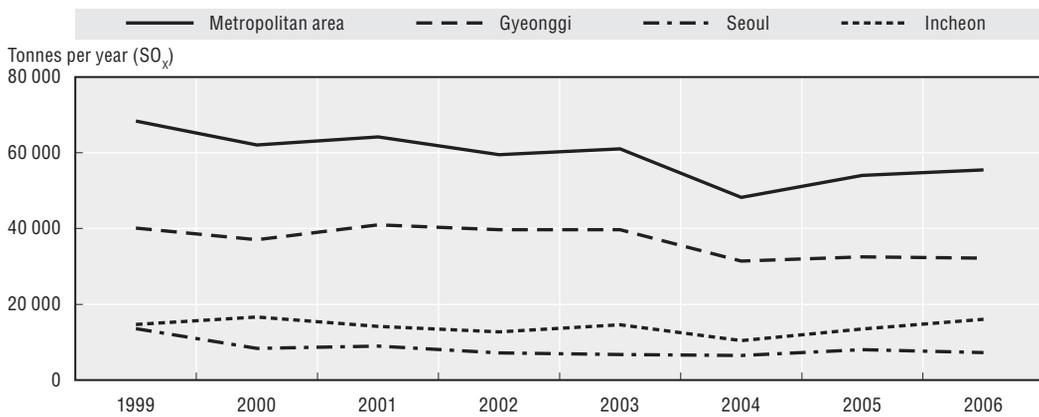


Source: OECD (2009).

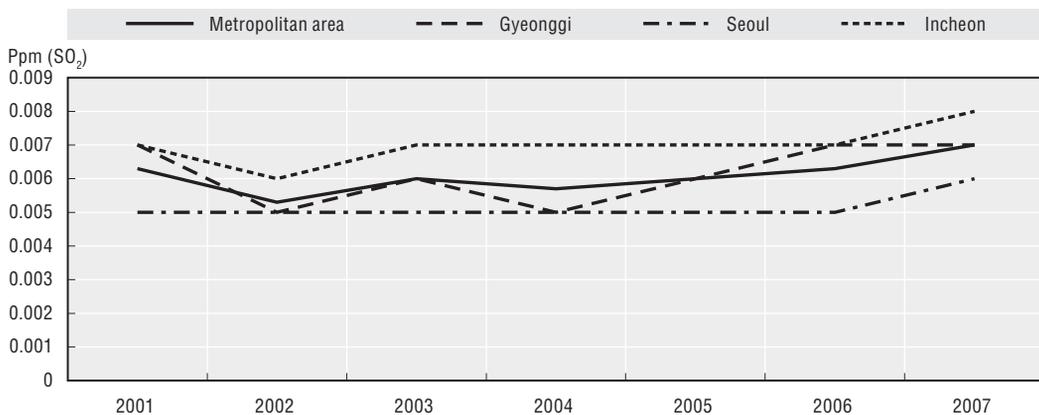
StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317749>

Figure F.3. **NO₂ concentration trends in Korea**

Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317768>Figure F.4. **SO_x emission trends in Korea**

Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317787>Figure F.5. **SO₂ concentration trends in Korea**

Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317806>

Innovation trends in air pollution

De-NO_x technologies include Flue Gas Recirculation Technology (FGR), Low-NO_x Burners (LNB), Selective Catalytic Reduction (SCR), and Selective Non-Catalytic Reduction (SNCR). Korea plans to provide LNB, which is a technology to decrease NO_x emissions, to improve fuel efficiency, reducing thermal NO_x and fuel NO_x concurrently. Generally, the NO_x reduction of LNB is between 30 and 50%. Table F.2 shows the effectiveness of LNB, for example, in reducing air pollutants in 2007.

Table F.2. **Pollution impact of low-NO_x burners**

Region (for year 2007)	Number of low-NO _x burners supplied	Calculated NO _x reduction (tonnes per year)
Metropolitan Area	205	146
Incheon	72	58
Gyeonggi	133	88

Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318433>

The reduction efficiencies of low-NO_x burners are diverse, ranging from 30% to 89%, depending on the type of fuel and the vintage of the burner. NO_x reduction efficiencies of LNB in some examples of small-scale boilers are shown in Table F.3.

Table F.3. **NO_x reduction efficiencies by low-NO_x burners**

Burner (for year 2007)		NO _x emission (kg per year)	Fuel quantity (Gcal per year)	Fuel cost (1 000 won per year)	NO _x reduction efficiency (%)
Fuel	Type				
Heavy oil	Existing	1 091.3	1 626.4	80 507	–
	New(LNB)	768.9	1 585.3	78 472	30
LNG	New(LNB)	123.5	1 587.1	76 340	89
Light oil	Normal	435.9	1 626.4	168 170	–
	New(LNB)	212.4	1 585.3	163 920	51
LNG	New(LNB)	122.9	1 579.9	75 993	72
LNG	Normal	309.0	1 626.4	78 230	–
	New(LNB)	123.3	1 585.3	76 253	60

Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318452>

With respect to technology development, Japan was the leader in obtaining combined SCR de-NO_x technology patents in the past, specifically the 1970s, when its patent share reached 45.2%. Recently, it has been replaced by others such as United States and Korea. In the early 1990s, Japan maintained the leading position, averaging 38.6 patents annually, but has decreased since 1996. On the other hand, patents of the United States and Korea have increased steadily. In particular, Korea has been active in combined SCR de-NO_x technology since 1999 and Europe has increased patenting tenfold since 1985.

It is interesting to also look at the temporal aspects of the development of combined SCR de-NO_x technology applicable to power plants. For total patents of combined SCR de-NO_x technology, Japan has secured the largest amount with 45.2%, followed by the United States with 27.8%, Europe with 15.0% and Korea with 11.9%. For the most recent five-year period, by contrast, the US has taken the largest share with 32.7% followed by Korea with 23.1% and Europe with 16.7%, while Japan's share has dropped to 27.6%.

Among all types of NO_x emission reduction strategies, Korea has been most active in SCR technologies as seen in Table F.4. In the case of the combined SCR de-NO_x technology applicable to power plants in Korea, SCR technologies occupied the largest share with 50.0%, followed by SNCR technologies with 20.1% (SCR/SNCR hybrid technologies represented only 1.5%). Moreover, N₂O removal technologies occupied 5.9%, mercury removal technologies 0.1% in the SCR and SNCR technical field, corrugate-type catalyst technologies accounted for 12.3%, and nano-type catalyst for 9.3% in corrugated-type de-NO_x catalyst power and forming technologies.

Patents in SCR technology have increased significantly since 1998 and have been more active than for other technologies, although N₂O removal, mercury removal and nano-type TI catalyst technologies became active in 2001. The first corrugate-type catalyst technology patent was granted in 1978. Since 1986, patents of related technologies have been growing gradually. More recently, Korea has moved forward significantly with SCR, SNCR and nano-type TI catalyst technologies. Corrugate type catalyst technologies showed gradually improvement over the 1985-89 period, as outlined in Figure F.7.

Another method of looking at innovation is to use the International Patent Classification codes to identify relevant patents deposited at the Korean Intellectual Property Office, classified by priority year and inventor country. Figures F.6 and F.7 identify

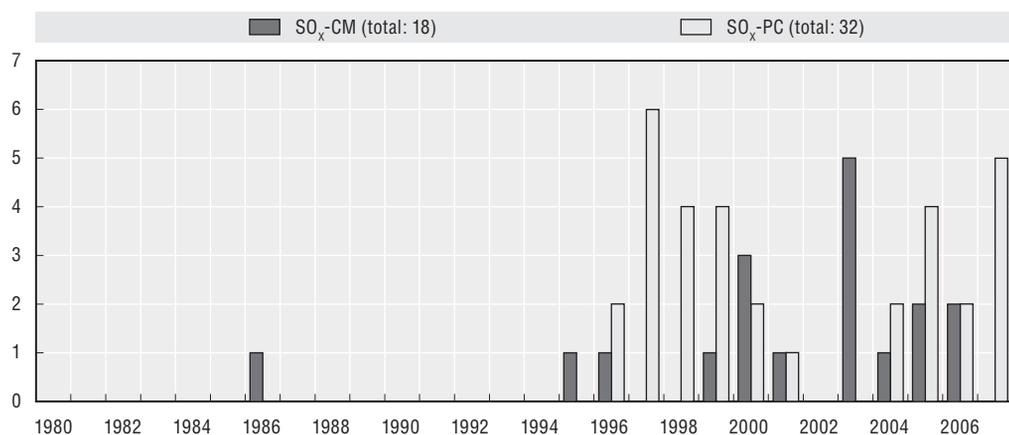
Table F.4. **Patents by technical field in Korea**

	SCR	SNCR	SCR/SNCR hybrid	Corrugated-type catalyst	Nano-type Ti catalyst	Mercury removal	N ₂ O removal
1975-79				1			
1980-84							
1985-89	5			4			
1990-94	3	4	1	9			1
1995-99	27	19	1	6	2		
2000-04	67	18	1	5	17	2	11

Source: KIPO (2007).

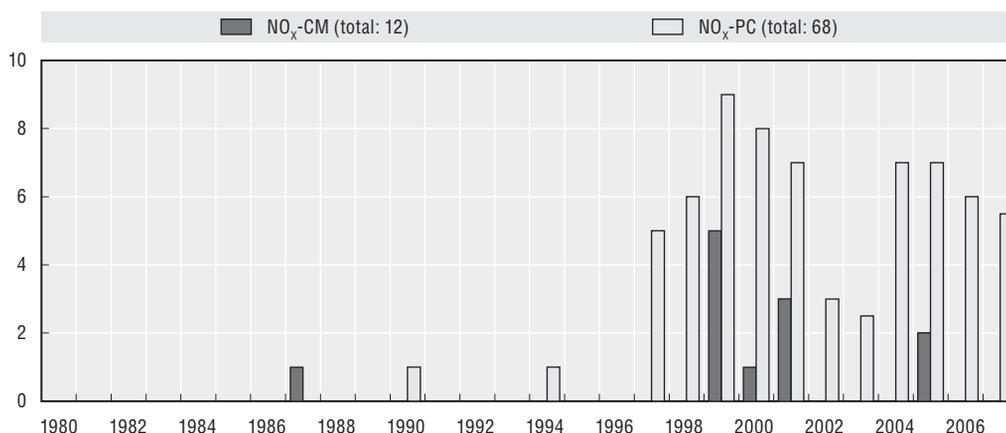
StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318471>

Figure F.6. **SO_x abatement patents in Korea**



Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317825>

Figure F.7. **NO_x abatement patents in Korea**

Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317844>

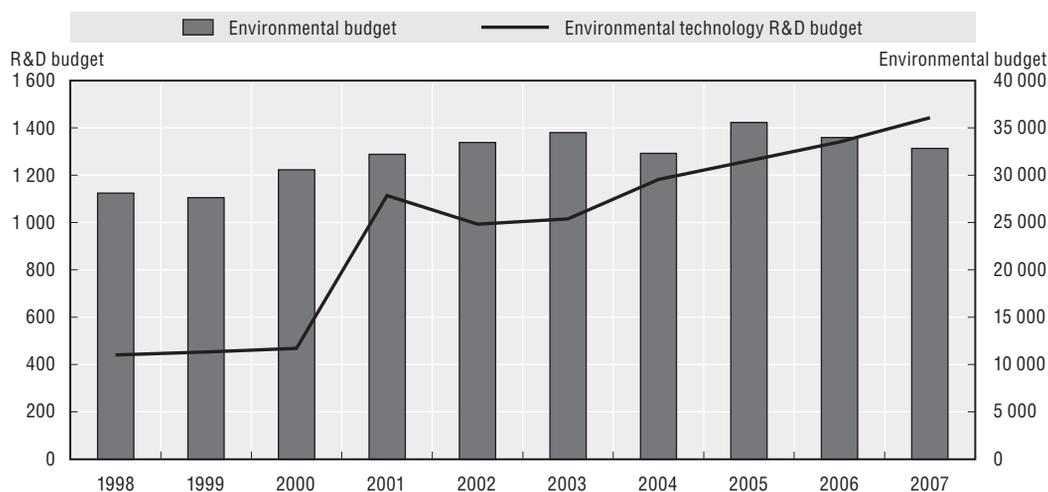
patents for SO_x and NO_x, respectively, emissions related to combustion modification technologies (CM) and post-combustion technologies (PC).

Finally, one can investigate changes in the environmental and the environmental technology R&D budgets. As outlined in Figure F.8, the R&D budget of environmental technologies has posted gradual increases since 2000.

The five largest power plants in Korea account for about 25% of domestic fossil consumption every year, and 15% of domestic air pollution emissions. As such, they make large investments in air pollution control. In the case of domestic desulphurisation facilities, investments of the five largest power plants amounted to KRW 2.3 trillion in 58 equipment purchases since the late 1990s. The amount fell between 2004 and 2005 but has increased since then. In addition, investment in air pollution control instrument construction increased annually between 2003 and 2006.

Figure F.8. **Budget for environmental R&D**

Hundreds of million won



Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317863>

Conclusions

NO_x emission increased from 1999 to 2003, but have been dropping since 2004. Declining NO_x emissions seem to be caused by reductions in the energy consumption of large companies and in road transportation combustion. SO_x emissions decreased from 1999 to 2004, but they started increasing in 2005. Increasing SO_x emissions seem to be caused by increases in the sulphur content of some oil; SO₂ concentration is higher in Incheon than other areas due to high-sulphur fuel oil use by ships.

Japan was the leader in obtaining combined SCR de-NO_x technology patents in the past, but recently it has been replaced by others, such as United States and Korea. Over the past five years, the United States has obtained the largest number of patents with 32.7%, followed by Korea at 23.1% and Europe with 16.7%.

The emission cap-and-trade programme targets 136 factories in Seoul, Incheon and Gyeonggi area for NO_x, SO_x, and PM. Stage 1 of the programme took effect in January 2008 and Stage 2 was enacted in July 2009. However, it is premature to assess NO_x and SO_x emission reductions, air quality improvements and the patent trend in Korea since the introduction of cap-and-trade programme. To be able to undertake a full assessment of the impact of the system, data over five to six years is necessary. Future work in this area will be needed.

References

- Korean Intellectual Property Office (KIPO) (2007), *Application Trends of Combined SCR De-NO_x Technology in Korea*, KIPO, Korea.
- OECD (2009), *A Case Study of the Innovation Impacts of the Korean Emission Trading System for NO_x and SO_x Emissions*, OECD, Paris.

ANNEXE G

UK Firms' Innovation Responses to Public Incentives: An Interview-based Approach

This case study investigates UK firms and the influence of various policy and market forces on their innovation response. There was a strong correlation between firm-level targets for energy use or greenhouse gas emission targets and R&D (both general and climate change related). Investor and customer pressure also appear to drive process innovation. The effect of the EU ETS was positive for overall innovation but not for climate change related innovation, highlighting the potential issues of predictability of the trading system or the issue of measuring innovation.

Rationale for the study

Significant improvements in energy efficiency are a key component of any climate policy that seeks to achieve substantial carbon emission reductions in the business sector. Yet, more than three decades of research have demonstrated that it is difficult to reconcile neo-classical theories of energy use with the data. For example, both consumers and firms apply extremely high discount rates when evaluating investments into energy efficiency which lead to unfavourable payoff profiles, as such investments typically offer a flow of energy savings over their lifetime. This seemingly irrational phenomenon is often referred to as the “energy efficiency paradox”. One theory is that there are certain types of market failure (environmental and innovation-related) that prevent efficient investments in the context of energy efficiency improvements. By contrast, it is possible to look beyond the paradigm of the neo-classical firm altogether and focus on frictions within the firm. This approach highlights the role of organisation structure and management practices in creating barriers to energy efficiency investments. Such investments remain inefficient if, for instance, management engages in short-run optimising behaviour, or if there is a lack of managerial resources and/or attention for cost-cutting projects outside the scope of the firm’s main business. Yet, empirical evidence on the magnitude of these effects, and on their precise workings, is scarce. This study will attempt to look at how these factors potentially affect firms’ decision regarding the environment.

In order to assess the importance of and interrelationships between public incentives/regulations for energy use and business management and practice, managers of UK manufacturing firms were interviewed about a range of management practices relevant for climate policy, energy use, innovation and competitiveness. In a second step, this information is linked to, and jointly analysed with, firm-level data on economic performance and energy use.

Design of the study

This study deviates from traditional approaches to investigating energy efficiency investments, such as interpreting observed decisions as revealed preferences of economic agents. A straightforward way of eliciting information about people's motivation and behaviour is by asking them. Unfortunately, data obtained in questionnaires are vulnerable to various kinds of survey bias. One way to mitigate survey bias is to conduct loosely structured interviews with informants, rather than collecting information via questionnaires. Thus, managers of British manufacturing facilities were interviewed for this study (Martin *et al.*, 2009).

Structured telephone interviews with managers at randomly selected UK production facilities belonging to the manufacturing sector were undertaken. The defining characteristics of this research design are as follows. First, the interview process follows a double-blind strategy, in that interviewees do not know that they are being assessed on ordinal scales, and interviewers do not know the performance characteristics of the firm they are interviewing. Further, the interviewer engages interviewees in a dialogue with open questions which are meant not to be answered by "yes" or "no". On the basis of this dialogue, the interviewer then assesses and ranks the company along various dimensions on an ordinal scale from one to five. This process helps reduce several sources of potential bias – by using open-ended questions, the question order is less important and respondents are less inclined to answer what is "socially acceptable". The results of the interviews are also linked to independent data on economic performance as a validation exercise and some interviews are double-scored for validation purposes.

The survey seeks to gather information on three main factors concerning the effectiveness of climate change policies:

- The drivers behind a firm's decision to reduce GHG emissions. These include management's awareness of climate change issues (including whether it is a potential business opportunity) and whether they sell related products. Participation in the EU ETS, the UK's CCL/CCA and the effect of other government policies are queried as is the difficulty in complying. Customer and investor pressure related to climate change is investigated.
- The specific measures firms adopt both voluntarily and in response to mandatory climate change policies. These include monitoring GHG emissions and the setting of targets, the adoption (or not) of technologies and the pay-back criteria used. Firms are also queried about their R&D policies, and the organisation of the firm.
- The relative effectiveness of various measures.

Overall, 190 firms from different subsectors of the manufacturing sector (such as paper mills, ship repair, semiconductors, etc.) were interviewed. The size of the firms in terms of employees in the United Kingdom ranges between 20 and more than 45 000, while global and plant size also show a strong disparity – 70% are multiunit firms, while 80% of firms are ultimately owned by foreign multinationals of different origins, such as South Africa, Korea, France or the United States.

Net income and turnover, as reported in their annual accounts, show as much variation. Firms also differ greatly in their age, with some very young firms (one year old) and one more than two centuries. The degree of competition faced by firms both in the United Kingdom and internationally ranges from inexistence to very high levels. Most firms export their products and import a share of their inputs, although again the intensity of this varies widely. Union membership varies between none and all employees, and the fraction of managers in the firm is usually below 15%. Firms in the sample therefore represent a wide variety of activities, size, profitability, age, international activity and ownership.

The fraction of energy costs relative to total costs was reported by half the interviewees and ranged from 0 to 80%, while some reported the energy as a fraction of turnover, representing between 0 and 32%. Total carbon emissions exhibit large disparities among the 27% of firms that reported them, ranging from less than a tonne to over 400 000 tonnes. Sixty-eight per cent of sites interviewed have implemented an ISO 14000 environmental management system.

To condense the information obtained through the interviews, the raw data are aggregated into summary indices of interview responses on different topics. Table G.1 provides a graphical representation of the construction of each summary index and of two overall indices of climate friendliness. All summary indices are constructed as unweighted averages of the underlying scores, which will differ across sectors. In the regressions that follow, three-digit SIC sector dummies that control for such systematic differences are included.

Linking climate policy to environmental outcomes and economic data

Table G.2 provides the regression results of the various interview data on identifiable environmental and economic statistics. The performance variables in these regressions are obtained by matching the management interview to business microdata maintained by the UK Office of National Statistics. Each panel and each column represent a separate regression. The dependent variable in the first four columns is (the log of) energy intensity, defined in columns 1 and 2 as energy expenditure divided by gross output or, in columns 3 and 4, as energy expenditure over non-capital expenditure (wage costs and materials expenditure). Capital is added as an additional control variable in columns 2 and 4. Column 5 looks at total factor productivity (TFP). An overall index of climate friendliness derived from the survey (Overall Score) is strongly negatively correlated with energy intensity, controlling for capital, which is expected. Interestingly, it is also positively correlated with productivity, which is consistent with the notion that firms with better management are both more productive and less energy-intensive.

From the wide range of variables available in the survey, two factors stand out in particular. First, the existence and stringency of energy quantity targets is negatively associated with energy intensity. That is, firms with targets (or more stringent targets) are clearly less energy-intensive than their peers. Second, there is a strong negative correlation between energy intensity and the relative stringency of investment criteria firms apply. That is, firms that are more demanding concerning hurdle rates or pay-back time when it comes to investments that might save energy are indeed more energy-intensive. Despite needing to be cautious in attaching a causal interpretation, the results are consistent with the well-known finding in the “energy efficiency gap” literature that some firms are not applying “rational” investment criteria.

Table G.1. Drivers of innovation and construction of indices

Question	Sign	Index	Overall Indices	
			(1)	(2)
Awareness of climate change score	+	Awareness	+	
Climate change related products score	+		+	+
Positive impact of climate change	+		+	
Participation in ETS (0/1)	+	ETS		
Stringency of ETS target score	+		+	
ETS target (in per cent)	+		+	+
Length of participation	+		+	
Rationality of behaviour on ETS market score	+		+	
Participation in CCA(0/1)	+	CCA	+	
Stringency of CCA target score	+		+	
CCA target (in per cent)	+		+	+
Length of participation	+		+	
Competitive pressure due to climate change score	+	Competitive pressure	+	
Competitive relocation due to climate change score	+		+	+
Customer pressure score	+	Other drivers	+	
Investor pressure score	+		+	+
Energy targets presence (0/1)	+	Energy quantity targets	+	
Energy monitoring score	+		+	
Energy consumption targets score	+		+	
Energy consumption target (in per cent)	+		+	+
Length of target existence	+		+	
Target enforcement score	+		+	
GHG targets presence (0/1)	+	GHG targets	+	
GHG monitoring score	+		+	
GHG emissions targets score	+		+	
GHG emissions target (in per cent)	+		+	+
Length of target existence	+		+	
Target enforcement score	+		+	
Measures on site score	+	Onsite measures	+	
Hurdle rate for energy efficiency investments	-		-	
Payback time for energy efficiency	+		+	+
Barriers to investments in energy efficiency score	-		-	
Carbon Trust energy audit participation (0/1)	+	Carbon Trust audit	+	
Carbon Trust energy audit (how long ago)	+		+	+
Enhanced Capital Allowance scheme participation (0/1)	+	Enhanced Capital Allowance	+	
Enhanced Capital Allowance scheme (how long ago)	+		+	+
Research and Development – broad innovation score	+	Innovation	+	
Process innovation score	+		+	+
Product innovation score	+		+	

Source: Martin et al. (2009).

First, as indicated by the high hurdle rates, the problem could be external to the firm; e.g. banks and financial institutions might demand very stringent payback criteria for such investments. This is in line with the finding for the Enhanced Capital Allowance Scheme (ECA). The ECA is a government subsidy for investments in energy-saving equipment. For ECA-users, there is a strong negative correlation with energy intensity and a strongly positive correlation with productivity. This finding may indicate that capital market imperfections prevent firms from undertaking investments, which are mitigated by the ECA scheme. Second, the problem might in fact be internal to the firm. For example, if energy-intensive firms are not even taking simple measures such as target setting, they

Table G.2. Survey results and energy intensity

Index/score	Energy over output		Energy over variable costs		TFP
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Awareness	-0.07 (0.088)	-0.11 (0.136)	-0.078 (0.091)	-0.104 (0.141)	0.068 (0.056)
ETS	0.18 (0.149)	0.151 (0.175)	0.14 (0.137)	0.038 (0.155)	0.051 (0.105)
CCA	0.193 (0.134)	0.189 (0.133)	0.219* (0.131)	0.185 (0.131)	0.075 (0.064)
Competitive pressure	-0.067 (0.055)	-0.17 (0.104)	-0.078 (0.056)	-0.164* (0.098)	-0.002 (0.062)
Other drivers	-0.086 (0.089)	-0.109 (0.105)	-0.076 (0.097)	-0.08 (0.118)	0.048 (0.049)
Energy quantity targets	-0.138 (0.090)	-0.272*** (0.095)	-0.097 (0.090)	-0.202** (0.097)	0.216*** (0.066)
GHG targets	0.085 (0.096)	-0.026 (0.121)	0.118 (0.099)	0.048 (0.115)	0.190** (0.073)
Targets	-0.081 (0.098)	-0.255** (0.110)	-0.032 (0.107)	-0.159 (0.119)	0.277*** (0.085)
Onsite measures	-0.062 (0.072)	-0.072 (0.089)	-0.029 (0.073)	-0.019 (0.092)	0.182*** (0.064)
Carbon trust audit	-0.068 (0.061)	-0.104 (0.063)	-0.130** (0.062)	-0.145** (0.067)	0.022 (0.046)
Enhanced capital allowance	-0.288** (0.113)	-0.296** (0.128)	-0.208* (0.109)	-0.228* (0.126)	0.131** (0.055)
Investment criteria stringency	0.331*** (0.106)	0.432*** (0.111)	0.344*** (0.108)	0.526*** (0.119)	-0.132 (0.109)
Innovation	0.044 (0.107)	-0.028 (0.123)	-0.064 (0.106)	-0.093 (0.123)	-0.001 (0.064)
Overall Score 1	-0.18 (0.150)	-0.418** (0.184)	-0.191 (0.169)	-0.360* (0.203)	0.331** (0.130)
Overall Score 2	-0.189 (0.146)	-0.429** (0.186)	-0.215 (0.163)	-0.391* (0.201)	0.341** (0.140)
Controlling for capital	No	Yes	No	Yes	Yes
Three-digit sector dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	966	756	966	756	756

* Significant at 10%.

** Significant at 5%.

*** Significant at 1%.

Source: Martin et al. (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318490>

may be less likely to take advantage of the ECA. In contrast, firms that set energy or carbon targets and apply for the ECA are on average more productive and less energy-intensive. Concerning government policy, another intriguing result is the negative correlation between participation in a Carbon Trust energy audit and energy intensity. Further analysis is required to determine if this is endogenous or indeed causal.

Using alternative outcome measures from matching the interview data to publicly available balance sheet data (from the *ORBIS Database*) the analysis of productivity can be repeated. Energy data is not contained in this database; however, matching this data with the interview data is more precise. The results are reported in Table G.3. Labour productivity is considered in the first column where each regression of the different scores on the logarithm

Table G.3. **Survey results and productivity**

	Labour productivity	TFP	
	(1)	(2)	(3)
Awareness	0.004 (0.050)	0.062** (0.024)	0.070*** (0.024)
EU ETS	0.190** (0.096)	0.129* (0.068)	0.109 (0.069)
CCA	0.243*** (0.063)	0.023 (0.039)	0.022 (0.037)
Competitive pressure	-0.039 (0.040)	-0.002 (0.025)	0.003 (0.024)
Other drivers	0.024 (0.047)	0.050* (0.028)	0.049* (0.027)
Energy targets	0.241*** (0.054)	0.087*** (0.029)	0.084*** (0.029)
GHG targets	0.225*** (0.064)	0.058 (0.039)	0.065 (0.040)
Overall targets	0.287*** (0.065)	0.102*** (0.038)	0.104*** (0.037)
Onsite measures	0.104** (0.049)	0.080** (0.038)	0.079** (0.038)
Carbon Trust audit	0.129** (0.050)	0.087*** (0.024)	0.076*** (0.027)
Enhanced Capital Allowance	0.083 (0.065)	0.059** (0.027)	0.079*** (0.028)
Innovation	0.078 (0.057)	0.008 (0.040)	0.027 (0.040)
Climate change friendliness (1)	0.340*** (0.107)	0.172*** (0.056)	0.173*** (0.054)
Climate change friendliness (2)	0.326*** (0.118)	0.174*** (0.059)	0.172*** (0.058)
Sector and time dummies	Yes	Yes	Yes
Interviewer dummies	No	No	Yes
Observations	1 387	1 106	1 106

Notes: The dependent variable in all regressions is the logarithm of turnover. In the first column, the logarithm of employment is included in the explanatory variables such as to capture labour productivity, while the second and third columns approximate total factor productivity by including also the logarithm of capital and materials. Each panel reports the coefficient and standard errors clustered at the firm level (i.e. robust to heteroskedasticity and autocorrelation of unknown form) relative to each explanatory overall index included in separate regressions.

* Significant at 10%.

** Significant at 5%.

*** Significant at 1%.

Source: Martin et al. (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318509>

of turnover includes the logarithm of employment as a control. Columns 2 and 3 consider total factor productivity (TFP) by including (logarithm of) employment, materials and capital in each regression on turnover. Column 3 adds as a control a dummy for the identity of the interviewer.

The derived climate friendliness index is strongly positively correlated with productivity. The coefficient nearly halves once capital and materials are included. Among other things, climate friendliness might affect productivity by increasing investment in capital through cleaner technologies. In this case, the coefficient on the overall index might be an underestimation when capital is included in columns 2 and 3.

Productivity is strongly positively correlated with targets and measures. The energy targets index includes the monitoring of energy use, stringency of targets and the period of time they have been in place. The positive correlation between TFP and the onsite measures index is comparable to the first set of results. Again, productivity is strongly and positively correlated with the Enhanced Capital Allowance and also the Carbon Trust energy audit indices.

The climate change awareness index – though insignificant in the first set of results – is now positively and significantly correlated with TFP. Hence, more productive firms are also more likely to have climate change related products, to expect positive impacts of climate change and to exhibit more awareness of climate change issues among its management. Further, at the 10% level of confidence, investor and customer pressure, summarised in the “other drivers” index, are positively correlated with TFP.

Linking climate policy to innovation

Of greatest importance is how management practices and government policies affect the innovative activity of the firm. To confirm the robustness of the R&D survey measure, it was regressed on the number of patents held by a firm (based on European Patent Office data) and found to be consistent.

Table G.4 displays results from linear regression models where the dependent variable is the score for climate change related (CCR) process innovation (in columns 1 and 2), the score for CCR product innovation, and the score for the importance of common R&D in the company. Other scores and indices from the survey data are included as explanatory variables, where each panel corresponds to a separate regression.

Climate change awareness: In panels 1 and 2, both types of CCR R&D are strongly correlated with both the degree of climate change awareness and the importance of CCR products for the firm. This corroborates the internal consistency of the survey responses. The insignificant finding for general R&D demonstrates that the sample is well stratified, in the sense that not all R&D-intensive firms happen to be highly aware of climate change or producers of CCR products.

Climate Change Agreements and Climate Change Levy: Panel 3 displays insignificant coefficient estimates for participation in a Climate Change Agreement. The other study on the UK's CCL (case study H) explains that, since all firms are subject to the Climate Change Levy, one can identify only the effect of the Climate Change Agreements which gave some firms a large discount on their tax liability if they promised to reduce their energy consumption. This insignificant result could lead the reader to believe that the combination of tax discount and quantity target embodied in the CCA provided very similar incentives for R&D as the Climate Change Levy – at least in this particular sample. However, the analysis of patent grants presented in the other study goes strongly against this conclusion. Firms in a CCA obtain significantly fewer patent grants than firms in the CCL. Moreover, the use of panel data methods is necessary to control for firm-specific unobservable factors that affect both the firm's innovative activity and its decision to participate in a CCA. Therefore, the results in the other case study regarding the impact of CCA membership on innovation should be used.

Competitive pressures: There is not a significant effect of the competitive pressures index on innovation. This is probably due to the fact that few firms expected strong effects of climate policy on competition and relocation in the first place.

Table G.4. **Survey results and innovation**

	R&D type					
	CCR process innovation		CCR product innovation		General	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1) CCR products (Score)	0.422*** (0.146)	0.395** (0.154)	0.825*** (0.160)	0.762*** (0.183)	0.1 (0.179)	0.11 (0.198)
(2) CCR awareness (Summary Index)	0.343** (0.134)	0.301** (0.139)	0.497*** (0.140)	0.500*** (0.137)	0.22 (0.142)	0.25 (0.150)
(3) CCA stringency (Summary Index)	0.17 (0.121)	0.12 (0.138)	-0.12 (0.138)	-0.15 (0.154)	0.0 (0.124)	0.03 (0.151)
(4) Competitive pressures (Summary Index)	0.08 (0.070)	0.10 (0.070)	-0.09 (0.152)	-0.13 (0.158)	0.14 (0.128)	0.15 (0.139)
(5) Enhanced Capital Allowance (Summary Index)	0.09 (0.117)	0.14 (0.122)	0.14 (0.158)	0.12 (0.175)	0.165* (0.092)	0.17 (0.104)
(6) Energy quantity targets (Summary Index)	0.387*** (0.102)	0.395*** (0.113)	0.04 (0.137)	0.11 (0.165)	0.291** (0.119)	0.300** (0.135)
(7) GHG targets (Summary Index)	0.495*** (0.143)	0.439*** (0.155)	0.395** (0.178)	0.368* (0.197)	0.443*** (0.139)	0.432*** (0.155)
(8) Targets (Summary Index)	0.482*** (0.135)	0.451*** (0.147)	0.14 (0.172)	0.17 (0.197)	0.392*** (0.149)	0.383** (0.165)
(9) EU ETS (Summary Index)	-0.04 (0.18)	-0.1 (0.218)	-0.05 (0.157)	-0.02 (0.191)	0.287* (0.170)	0.423* (0.237)
(10) Onsite measures (Summary Index)	0.269** (0.105)	0.250** (0.103)	0.11 (0.12)	0.14 (0.128)	-0.01 (0.127)	-0.07 (0.128)
(11) Other drivers (Summary Index)	0.429*** (0.101)	0.409*** (0.110)	0.342** (0.132)	0.300** (0.151)	0.371*** (0.118)	0.385*** (0.133)
(12) Carbon Trust audit (Summary Index)	0.13 (0.101)	0.06 (0.104)	0.08 (0.112)	0.05 (0.117)	-0.08 (0.107)	-0.05 (0.106)
(13) Customer pressure (Score)	0.427*** (0.159)	0.357** (0.175)	0.343* (0.185)	0.28 (0.203)	0.392** (0.188)	0.471** (0.205)
(14) Investor pressure (Score)	0.464*** (0.172)	0.498*** (0.176)	0.408* (0.212)	0.35 (0.251)	0.455** (0.18)	0.434** (0.206)
(15) Investment criteria stringency (Score)	-0.11 (0.435)	-0.16 (0.467)	0.22 (0.397)	0.34 (0.470)	-0.03 (0.409)	0.23 (0.426)
Sector controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Controls for capital stock	No	Yes	No	Yes	No	Yes
Observations	181	163	176	157	183	164

* Significant at 10%.

** Significant at 5%.

*** Significant at 1%.

Source: Martin et al. (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318528>

Enhanced Capital Allowance: In contrast to previous findings, there is no robust evidence that beneficiaries of the Enhanced Capital Allowance innovated more. A plausible explanation for this is that the allowance was granted for the adoption of existing technologies and not for R&D expenditures with uncertain outcomes. It is possible that the allowance freed up financial resources that firms subsequently deployed to R&D projects, yet this indirect effect is not estimated precisely enough to be conclusive.

Targets: Panels 6, 7 and 8 display a strong positive correlation between CCR process innovation with both energy quantity targets and GHG targets. This is intriguing and calls for a closer examination of the underlying mechanisms. For example, it is possible that senior management embarks on a CCR R&D project and then sets tight energy quantity

targets to strengthen the incentives for a successful outcome of the R&D project. Conversely, it could also be that stringent targets are implemented first, and that their presence induces innovation in CCR processes. In view of the earlier finding that stringent targets are also associated with higher energy efficiency, it is hypothesised that only those firms that have already picked the “low-hanging fruit” in terms of energy efficiency improvements need to conduct proper R&D to further reduce the energy used in their production processes.

It is striking that CCR product innovation is positively correlated with GHG quantity targets but not so with energy quantity targets. The most immediate explanation for this is that CCR product innovation reduces energy consumption of the firms’ customers, but does not necessarily help the firm itself to meet its energy quantity targets. Nevertheless, for a firm that tries to sell a CCR product, it may be important to be perceived by their customers as “climate-friendly”, and hence the presence of GHG targets is a vital part of their marketing strategy. Notice that, according to this idea, the directions of causation for process and product innovation are diametrically opposed in that stringent energy and GHG targets cause process R&D, but CCR product innovation causes GHG targets.

EU ETS: Panel 9 shows that EU ETS participation had no significant effect on CCR process or product innovation. The lack of an innovation impact of this EU-wide policy can in part be explained by the low average allowance prices that have reigned on the carbon markets so far. Another issue is the high volatility of allowance prices during Phase 1 of the trading scheme, potentially being a real options problem. Uncertainty about future prices might induce firms to postpone, and even reduce, current R&D spending because they prefer to wait and see how the allowance price evolves. Similarly, firms may have been waiting for legal certainty about future tightening of ETS targets beyond the end of Phase 2 in 2012 before spending resources on CCR R&D.

ETS membership, however, is positively associated with general R&D. In the spirit of the “strong” Porter hypothesis, one could argue that ETS firms seek to advance their overall productivity in order to better compete in the future. Still, it seems odd that this effort does not affect CCR R&D at all. It could also be that generous allowance allocations at the beginning of the ETS along with grandfathering of allowances left ETS firms with a windfall of financial resources, part of which they diverted to their R&D departments. While this effect is significant at the 10% level only, it is robust to the inclusion of capital which controls for firm size.

Onsite measures: There is a significant, positive association between onsite measures and CCR process innovation, but not with product or overall innovation. This is intuitive because the survey questions about onsite measures refer to the adoption of new processes and technologies suitable for immediate abatement, and not to future abatement that could be brought about by full-fledged R&D projects.

Other drivers: Panel 11 displays a strong positive correlation between other drivers and all types of R&D. Since this index is an average of the scores for investor and customer pressure, panels 13 and 14 report results from separate regressions. It seems that both factors have an effect of equivalent size. Moreover, the relationship is stronger for CCR process R&D than for CCR product R&D. The coefficients for CCR product R&D in columns 3 and 4 of panel 11 are also significant, and the separate coefficients in panels 13 and 14 are not (or less so). This suggests that both customer and investor pressure must coincide to induce a firm to undertake R&D in CCR products.

Carbon Trust audit: Panel 12 shows that participation in a Carbon Trust audit is not associated with any significant change in R&D efforts, in line with the audits' purpose to identify opportunities for energy efficiency improvements near zero cost.

Investment criteria stringency: The last panel of Table G.4 shows that the stringency of investment criteria has no effect on R&D across the board, different than the previous analysis on hurdle rates. Hence, it seems that these criteria are applied to guide decisions on the adoption of existing technologies, but not on the invention and commercialisation of new technologies. This makes sense, since R&D spending is a long-term and often strategic investment with uncertain returns, so that simple rules-of-thumb hardly seem appropriate.

Summarising, some climate policies are effective at improving energy efficiency. In the survey data, there is suggestive evidence of this for policies that promote the transfer of known practices and the adoption of existing technologies, such as the Carbon Trust Audit or the Enhanced Capital Allowance Scheme. In the other, related case study of the Climate Change Levy, the levy caused larger reductions in energy use and increases in energy efficiency than the CCA. Since neither of these policies was in place before 2001, it appears that the Climate Change Levy fostered both energy efficiency and innovation in energy efficiency. Concerning other climate policies, the survey data suggest that none of them was successful in promoting innovation. The most plausible explanation for this is that either these policies were geared at short-term improvements in energy efficiency (e.g. the Carbon Trust audits and the Enhanced Capital Allowance Scheme) or that their design did not give the strong price signals and stable planning horizon necessary for R&D spending with highly uncertain returns (in the EU ETS case).

An econometric approach is best suited if the goal is to derive the causal effects of these policies, as is done in the related case study. The distinctive advantage of this research design, however, is that one can identify new transmission channels for government policy based on the detailed data on management practices and other firm characteristics gathered in the interview process. The most salient effect is the presence of energy quantity targets that, when combined with adequate monitoring and enforcement, are strongly associated with higher energy efficiency and with R&D into even better processes and into general-purpose R&D. On the one hand, this finding gives some confidence in the assessment that quantity targets under the CCA and the EU ETS have been too lax to foster innovation. On the other hand, this finding also suggests that, more stringent target setting aside, policy measures that facilitate the monitoring process and that streamline enforcement might be necessary to foster innovation effects. Moreover, it appears that suppliers of carbon-saving intermediate goods or final products adopt GHG emission targets as a part of their marketing strategy, while pursuing R&D in the development of such products. The success of such a marketing strategy is likely to depend on the availability of an institution that monitors and certifies the carbon footprint of the firm. Policy can thus not only help with the creation of markets for carbon-saving products but also with an independent agency that certifies the carbon savings derived from them. Finally, the positive relationship between CCR innovation and consumer and investor pressure suggests that the presence of such a carbon certification agency could leverage consumer and investor pressures on the firm. The higher the degree of accuracy in the agency's rating of the firm's "climate friendliness", the clearer defined are the firm's incentives to undertake R&D aimed at improving its rating.

In a nutshell, the three policy recommendations coming out of this research are that: i) price incentives for carbon saving should not be watered down by discounts; ii) quantity targets must be stringent, easy to monitor and not just for the short term; and iii) the innovation impact of both emission targets and green preferences by the public can be leveraged by implementing independent assessments of firms' carbon footprint.

Conclusion

This case study has sought to improve the understanding of the interdependencies between climate change policies, management practices, and innovation. In order to assess firm-level responses to climate change policies, management practices related to climate change were empirically analysed, using a survey tool recently developed in the productivity and management literature.

In looking at the drivers of energy intensity and productivity, regression analysis has shown that an index of overall climate change friendliness is positively correlated with energy efficiency and productivity in a robust and very significant way. Upon analysing the different components in more detail, two main elements seem to be driving this result. First, a firm's use of targets and its monitoring of energy consumption have strong positive correlations with both the firm's energy efficiency and its total factor productivity. Second, there is also a strongly significant and negative correlation between energy intensity and the relative stringency of investment criteria firms apply, meaning that firms that are more conservative in their investment criteria (and therefore unlikely to invest in energy-saving technologies) are likely to be more energy intensive.

Of most importance is the relationship between a firm's characteristics and the impact on innovation. There is a strong correlation between firms' use of targets for energy use or GHG emission targets and R&D (both general and climate change related). Although the direction of causality cannot be specifically tested here, the results are indicative of the causality going from stringent targets leading to process R&D, but product R&D causing targets. Investor and customer pressure also drive process innovation and – when combined – are positively correlated with product innovation. Firms' use of the Enhanced Capital Allowance, a corporate tax benefit for adopting capital equipment, appeared to have little effect on innovation. Finally, the effect of the EU ETS (which can be thought of as a tax-like measure) has positive effects on overall innovation but not for innovation specifically related to climate change. This somewhat counterintuitive result may be due to the overall impact of the variability of the permit price in affecting business decisions about investments in innovation.

For more information on UK firms' responses to various policy measures and market forces, the full version of the case study (OECD, 2009) is available at [www.oalis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)34-final](http://www.oalis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)34-final).

References

- Martin, R. et al. (2009), "Climate Change Policies and Management Practices: Evidence from Interviews with Managers", Draft, Centre for Economic Performance, London School of Economics, UK.
- OECD (2009), *Survey of Firms' Responses to Public Incentives for Energy Innovation, including the UK Climate Change Levy and Climate Change Agreements*, OECD, Paris, available at [www.oalis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)34-final](http://www.oalis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)34-final).

ANNEXE H

The UK's Climate Change Levy and Climate Change Agreements: An Econometric Approach

This case study examines the role of the UK's Climate Change Levy (and associated negotiated Climate Change Agreements with industry) on innovation. Firms with CCAs, who were granted an 80% reduction in the rate of the CCL, tended to be more energy intensive and use more electricity (which was taxed the highest within the levy scheme) than similar firms paying the full rate. Firms paying the full rate did not appear to experience adverse financial or economic effects. Moreover, CCA firms were significantly less likely to innovate than firms paying the full rate, including in areas related to climate change.

Rationale for the instrument

Addressing climate change means reducing carbon levels (and those of other greenhouse gases as well) in the atmosphere. Combustion of fossil fuels – whether in industry, transportation, or for electricity generation – is the main culprit in anthropomorphic greenhouse gas emissions. Taxes on fossil fuels, such as the Climate Change Levy (CCL), provide incentives for energy efficiency as well as for the development of less carbon-intensive power sources.

Design of the instrument

The CCL was first announced in March 1999 and came into effect in April 2001. The CCL is a per unit tax payable at the time of supply to industrial and commercial users of energy. Taxed products include coal, natural gas, electricity, and non-transport liquefied petroleum gas (LPG). Table H.1 displays, for each fuel type subject to the CCL, the tax rates per kilowatt hour (kWh), the average energy price paid by manufacturing plants in 2001 and the implicit carbon tax. It is evident that energy tax rates vary substantially across fuel types, ranging from 6.1% on coal to 16.5% on natural gas. The tax thus establishes a meaningful price incentive for energy conservation overall.

Since the CCL is a tax on energy and not a carbon tax, the varying carbon contents among fuels means that the implicit carbon tax rate also varies, *e.g.* gas and electricity is taxed at almost twice the rate as carbon contained in coal. This can be attributed to political

Table H.1. **Rates of the Climate Change Levy**

Fuel type	Tax rate ¹	Fuel price	Implicit carbon tax
	GBP per kWh		GBP per tonne carbon
Electricity	0.0043	0.0425	31
Coal	0.0015	0.0246	16
Gas	0.0015	0.0091	30
LPG	0.0007	0.0085	22

1. In FY 2010-11, the tax rates have increased to GBP 0.0047 per kWh electricity, GBP 0.00164 per kWh natural gas, GBP 0.00105 per kilogram LPG and GBP 0.01281 per kilogram coal and other solid fuels.

Source: Martin et al. (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318547>

pressures arising from historical ties between the government and the coal industry. Some fuel types are tax-exempt based on their low carbon content, notably electricity generated from renewable sources and from combined heat and power generation.

The revenue generated by the CCL is, for the most part, recycled back to industry in the form of a 0.3 percentage point reduction in employers' National Insurance Contributions. A small part of the revenue is used to fund the Carbon Trust, an institution set up by the government to foster research and development into energy efficiency schemes and renewable energy resources.

In order to address concerns about possible adverse effects of the CCL on competitiveness and economic performance of energy-intensive industries, the government set up a scheme of negotiated agreements, the Climate Change Agreements (CCA). Participation in a CCA entitles facilities in certain energy-intensive sectors to an 80% discount¹ on their tax liability provided that they adopt a binding target on their energy use or carbon emissions. The participation process involved two stages. First, the trade association of an energy-intensive sector negotiates a so-called umbrella agreement with the government to determine a sector-wide target for energy use or carbon emissions in 2010, as well as interim targets for each two-year milestone period. Targets are defined either in absolute terms or relative to (often physical units of) output. At the second stage, firms in eligible sectors apply for a reduced-rate certificate that entitles them to the discount on the levy paid at a qualifying site. If the application is approved, these firms enter a so-called underlying agreement which defines the target unit, i.e. the facility or group of facilities benefiting from the tax discount, and stipulates a specific reduction to be achieved by the target unit.

At the end of each milestone period, the associations report whether the sector-wide target has been met. Only if a sector-wide target has been missed does the government verify compliance at the unit level. A facility that is found in non-compliance is not "re-certified" for the reduced rate in the following milestone period. If the facility misses the 2010 target, it faces the threat of repaying all rebates on the levy it has accumulated in previous periods. CCA participants who were in danger of missing their target could buy emission allowances on the UK Emissions Trading Scheme (UK ETS), a market for carbon permits that was launched in 2002 and ended in December 2006.² Conversely, excess carbon or energy reductions could be sold in the UK ETS or "ring-fenced" (banked) for use towards future targets.

While the CCL and the CCA share the common objective of enhancing the efficiency of energy use in the business sector, it is important to note that there are fundamental differences between these policy instruments:

- The CCL increased energy prices faced by the typical business in 2001 by approximately 15%. If energy demand is price sensitive, the increased relative price of energy should lead to improvements in energy efficiency. Unless there is a strong rebound effect, or an exogenous increase in economic activity, this should reduce energy use in the CCL sector. In theory, however, the levy's impact on carbon emissions is ambiguous because even an absolute reduction in energy use could come with a shift towards more carbon-intensive fuels.
- The CCA, by contrast, combines a much more diluted price signal with quantity regulation, mostly in the form of efficiency targets. The CCAs' impact on energy use thus depends critically on whether the target places a binding constraint on a plant's production choices. If not, then the plant has less of an incentive to conserve on energy than it would under have under the full tax rate. Furthermore, since most targets are specified in terms of energy units rather than carbon emissions, there is no guarantee that even a stringent target leads to reductions in GHG emissions.

There is the strong possibility that the negotiated targets were rather lax. The proportion of target units that were re-certified was consistently high, rising from 88% in the first period to 98% and 99% in the second and third target periods, respectively. As a rule, CCA participants reached their targets or purchased allowances on the UK carbon trading market to ensure compliance at low cost. In fact, a lower bound on compliance cost is zero. This is true for a considerable amount of target units that missed their target but were re-certified due to the sector as a whole being in compliance.

A large degree of flexibility was built into the target negotiations both prior and subsequent to the compliance review. Target units could call upon several risk management tools that made it easier to meet their targets. For example, adjustments to targets could be made to reflect a more energy-intensive product mix, declining output or relevant constraints arising from other types of regulation. In some sectors, performance was measured against a tolerance band in lieu of a fixed target. Moreover, sectors were permitted to choose their baseline year. More than two-thirds of all sectors chose baseline years of 1999 or earlier. Hence, carbon savings that had occurred before the policy package was implemented could be counted towards the target achievement. Finally, in some instances, growing companies that belonged to a sector with an absolute target successfully bargained for a relative target (and *vice versa*) as this made it easier to comply. In sum, there is ample evidence that the negotiated targets are unlikely to have placed binding constraints on energy use by CCA companies.

In order to explore these issues, a novel data set has been created by matching two confidential business data sets and augmenting it with publicly available data on participation in the CCA. In particular:

- The *Annual Respondents Database (ARD)* from the Office of National Statistics (ONS) has data on output and factor inputs, including energy expenditure, for about 10 000 manufacturing plants between 1999 and 2004.
- The *Quarterly Fuels Inquiry (QFI)*, provided by the ONS, holds energy consumption data (kWh, tonnes, etc.) for about 1 000 firms for 1997-2004.
- Data on CCA participation for about 5 000 agreements is available online from the Department of the Environment, Food and Rural Affairs and HM Revenue and Customs.

- Data on pollution emissions (thresholds and actual discharges to air and water for over 50 pollutants) by UK facilities is reported to the European Pollution and Emissions Register (EPER).

Table H.2 shows the descriptive statistics for all samples in 2000, broken down by CCA participation status, as well as the results of a t-test of equality of the group means. CCA plants are, on average, older, larger and more energy intensive and, for most of these plant characteristics, equality is rejected at the 1% significance level. In view of the strong correlation of CCA participation with observable plant characteristics, the possibility that unobservable plant characteristics also influence selection cannot be ruled out. In the analysis below, an identification strategy that takes due account of the sample selection issue, so as to avoid inconsistent estimation, is used.

The analysis below focuses on the manufacturing sector and the first two target periods, running from April 2001 until December 2004. On the one hand, this is dictated by the time coverage in the data set. On the other hand, it avoids possible complications due

Table H.2. Descriptive statistics by CCA participation status

For year 2000	ARD			QFI			QFI and ARD		
	CCA = 0	CCA = 1	diff	CCA = 0	CCA = 1	diff	CCA = 0	CCA = 1	diff
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Age	13.55	17.53	***	21.86	22.87	–	21.54	22.84	*
Employment	151.49	536.44	***	372.05	548.98	***	373.14	548.98	***
Gross output	19.08	86.08	***	49.07	91.56	***	49.29	91.56	***
Energy expenditure	0.22	1.95	***	0.59	3.79	***	0.59	3.79	***
Variable costs	15.99	75.14	***	42.19	78.46	***	42.39	78.46	***
Capital stock	9.64	58.17	***	23.12	65.44	***	28.89	72.78	***
EE /variable costs	1.92	3.01	***	1.99	3.60	***	1.99	3.60	***
Electricity	8 701.55	38 191.39	***	8 888.03	34 210.84	***	8 701.55	38 191.39	***
Electricity expenditure	306.93	1 162.83	***	292.64	1 050.91	***	306.93	1 162.83	***
Gas	14 144.07	75 098.82	***	14 859.74	68 213.13	***	14 144.07	75 098.82	***
Share of gas/gas and electricity consumption	0.19	0.24	***	0.18	0.25	***	0.19	0.24	***
Solid fuels	0.01	0.34	–	0.39	1.44	–	0.21	1.66	–
Solid fuels expenditure	1.91	44.30	*	55.98	191.24	–	36.42	219.43	–
Liquid fuels	0.01	0.36	–	0.21	2.02	*	0.28	1.78	–
Liquid fuels expenditure	0.71	20.45	**	10.74	132.41	**	13.52	101.28	*
Total kWh	27 261.95	146 775.90	***	29 834.32	135 378.51	***	27 261.95	146 775.90	***
Total kWh expenditure	23.23	390.91	***	446.06	1 784.71	***	443.30	1 936.10	***
Total kWh/gross output	0.01	0.03	***	0.01	0.03	***	0.01	0.03	***
CO ₂	10 673.51	54 239.67	***	11 454.80	50 219.85	***	10 673.51	54 239.67	***
CO ₂ /total kWh	0.45	0.44	–	0.45	0.43	*	0.45	0.44	–
CO ₂ /gross output	326.82	750.21	***	326.82	750.21	***	326.82	750.21	***
Number of plants	8 282	1 050		701	251		434	212	

Notes: Gross output and all the expenditure variables are in thousands of pounds. Total kWh, gas and electricity are in thousands of kWh. Solid and liquid fuels are in thousands of tonnes. The CO₂ variable measures total CO₂ emissions in thousands of tonnes based on fuel use. Columns 3, 6, and 9 report significance levels from a t-test of differences in group means with unequal variance.

* Significant at 10%.

** Significant at 5%.

*** Significant at 1%.

Source: Martin et al. (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318566>

to: i) an overlap with the EU ETS which affected about 500 CCA plants from 2005 onwards; ii) adjustments of CCAs targets for the third milestone period; and iii) new entry of sectors in 2006 after eligibility had been changed.

Environmental impacts of the CCL and CCA

Table H.3 summarises final regression results for various environmental/energy outcome variables (in rows) under different assumptions about the error term (in columns). The explanatory variable of interest is CCA participation after 2000. To address potential endogeneity of CCA participation with respect to the various outcome variables, all regressions are conducted in terms of differences. In addition, an instrumental variables approach (IV) is used. The instrument is an indicator variable equal to one if a business is reporting emissions other than combustion-related emissions in the EPER. The legal basis for the EPER is European Pollution Prevention and Control legislation which the UK government used as the eligibility criterion for CCA participation. Thus, unlike CCA participation, which depends on endogenous decisions of firms in the sample, EPER is based on factors exogenous to post-2000, firm-specific shocks.

The first column contains results from a pooled ordinary least squares (OLS) estimation without plant fixed effects. In column 2, the CCA participation variable is replaced with the instrumental variable EPER to estimate a reduced-form equation. Column 3 reports results from a pooled two-stage, least squares specification. Columns 4 to 6 repeat this sequence while including plant specific fixed effects (FE). Consequently, column 6 reports the most general estimate of the average treatment effect on the treated, using an instrumental variable (IV) specification.

Energy: The first two panels report the results for energy intensity measured as energy expenditures over gross output and as the share of energy expenditures in variable costs (the sum of expenditures on materials, energy and wages), respectively. The results are very similar for both variables. Plants in a CCA increased their energy intensity by more than 20% relative to plants that paid the full levy after 2000. This effect is both economically and statistically significant. The point estimates change very little when moving to the regressions with fixed effects in columns 4 to 6. This suggests that normalising energy use by some measure of plant size goes a long way to control for unobserved heterogeneity between plants. Further, the importance of controlling for selection is evident from the sizable differences between the OLS and IV estimates.

Panel 3 reports the results for energy expenditure. A statistically significant and positive effect is found only with fixed effects, potentially indicating declining trends in energy use within industries that are correlated with both CCA participation and EPER coverage. For instance, parts of the steel industry experienced a seminal downturn that coincided with the introduction of the CCL package, yet did not affect all quality tiers in steel production equally. Naturally, this issue disappears when dividing by a size control (as in panels 1 and 2) or when controlling for plant specific fixed effects (as in columns 4 to 6). The point estimate in the IV regression (column 6) implies that participation in a CCA led plants to increase their expenditures on energy by more than 15% relative to plants that were subject to the full tax.

Fuel Substitution: The above results leave open the question whether CCL plants lowered their energy expenditures in a way that would be considered a success for climate change policy. *A priori*, this is not clear because this measure of energy use lumps together

Table H.3. **CCA participation and environmental performance**

Dependent variable	Explanatory variable	OLS	Reduced form (OLS)	IV	Fixed effects	Reduced form (FE)	Fixed effects IV	Observations/plants
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Energy expenditure over gross output Δln(EE/GO)	CCA/EPER	0.026** (0.013)	0.086*** (0.028)	0.220*** (0.072)	0.025 (0.019)	0.111*** (0.040)	0.231*** (0.084)	14 336 4 209
Energy expenditure over variable costs Δln(EE/VCost)	CCA/EPER	0.026** (0.012)	0.104*** (0.026)	0.266*** (0.069)	0.015 (0.018)	0.137*** (0.037)	0.285*** (0.080)	14 336 4 209
Energy expenditure Δln(EE)	CCA/EPER	0.019 (0.012)	0.033 (0.024)	0.085 (0.061)	0.036** (0.017)	0.075** (0.029)	0.156** (0.061)	14 336 4 209
Total kWh Δln(kWh)	CCA/EPER	0.068** (0.027)	-0.000 (0.049)	-0.001 (0.115)	0.079** (0.035)	-0.004 (0.068)	-0.007 (0.135)	4 452 928
Electricity Δln(EI)	CCA/EPER	0.026 (0.021)	0.085* (0.046)	0.206* (0.118)	0.028 (0.024)	0.128** (0.058)	0.258** (0.127)	4 452 926
Gas Δln(Gas)	CCA/EPER	0.016 (0.037)	0.014 (0.052)	0.036 (0.127)	0.012 (0.047)	-0.035 (0.080)	-0.066 (0.151)	3 602 764
Share of gas over gas and electricity consumption Δ (Gas/(Gas + EI))	CCA/EPER	0.018** (0.008)	-0.044 (0.031)	-0.107 (0.078)	0.022** (0.009)	-0.048 (0.039)	-0.097 (0.084)	4 435 926
Share of gas over kWh Δ(Gas/kWh)	CCA/EPER	0.013 (0.011)	-0.007 (0.023)	-0.018 (0.055)	0.018 (0.015)	-0.010 (0.032)	-0.021 (0.065)	4 449 928
Solid fuels Δln(SO)	CCA/EPER	-0.155 (0.101)	-0.226 (0.224)	-0.649 (0.597)	-0.091 (0.115)	-0.290 (0.266)	-0.542 (0.486)	1 467 344
Solid fuels over kWh Δ(SO/kWh)	CCA/EPER	0.003 (0.004)	-0.016 (0.011)	-0.039 (0.025)	0.005 (0.006)	-0.022 (0.015)	-0.044 (0.030)	4 452 928
CO₂ Δln(CO ₂)	CCA/EPER	0.050** (0.021)	0.018 (0.040)	0.044 (0.094)	0.053** (0.026)	0.024 (0.051)	0.048 (0.101)	4 452 928
Employment Δln(L)	CCA/EPER	-0.014 (0.011)	-0.039* (0.021)	-0.101* (0.054)	0.021 (0.014)	-0.019 (0.036)	-0.041 (0.075)	14 336 4 209
Real gross output Δln(Real GO)	CCA/EPER	-0.008 (0.011)	-0.053** (0.022)	-0.136** (0.057)	0.011 (0.014)	-0.036 (0.035)	-0.076 (0.072)	14 336 4 209
Total factor productivity Δln(Gross output)	CCA/EPER	-0.002 (0.006)	0.000 (0.015)	0.001 (0.038)	-0.007 (0.009)	0.009 (0.026)	0.018 (0.054)	14 288 4 194
	Δln(M)	0.477*** (0.013)	0.477*** (0.013)	0.477*** (0.013)	0.468*** (0.017)	0.469*** (0.017)	0.468*** (0.017)	
	Δln(EE)	0.034*** (0.006)	0.034*** (0.006)	0.034*** (0.006)	0.036*** (0.008)	0.036*** (0.008)	0.036*** (0.007)	
	Δln(L)	0.257*** (0.013)	0.257*** (0.013)	0.257*** (0.013)	0.237*** (0.018)	0.237*** (0.018)	0.237*** (0.018)	
	Δln(K)	0.049*** (0.016)	0.049*** (0.016)	0.049*** (0.016)	0.069*** (0.020)	0.068*** (0.020)	0.068*** (0.020)	

Notes: Dependent variables are first-differenced from 1997 until 2000 and differenced at various intervals thereafter. Column 1 displays OLS coefficient, column 2 displays OLS coefficient on the instrumental variable in the reduced form, and column 3 displays the 2-stage least squares estimate. Columns 4 to 6 have the same setup while including a firm fixed effect. Column 7 reports the number of observations. All regressions include age, age squared, year dummies and region-by-year dummies. Columns 1 to 3 in addition include region and three-digit industry dummies.

* Significant at 10%.

** Significant at 5%.

*** Significant at 1%.

Source: Martin et al. (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318585>

changes in the price and quantity of energy, as well as the effects of substitution between different fuel types. For example, instead of consuming less of all fuel types, CCL plants might substitute towards cheaper fuel sources, which might also be more polluting, e.g. coal. To investigate this, the next seven panels in Table H.3 report results from regressions using quantity changes in energy consumption by fuel type which are available in the QFI sample. Although this sample is smaller than the ARD sample, there exists economically and statistically significant evidence that CCA membership led plants to

relatively increase their electricity use by about 26%. This is in line with the design of the CCL, which imposes the highest tax rate for electricity. For both gas and solid fuels (i.e. coal), negative point estimates on the CCA coefficient are obtained. There are also negative point estimates when looking at the share of these fuels in total kWh consumed. While these coefficients are not different from zero in a statistical sense, they hint at the possibility that some CCL plants switched from electricity to the lower-taxed fuels gas and coal. This would also explain why the overall effect on total kWh is not significant in the IV regressions. If plants switch from electricity to gas or coal they are likely to require more kWh of primary energy to achieve a given energy service. This could account for at least a partial offset of a tax-induced reduction in the demand for those services.

Carbon emissions: A significant increase in electricity consumption by CCA plants should translate into an increase in carbon emissions, given that a significant decline in the consumption of other fuel types was not found. Next, the focus is on whether this effect occurs when the outcome measure is the total sum of CO₂ emissions across fuel types. The eleventh panel of Table H.3 reports that CCA membership is associated with a 5% increase in total CO₂ emissions. The point estimate is very robust across specifications, yet loses statistical significance in the IV regressions. It seems likely that this is due to the noise in the estimated response by fuels other than electricity. In the absence of a larger sample that would enable estimating this effect with more precision, there are two possible interpretations. On the one hand, coefficients that are statistically insignificant at conventional levels could be disregarded altogether and the conclusion drawn that the unchecked increase of electricity consumption translates into an increase in CO₂ emissions of equal magnitude. On the other hand, a more cautious interpretation of the results would put the impact of CCA participation on carbon dioxide emissions at 5%, which accounts for the possibility that some CCL plants switched into dirtier fuels such as coal. Thus, the full-rate CCL – though not designed as a pure carbon tax – led plants to reduce growth in CO₂ emissions by between 5 and 26% more than the CCA targets did in combination with the discount on the levy.

Economic performance: Finally, whether the impacts on energy consumption and energy efficiency correspond to movements along the production isoquant, or stem from significant shifts in the scale at which plants operate, are investigated. The three panels at the bottom of Table H.3 look at various plant performance variables such as output, employment and total factor productivity (TFP) are presented. When estimating the difference regression without fixed effects, significantly negative coefficients for both employment and output are obtained. However, these effects disappear when controlling for plant-specific trends in columns 4 to 6. There are two issues of note. First, a key policy concern with unilateral implementation of energy taxes is that they might jeopardise the competitiveness of domestic industry. If this was the case, one should observe positive employment or productivity effects of CCA participation, because plants that pay the CCL scale down production and employment. Finding the opposite effect ought to dissipate such concerns. Second, the fact that the negative coefficients effects lose significance once plant fixed effects are included suggests that they are driven by pre-existing trends, unrelated to the policy intervention. Similar to what occurred in the steel industry, this could be due to plants in industries covered by both CCA and PPC regulations which were on a declining trend even before the arrival of the CCL policy package. The last panel suggests that CCA participation had no discernible effect on total factor productivity. In sum, there is no evidence that the CCL had any adverse effects on economic outcome variables.

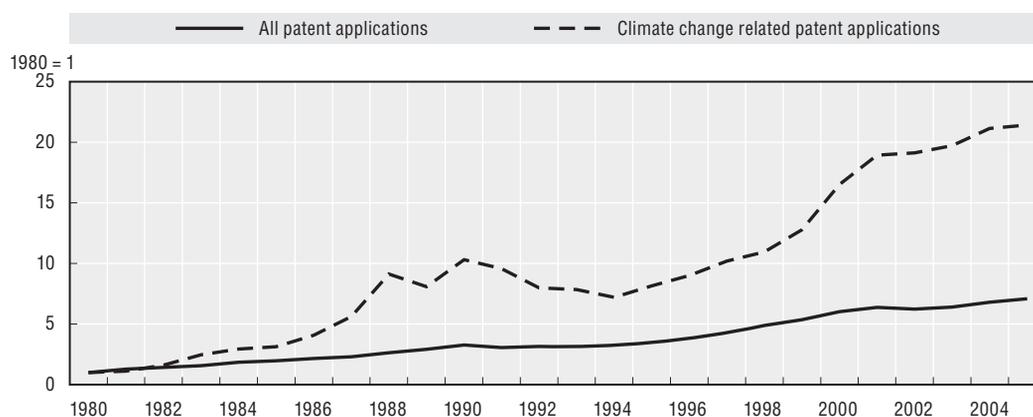
Innovation impacts of the CCL and CCA

Assessing the innovation impacts of the CCL and CCA can best be done with patents. In doing so, the combination of a list of energy efficiency related patent classifications and keyword searches within the abstracts of patents have been utilised.

The principal reason for exploring abstract searches in addition to the energy efficiency patent classes is that climate change mitigation is not only about energy efficiency. Since many economic and non-economic activities contribute directly or indirectly to GHG emissions, it is plausible that innovation in a wide range of areas – not necessarily those classified as “energy saving” – may have an impact on GHG emissions. Consequently, climate change policies might induce innovation in a wide range of areas with a potential for further GHG emission reductions.

Using both methods, more than 45 000 climate change related (CCR) patents in the *EPO Database* were identified. The majority of those (about 77%) were identified via the patent classification system. A sizeable number (23%) were identified through abstract searches. Interestingly and quite surprisingly, the overlap between both types was less than 1%. Figure H.1 examines the evolution of total patents and CCR patents over time. It shows indices of new patent applications each year with base year 1980. Both the number of patents overall and CCR patents have been increasing dramatically since then. The increase in CCR patents was more pronounced and also more volatile.

Figure H.1. **Index of patents in the United Kingdom**



Source: Martin and Wagner (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317882>

The econometric approach attempts to estimate the impact of CCA participation on patenting activity of firms. Due to the discrete nature of patent counts, appropriate econometric models are critical. Two different models are commonly used in econometric analyses of discrete data. The first model performs a conditional logit regression on the binary event of a firm i applying for at least one patent in year t . Thus:

$$\Pr(I_{it} \{ \text{Patents}_{it} > 0 \}) = f(\beta_D D_{it} + x_{it}' \beta_x + \alpha_i) \quad (4)$$

where D_{it} is the treatment indicator, x_{it} is a vector of control variables which includes year dummies, α_{it} is a firm fixed effect and f is derived from the extreme value distribution.

The issue with binary outcomes is that they provide only an incomplete picture of the intensity of innovative activity. Therefore, a Poisson count data model is also employed that posits that the innovation process follows a stochastic process such that the expected number of patents of firm i in year t is given by:

$$E(\text{Patents}_{it}) = e^{\alpha_i} e^{\beta D_{it} + \gamma_i' / \beta_{\gamma}} \quad (5)$$

The CCA and EPER variables described above are used as treatment indicator, D_{it} . As discussed there, CCA participation was contingent on coverage under the Pollution Prevention and Control legislation. That is, only firms that were releasing polluting substances into air, soil or water could apply for a CCA. To measure PPC coverage in practice, firm level data was combined with information from the EPER.

Table H.4 reports the main regression results. Columns 1 and 2 contain coefficient estimates from simple logit and Poisson models, respectively, without controls for firm-specific unobserved heterogeneity in the propensity to apply for patent protection of new inventions. To control for this, columns 3 and 4 display results from a conditional logit model and from a Poisson conditional maximum likelihood estimation (CMLE), respectively.

Table H.4. **CCA participation and innovation performance**

Patent type	Model	Logit	Poisson	Clogit	FE poisson	Observations/ firms
	Policy variable	I(Patent)	Patent count	I(Patent)	Patent count	
		(1)	(2)	(3)	(4)	
All patents	CCA	0.069*** (0.017)	1.382*** (0.295)	-0.109*** (0.035)	-0.510** (0.243)	134 320
	EPER	0.055*** (0.021)	1.326*** (0.376)	-0.161*** (0.048)	-0.585*** (0.186)	8 395
CCR patents (all)	CCA	0.024 (0.024)	0.506** (0.228)	-0.135 (0.087)	-0.531 (0.388)	8 832
	EPER	0.033 (0.029)	0.474 (0.317)	-0.140* (0.082)	-0.432 (0.359)	552
CCR patents (Popp)	CCA	0.021 (0.024)	0.491* (0.269)	-0.138 (0.088)	-0.513 (0.371)	8 576
	EPER	0.026 (0.029)	0.436 (0.304)	-0.172** (0.076)	-0.528** (0.221)	536
Non-Popp patents	CCA	0.070*** (0.017)	1.375*** (0.236)	-0.106*** (0.035)	-0.510** (0.220)	134 224
	EPER	0.056*** (0.022)	1.328*** (0.375)	-0.167*** (0.048)	-0.586** (0.277)	8 389

* Significant at 10%.

** Significant at 5%.

*** Significant at 1%.

Source: Martin and Wagner (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318604>

The first panel deals with all patents. Without controlling for firm-level heterogeneity, treated firms patent significantly more. This result appears regardless of whether CCA or EPER status is used as the treatment variable. Column 1 reports marginal effects instead of coefficients from the binary choice regression. These effects correspond to the marginal effect of the treatment on the propensity to patent. For example, the results imply that treated firms are 5.5 to 6.9 percentage points more likely to apply for a patent than other

firms (depending on whether CCA or EPER is used as the treatment variable). Likewise, the Poisson regression indicates that CCA participation has a positive and significant effect on the expected number of patent applications.

However, this result is not robust. When controlling for unobserved heterogeneity, it is found that, to the contrary, the propensity of CCA firms to patent innovation is up to 16 percentage points lower than that of non-CCA firms after 2001 (column 3). The Poisson regression in column 4 confirms that the number of patents filed by CCA firms dropped relative to that of non-CCA firms following the introduction of the CCL package in 2001. As was the case with the results in columns 1 and 2, the differences between the results obtained with CCA and EPER are small and well within the margin of error. This demonstrates that there are important unobserved differences between treated and non-treated firms which need to be controlled for in order to gauge the effect of CCA participation.

In the subsequent panels, results from the same set of specifications using different dependent variables are presented. In panel two, all CCR patents identified using the combination of abstract searches and patent classifications described above are used. In the results in panel three, only patent classes suggested by Popp (2002, 2006) are used. Similar to the regressions with all patents, there is evidence of a relative decline in patenting by CCA firms after 2001.

Finally, in the last panel, non-CCR patents (all patents minus the patents identified using Popp's mapping of patent classes) are presented. Perhaps not surprisingly, the pattern emerging from this exercise is very similar as for all patents, as non-CCR patents dominate the sample.

Overall, firms in a CCA face less stringent regulation and therefore have lower incentives to respond to the regulation with innovation. This could, in principle, generate the negative coefficient on patenting found in columns 3 and 4. However, any such innovation responses would be concentrated in areas related to climate change, so that negative effects should only arise in panels 1 to 3 and not in panel 4. There are two possible explanations for the results in panel 4. First, the CCL had indeed an impact on innovation across the board. An explanation for why this could happen is as follows: Suppose there is a known technology that allows the firm to produce a given output using less energy but increasing its labour input. For a firm that shifts to this technology in response to the CCL, the eventual effect of the CCL is to increase the incentives for labour saving R&D rather than energy saving R&D. Second, it might be the case that the measure of climate change related patents is incomplete or subject to measurement error. For instance, there are concerns that the EU and US patent classification systems are too different, so that using a concordance table, as was done above, leads to misclassifications.

Additional analysis was done, looking at the time effects using year dummies. It appears that the impact emerges primarily from 2002 onwards, which is consistent with there being a short lag between the introduction of a policy (in 2001) and its impact on patenting.

Conclusions

The results of this case study support a strong case for the introduction of moderate energy taxes to encourage electricity conservation, to improve energy efficiency and to curb greenhouse gas emissions.

The use of negotiated agreements, which provide discounts in the energy tax to certain businesses and industries, may not bring about emission targets that are stringent. One rationale behind the CCA tax discount is that the unilateral implementation of a major climate change policy could jeopardise the economic performance of energy-intensive UK firms. Having investigated this empirically, neither a discernible loss of jobs nor a decline in output or productivity for the average plant paying the full rate was found. From this, the discount granted to plants in a CCA cannot be justified as a means to avoid alleged negative impacts on economic performance arising from the CCL. As such, further cuts in energy use of substantial magnitude could have been achieved without negative impacts on economic performance had the full CCL been implemented for all businesses.

Since climate change is a long-term problem, it is often emphasised that climate policy must stimulate technical change that will allow further reductions in GHG emissions in the future. Evidence from an empirical investigation of the impacts of CCA participation on firm-level counts of patents strongly suggests that a moderate energy tax on the business sector leads to increased innovative activity overall. In particular, it was found that a firm subject to the full CCL was up to 16 percentage points more likely to patent than a similar firm subject to a reduced tax rate through a CCA. The results also indicate that this difference in patenting is most likely driven by patents for energy efficiency equipment, but also for things not related to climate change. Based on these findings, it appears that more such innovation would have occurred had the CCL been implemented at full rate for all businesses, instead of with the 80% reduction during the period of study.

For more information on the UK's Climate Change Levy, the full version of the case study (OECD, 2009) is available at [www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)33-final](http://www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)33-final).

Notes

1. The CCA discount is scheduled to be reduced to 65% from the current 80% as of 1 April 2011.
2. THE UK ETS market is now defunct: there is no trading and allowances have no value.

References

- Martin, R., L.B. de Preux and U.J. Wagner (2009), "The Impacts of the Climate Change Levy on Business: Evidence from Microdata", *Centre for Economic Performance Discussion Paper*, No. 917, London School of Economics, UK.
- Martin, R. and U.J. Wagner (2009), "Climate Change Policy and Innovation: Evidence from Firm Level Patent Data", Mimeograph, Centre for Economic Performance, London School of Economics, UK.
- OECD (2009), *Econometric Analysis of the Impacts of the UK Climate Change Levy and Climate Change Agreements on Firms' Fuel Use and Innovation Activity*, OECD, Paris, available at [www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)33-final](http://www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)33-final).
- Popp, D. (2002), "Induced Innovation and Energy Prices", *American Economic Review*, Vol. 92(1), pp. 160-180.
- Popp, D. (2006), "International Innovation and Diffusion of Air Pollution Control Technologies: The Effects of NO_x and SO₂ Regulation in the US, Japan, and Germany", *Journal of Environmental Economics and Management*, No. 51, pp. 46-71.

ANNEXE I

Japan's Tax on SO_x Emissions

This case study examines the Japanese tax on SO_x emissions that was implemented in the 1970s to finance compensation to victims of air pollution. The tax rate rose very quickly after its introduction, peaking in 1987, when the system was reformed. Due to the tax, firms undertook significant abatement and adopted existing abatement technologies. However, the design of the tax brought about unpredictability of the tax rate and a lack of credibility of the overall system, ushering in a period of declining patenting in related technologies, despite increasing tax rates.

Rationale for the instrument

From the end of World War II through the 1960s and 1970s, rapid industrialisation of Japan's economy brought significant economic gains concomitant with increasing pollution. One of the most significant airborne pollutants was SO_x. While the government had embraced many policy mechanisms during this period to address SO_x emissions, citizens were nevertheless developing respiratory problems, such as asthma, and linkages between illness and pollution were discussed.

At the same time, victims of air pollution were using the courts to seek damages from the major emitters, winning some initial victories. Because early victories acknowledged joint liability, it opened up the possibility that only large companies with the money to pay damages would be sued. In response, Keidanren, an umbrella organisation of industrial associations, sought to introduce an administrative compensation system that possessed both a lawsuit deterrent effect and the effect of insurance that spreads the burden broadly and thinly. The victims also sought an administrative compensation system that would compensate them more quickly and with less expense than a lawsuit. Thus, a tax on SO_x emissions intended to compensate victims was sought by all concerned parties and approved in 1973.

Design of the instrument

The *Compensation Law for Pollution-Related Health Damage* ("Compensation Law" or CL) was approved in 1973 and put into force in following year. The national government

specifies health damage due to air pollution as a designated illness, and it specifies areas where the incidence of such illness was high as “designated areas”. Persons who live in a designated area, or work or go to school there, and who suspected that they have a designated illness can apply to their local government to be certified as a patient with a designated illness, and undergo a medical examination. Other potential causes such as tobacco are not considered; epidemiological causality is applied. A certified victim receives, in proportion to the severity of the damage, healthcare expenses, damage compensation expenses (for living expenses), treatment expenses (for transportation to the hospital, etc.) and so on. In the most severe cases, damage compensation expenses equivalent to 80% of average wages are paid.

The source of 80% of the compensation funds is the CL levy paid, in proportion to the emissions volume, by companies across Japan with facilities that produce soot and smoke with SO_x . Companies that pay the levy are those with maximum gas emissions of 5 000 Nm^3 per hour or more from a given worksite in a designated area or 10 000 Nm^3 per hour or more in other areas. The remaining 20% comes from part of the automobile weight tax paid by automobile owners, which is levied according to the type and the weight of the vehicle. Because the tax is levied according to the weight, its effect in reducing emissions of pollutants and inducing technological development is only indirect.

Four illnesses were recognised as designated illnesses when the system was put into effect, and by 1978, 41 areas had been recognised as designated areas. In the first three years of the system, 50 000 patients were certified; by 1987, when the law was revised to halt new designations, over 100 000 patients had been certified, and the total annual compensation payments exceeded JPY 100 billion or about USD 750 million. Approximately 9 000 plants and other worksites were paying the CL levy out of a total of approximately 60 000 facilities in 1980.

To determine the rate, the government, in fiscal year $(t - 1)$, estimates the amount of compensation to be paid in fiscal year t . The average levy rate of the nine regional blocks of designated areas is set to be nine times that of other areas, and among the nine blocks of designated areas, the levy rate is set so that the higher the compensation amount per SO_x emissions volume in a given area, the higher the rate.

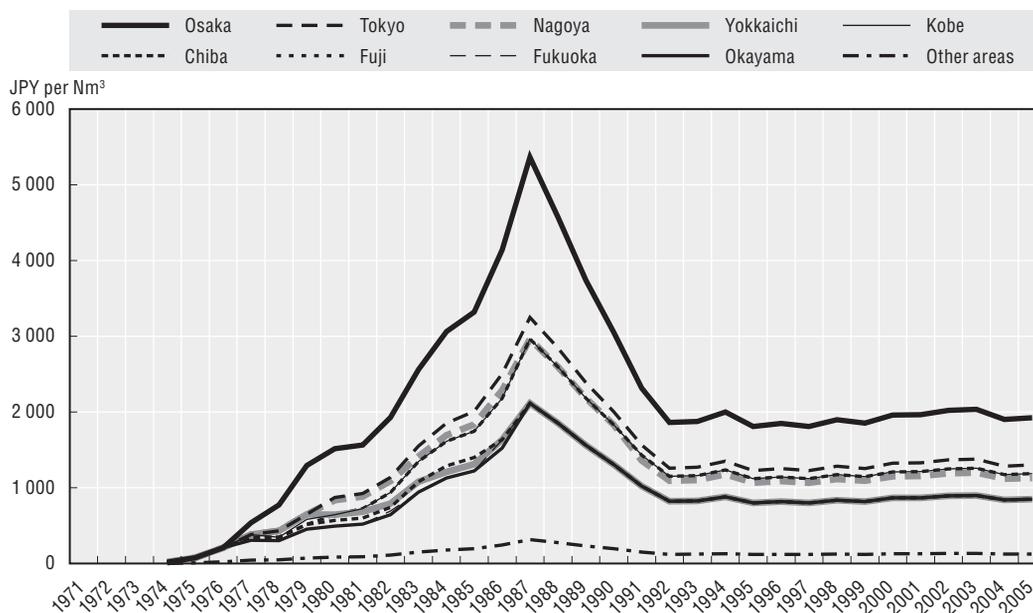
The first characteristic is that the CL levy is intended to secure a funding source for compensation, with the total amount of revenue being decided first and then the levy rate being decided. For this reason, SO_x emitters do not know the levy rate when the emissions occur. Second, current SO_x emitters incur excessive burden because the levy is applied only to SO_x currently being emitted and no levy is applied to NO_x , particulate matters or other air pollutants, past or present, which also have an impact on respiratory health.

This produces unfairness in light of the “polluter pays” principle, and simultaneously, this means that no matter how much SO_x is reduced, not only in other areas but also in the designated areas, compensation payments will not decline, and consequently the levy rates skyrocket. However, if part of the burden is borne by SO_x emitters in other areas that are not connected with health damage in the designated areas and the burden is spread broadly and thinly, that is what the system intended.

Since patients must apply for certification, the number of certified patients increases as the system becomes more well known, and this contributes to a subsequent increase in the compensation amount. Another major factor in the increase of compensation payments was the fact that damage compensation expenses and survivors’ compensation expenses are linked to average wages.

As a result, despite the reduction in SO_x emissions volume, the amount of compensation payments continued to grow, and the levy rate skyrocketed, reaching 134 to 339 times the FY 1974 amount in FY 1987, as in Figure I.1. The GDP deflator growth during this time was 1.6 times. In the Osaka Block, which has the highest rates, a company burning heavy fuel oil C with 3% sulphur paid a levy equivalent to nearly seven times the price of the fuel. Even in the area with the lowest rates, a levy equivalent to approximately 40% of the fuel price was paid.

Figure I.1. **Tax rates for current SO_x emissions**



Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317901>

Starting in 1987, significant reforms were introduced in response. The regional designations related to air pollution were removed and therefore no more new certified patients were recognised. This move was made in response to the fact that SO_x emitters could no longer bear the burden of compensation payments, which were increasing in spite of the significant decline in SO_x emissions.

Although area designation was halted and recognition of new certified patients was stopped, the Compensation System continued to exist in a different form. Compensation to pre-existing certified patients continued as before, and the funding burden continued to be apportioned between fixed sources and mobile sources. However, a new levy was raised on past SO_x emissions from fixed sources. Specifically, the levy rate on the current emissions and past emissions were now determined so that revenue on emissions during the five years immediately previous to the decision to halt area designation (i.e. 1982-86) would amount to 60%, with the other 40% being composed of revenue levied on annual emissions. Temporary measures smoothed this transition. Because the original reason for halting area designation was the reduction of air pollution that causes the designated illnesses, it is contradictory to have a levy on current emissions of SO_x, but the levy on current emissions remained in place and it was explained as an incentive for corporations

to prevent pollution. As long as the system continues to exist, there will be a levy will be levied on emissions during the five-year period from 1982 to 1986, and so the cumulative levy rate for this period will continue to increase into the future.

However, the most important change is that the only parties obligated to pay the levy were firms which had plants or other worksites with facilities that create soot or smoke with SO_x as of 1 April 1987. This means that all such companies will continue to pay a levy on past emissions as long as they continue to exist as companies, even if they close their plants and other worksites. On the other hand, a new plant or other worksite opened after 1 April 1987 will not pay a levy, regardless of how much SO_x it emits. (However, if a company newly installs soot- and smoke-producing equipment in an existing plant and other worksite, the company is obligated to the conventional levy.) As a result, companies continue to reduce SO_x emissions at worksites that are obligated to pay the levy, and increase SO_x emissions at new worksites. By halting recognition of new certified patients, the number of such patients declined to 45 000 and the amount of compensation dropped to JPY 52 billion in 2005.

It should be noted that there were also a range of other policy instruments targeting SO_x emissions at the same time. From the regulatory side, there was the *Smoke and Soot Regulation Law* that was passed in 1962. The provisions of the law were extremely lax, such that they could be met even when burning heavy oil of the highest sulphur content. That law was superseded by the *Air Pollution Control Law* which was passed in 1968 and attempted to achieve the environmental standards through two provisions, the K-Value Regulation and the Regulations on Total Emissions.

The K-Value Regulation was aimed at reducing the concentration of SO₂ on the ground and was based on the product of a policy variable and the height of the smokestack. Since being introduced in 1968, the regulation was revised seven times up to 1976 and remains in effect today. In 1968, it was possible to comply with the regulation by building tall stacks, even when using high-sulphur fuel, and stacks over 100 metres appeared. However, the introduction of regulations in 1976 required additional actions.

Where achieving SO₂ standards was difficult using the K-Value Regulation, the law required prefectural and metropolitan governors to additionally introduce Regulations on Total Emissions. Whereas the K-Value Regulation applied to each facility, Regulation on Total Emissions is applied to each plant and other worksite and target large-scale plants and other worksites which accounted for over 80% of SO_x emissions prior to regulation. The regulations were based around a policy variable and the amount of heavy oil equivalent of fuel use (kilolitres per hour) in determining the maximum emissions per hour. For new facilities, the permitted amount of emissions is stricter for the amount of fuel use but can be larger than for older firms.

Subsidy-like measures have also been used: low-interest loans, special depreciation, shortening of legal durable life, and an exemption from fixed asset taxes in return for investment in pollution prevention. With the Taxation System for the Energy Reform of 1978 which is still in place today, a corporation that has installed targeted facilities may choose a corporate tax reduction through either a 7% tax exemption on the base acquisition price or special depreciation of 30% in the first fiscal year (this component was available from 1975). These measures were for energy saving, not for pollution control, and were applicable to the facilities.

Voluntary measures – pollution control agreements (PCA) – have also been widely utilised in Japan. Local governments started using PCAs as a last resort in the 1960s when they still lacked regulatory authority. PCAs proliferated rapidly starting in the late 1960s and have come to number more than 30 000 in effect today. Given the six million worksites in Japan, there is an average of one PCA per 200 worksites; it is estimated that coverage by PCAs is very high at large-scale worksites. Most PCAs that are concluded with such large-scale worksites incorporate restrictions in addition to the legal regulations, and such worksites must observe the emission levels stipulated in the PCAs. The Standardised K-Value Regulation and Regulations on Total Emissions are applied indiscriminately because it is difficult for them to take account of local natural conditions and the spatial distribution of the worksites. For this reason, local governments use PCAs to place more stringent restrictions on emissions from large-scale worksites which have great financial resources, while allowing the standardised regulatory levels to remain relatively lax.

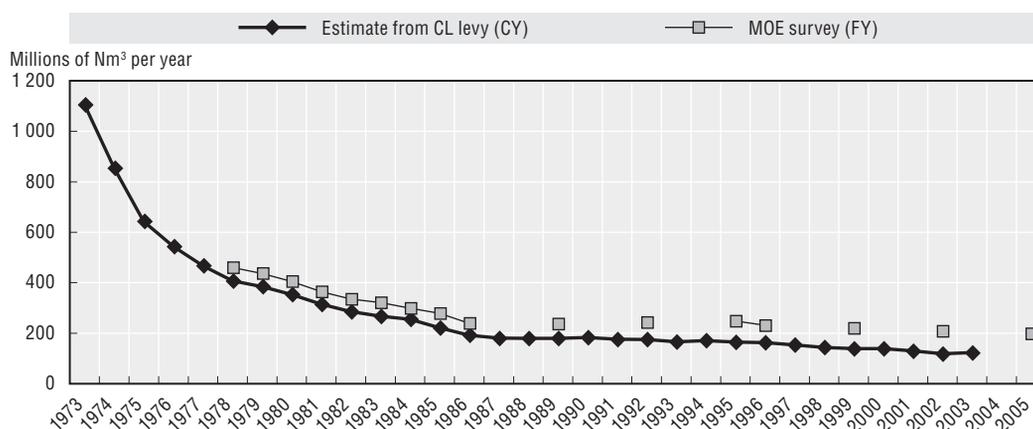
Theoretically, businesses do not have to conclude PCAs which require them to take measures beyond legal requirements. However, local governments, which have authority to give different kinds of permissions to businesses, have strong bargaining power and businesses appear to accept individual PCAs in order to avoid strife. Recently, numerous companies have started publicising in their environmental reports the fact that they have concluded and are observing PCAs which are considerably stricter than the legal regulations. The balance between bargaining powers of local governments and of businesses vary from case to case and businesses sometimes refuse PCAs.

Environmental impacts of the instrument

By the end of the 1970s, the amount of SO_x had been adequately reduced, and this achievement is lauded as an example of successful environmental policy. Figure I.2 shows the estimated levels of SO_x emissions, derived from data from the Ministry of the Environment (MOE) and from the Compensation Law levy.

This figure shows that there was a sharp drop in SO_x in Japan from the early 1970s through the mid-1980s, followed subsequently by a slight increase or a levelling off, and then further decline. This appears to indicate that the CL levy exerted some effect on SO_x

Figure I.2. Trends in SO_x emissions



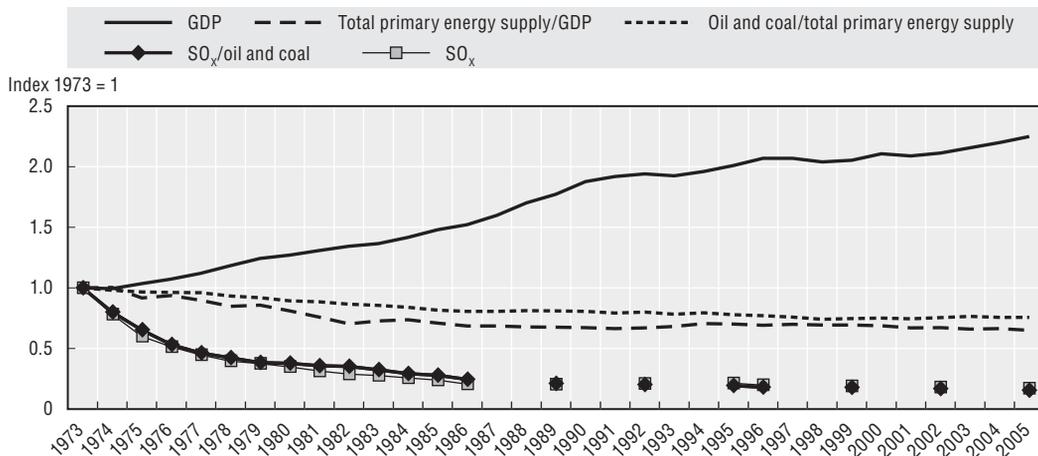
Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317920>

reduction, at least during a certain period prior to the halting of area designation in 1987. Following the halting of area designation, the fact that the levy estimate's SO_x continues to decline while the MOE survey's SO_x is not declining is most likely due to the increase in SO_x emissions volume from worksites which are not subject to the levy.

One can also consider the factors affecting emissions: GDP as production volume, energy usage per unit of GDP, oil and gas as percentage of total energy use, and units of SO_x per unit of oil and gas. These relative factors are displayed in Figure I.3 and it is clear that there is significant decoupling of SO_x emissions from GDP.

Figure I.3. **Factors of SO_x emissions**



Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317939>

The rest of this section will attempt to consider and differentiate the impact of the CL levy and other policy instruments (legal restrictions and PCAs) from the object and timing of each instrument and SO_x reduction cost. Subsidy-like measures will not be investigated because they do not provide incentives for SO_x reduction but have an impact only when used in conjunction with a pollutant emissions charge. Although investment costs depend on their depreciation time, it seems that more important costs for pollution control investment such as FGD equipment are running costs rather than investment costs. If there was an effect from subsidy-like measures, it most likely would have been to hasten the investment by about one year because changes in the CL levy rates were very rapid (average annual rate of 110% during FY 1974 to FY 1979 and 20% during 1979 to 1987).

Looking at FY 1973 to FY 1978, it appears that the large reduction during this period was due to regulations and PCAs which aimed to achieve the environmental standards by March 1978. During this period, SO_x declined by 60%, but the majority of the reduction occurred early in the period, with a 40 percentage point decrease during the first two years. The levy rate on emissions in other areas (which emitted 87% to 88% of the SO_x emissions volume) during 1974 and 1975 was JPY 8.59 and JPY 23.33 per Nm^3 (JPY 6.01 and JPY 16.33 per kg sulphur), respectively. Also, the price differences of heavy fuel oil C with different amounts of sulphur during this period was JPY 108 per kg sulphur even for that with the lowest sulphur content of 3% to 2.5%. So, it did not contribute to SO_x reduction since it was cheaper to pay than to abate. The situation was the same even in designated areas, where the levy rate was nine times larger, because the regulations were also stricter.

Meanwhile, the K-Value Regulation was steadily revised in 1969 and 1973 and Regulations on Total Emissions were also introduced. Regulations on Total Emissions were planned to reduce 50% of the overall SO_x in the designated areas, which comprised 20 to 30% of the SO_x emissions nationwide from 1974-76 through 1976-78. PCAs with strict emissions standards were concluded starting in the late 1960s, and the number increased sharply in the 1970s. As such, it appears that the development and spread of SO_x reduction technology, such as heavy oil desulphurisation and FGD which led to significant SO_x emission reductions during this period, was triggered mainly by regulations and PCAs. Meanwhile, energy saving in the broad sense was suddenly observed in FY1975, and it seems that the soaring energy prices caused by the first oil shock clearly had an impact on that. The increase in gas and nuclear power may also be such a response.

Looking at FY 1978 to FY 1986, the environmental standards were achieved in FY 1979 and therefore regulations were not strengthened. It is possible that the PCAs of companies which expanded production and energy use were strengthened so as to reduce SO_x emissions per energy usage volume. But, because environmental standards had been achieved, there was no need for rational regulatory authorities to further reduce the absolute amount of SO_x emissions in the areas. Yet, the absolute amount of SO_x emissions was declining, suggesting that the SO_x reduction during this period was caused primarily by the CL levy. During this period, SO_x declined by 69% in the designated areas and by 51% in other areas.

Again, looking at the price differences in heavy fuel oil C with differing sulphur contents and the levy rate in other areas, the levy rate was relatively too low to justify fuel switching until 1985; in 1986, the levy rate was set to justify the reduction of sulphur content of fuel to 1.5%. This compelled a reduction of around 50% in the case of a pollution source that continued to use heavy oil with a sulphur content of about 3% and that cleared the loosest K-Value Regulation by building a smokestack with an effective height of stack exceeding 200 meters. However, the above applies in the case where a company accurately predicted the levy rate for the following fiscal year which applied to 1986 emissions, and those that predicted a higher rate would have been compelled to make a larger reduction in emissions.

Meanwhile, the average cost of FGD to reduce gas with a SO_x concentration of 2 000 ppm (equivalent to heavy oil with sulphur content of 2.9%) to a concentration of 200 ppm (0.29%) was JPY 86 to 90 per kg sulphur. This is lower than JPY 105 per kg sulphur, the levy rate for other areas in FY 1983. Because other methods were less expensive than this specific FGD method, it is likely that there were cheaper options overall. Though the figures obtained here are average, not marginal costs, it means that if such reduction were carried out, the benefit would be larger than the cost.

Referring to the available data for heavy fuel oil C for electric power generation with regard to heavy oil with low sulphur content of less than 0.3%, there is the same price difference between 0.2% and 0.3% as for that with higher sulphur content. However, the price differences which were initially extremely large rapidly shrank, with the price differences between 0.2% and 0.1% dropping from JPY 5 215 to 430 per kg sulphur between 1980 (October) and 1986 (October). For this reason, use of heavy fuel oil C with 0.1% sulphur was justified in the Osaka area, which had the highest levy rate, in 1983 and in all designated areas in 1986.

At the end of the 1970s, a price reversal occurred, making liquefied natural gas (LNG), which contains no sulphur, cheaper than heavy fuel oil C with 0.1% sulphur for electric power and steel companies which have their own long-term contracts with LNG exporters. In this case, LNG seems to be used without any institutional pressure such as legal emissions standards, PCA, or the CL levy. That is, SO_x emissions reduction due to the use of LNG seems not to be an effect of policy instruments. However, if polluters could buy any amount of cleaner fuel, LNG, at a cheaper price, they would have completely replaced other kinds of fuels by LNG. But they did not do so. Therefore, there must have been certain costs to do so, such as weaker energy security, higher price because of larger demand, and so on. It is then possible that the CL levy whose rates got extremely high contributed to the additional expansion of LNG use, by making it far less costly compared with fuels containing sulphur. It is also possible that the LNG prices offered by gas companies for large consumers of gas who do not import it themselves became sufficiently low and contributed to the reduction of SO_x emissions.

However, as seen in the Figure I.3, the main factor of SO_x reduction in this period is the decrease of $\text{SO}_x/(\text{Coal} + \text{Oil})$ ratio, which implies fuel desulphurisation and FGD technologies. The decrease of $(\text{Coal} + \text{Oil})/\text{Energy}$ ratio, which implies the expansion of the use of gas, nuclear and other sources of energy, was a less important, third factor following that of energy saving. Much the same factors relate to the decisions about coal as well.

Although it is possible that SO_x reduction in this period was, to some extent, brought about by the relatively lower prices of low sulphur fuels, without any relation to any policy instrument, this is believed to have been limited and the CL levy is thought to have contributed to a large extent to the reduction of SO_x emissions. This is consistent with the fact that, when the levy rates started to fall after 1987, SO_x emissions stopped decreasing. Ordinary companies have multiple options for SO_x reduction and can find less expensive means than regulatory authorities, and researchers also support the CL levy's effectiveness in this period.

The diffusion of SO_x reduction technology during this period seems to have been primarily caused by the CL levy. However, analysing interviews with environmental equipment manufacturers and at patent data, it was not a period of flourishing development of SO_x reduction technology although certain developments were made. That is, FGD technology was adapted to coal use, energy efficiency of FGD was improved, and so on. In short, this was a period in which technology developed in the past spread due to the levy.

Following the halting of area designation, the decline in total SO_x emissions nationwide markedly decelerated. The lower rate of decline is believed to be due to the halting of area designation under the Compensation Law, but the actual situation is slightly complex. In the periods FY 1986-FY 1996 and FY 1996-FY 2005, SO_x emissions according to the MOE's survey declined at an annual rate of 0.4% and 1.7%, respectively, slower than in prior periods. However, the levy's estimate of SO_x declined at a faster rate both in designated and in other areas (see Table I.1). One reason for this is that the number of pollution sources that pay the levy systematically fell along with a decline in the emissions per pollution source.

Due to such factors, the gap is growing between the MOE's survey and the levy's estimate of SO_x . There are two possible explanations for this. One is that companies increased production at new plants and other worksites (thereby also increasing emissions) and cut production at plants and other worksites which were required to pay

Table I.1. **Annual average rate of change of SO_x reduction**

MOE survey in fiscal year, estimate from CL levy in calendar year	MOE survey	Estimate from CL levy					
	National total (%)	Designated areas			Other area		
		Emissions (%)	Number of sites (%)	Emissions per site (%)	Emissions (%)	Number of sites (%)	Emissions per site (%)
1973-78	-16.9	-24.9	+12.9	-33.5	-17.3	+6.9	-22.6
1978-86	-7.8	-13.8	-1.7	-12.3	-8.6	+1.9	-10.3
1986-96	-0.4	-4.1	-0.4	-3.8	-1.5	-0.2	-1.3
1996-2005 (2003 estimate from CL levy)	-1.7	-6.8	-0.7	-6.2	-3.9	-0.5	-3.4

Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932318623>

the levy. The impact from relocation of manufacturing to overseas sites is also a possibility. The other possible explanation is that companies continued their SO_x reduction efforts as before to cope with the levy rate which did not necessarily decline enough. Investigation into each of the above's degree of contribution is deferred to another opportunity. Ultimately during this period, the levy had an impact on SO_x emissions volume because the levy was not collected from new plants and other worksites due to the halting of area designation and because the levy rate declined to some degree.

Innovation impacts of the instrument

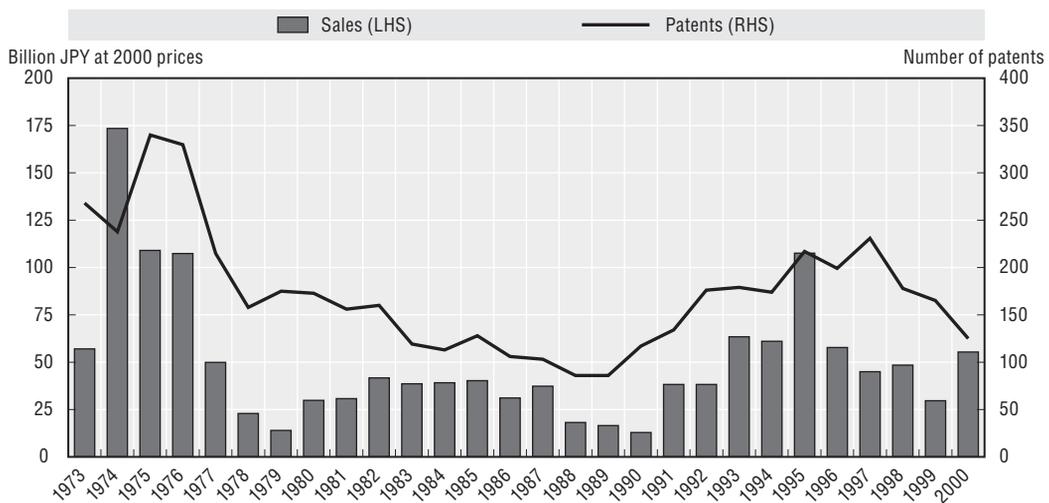
This section uses patent-related data to survey the state of technological development regarding SO_x treatment technology. Not all of those who conducted technological development necessarily patented the outcomes of their research and technological development activities, but examination of patents helps to understand the major trends in technological development involving FGD.

PATOLIS is a database that is searchable using various keywords obtained from abstracts of the technical contents drawn up from the patent gazette, in addition to basic information on all patents submitted to the Japan Patent Office (the applicant's name, date of application, etc.). The search period of 1971 to 2000 produced a sample of 5 647 patents. As shown in Figure I.4, this trend is nearly identical to the trend in sales of FGD equipment.

However, the number of patent applications related to desulphurisation technology is affected not only by the state of development of desulphurisation technology, but also by social currents concerning the patent system and intellectual property rights. Looking at trends in the ratio of desulphurisation-related patent application to total patent applications, the trend is similar to Figure I.4. However, compared to the trend in the number of applications, it is a much gentler rise. Consequently, the second peak in patent applications for technology related to desulphurisation which occurred from the mid- to late 1990s appears to have been partially resulting from a positive attitude toward patenting in general caused by changes in the system or the social environment.

Most patent applicants are plant engineering manufacturers (outside suppliers who emit hardly any SO_x at their own companies). For example, the top 10 plant manufactures in terms of accumulated capacity of FGD equipment make up 54% of all patent applicants from Japan in the sample, excluding individuals. There are not a large number of patent applications from companies that emit SO_x, or from national or public research institutes. For example, the electric power companies, which were the largest source of SO_x emissions,

Figure I.4. FGD sales and patents



Source: OECD (2009).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932317958>

set up their own pilot plants and actively undertook joint research with plant manufacturers during the development period of FGD technology from the late 1960s to the early 1970s, but not only did they not submit their own applications for patenting, they did not submit many joint applications either.

Looking again at Figure I.4, the period from the early to mid-1980s, when the CL levy rates rose sharply, was a period in which there were very few patent applications related to FGD. Conversely, applications increased again in the 1990s when recognition of new patents was halted and the CL levy rates were significantly lowered. The second peak in the number of applications occurred in the late 1990s. Consequently, it is difficult to discern evidence from patent data suggesting that the Compensation Law provided a strong incentive for technological development activities related to FGD.

Conclusion

The CL levy, the purpose of which is to ensure a source of compensation funds for victims suffering health damage due to pollution, was set at a high rate after the SO₂ environmental standards were achieved, from the late 1970s to the late 1980s, and it was a major contributor to the spread and utilisation of the above technology. It may also have had an impact on technological improvements such as the boosting of efficiency of FGD equipment, as well as the popularisation of use of LNG and natural gas.

Accompanying the halt of area designation under the Compensation Law in 1988, the CL levy affected SO_x emitters by providing an incentive to build plants and other worksites in new locations and by continuing to provide an incentive to reduce SO_x emissions at existing plants and other worksites. Increases in SO_x emissions from plants and other worksites that have no obligation to pay the levy are affected by both incentives. One can observe the impact of the latter (incentive to reduce SO_x emissions at existing plants and other worksites) in effects such as the increase in the use of natural gas by the industry.

The Compensation Law was highly successful in providing relief quickly to numerous victims of health damage due to pollution. However, the imposition of the entire burden on SO_x (as opposed to sharing the burden across all pollutants that contributed to the health problems) triggered an excessive reduction of SO_x. If resources for SO_x reduction that were used after the SO₂ environmental standards were achieved in the late 1970s had instead been directed toward measures against other types of pollution, it might have been possible to achieve a greater reduction of health damage, and thereby achieve greater cost-effectiveness.

There are two main reasons why the CL levy did not induce much technological innovation. The first reason is the failure of the CL system to address the true causes of the health damage that the system tries to compensate. When the level of compensation is exogenously determined, the rational behaviour of the unified polluters is to do no SO_x abatement in order to minimise the sum of abatement costs and levy payments. Conversely, if the revenues were not exogenously determined, but were levied on the full range of air pollutants emitted with adverse health effects, their rational unified behaviour is to abate the true cause pollutants rather than SO_x so that the sum of the abatement costs and compensation amount is minimised. In this case, even the levy on SO_x could induce technological development to abate the true cause pollutants. But what businesses did was to reduce SO_x emissions. It shows that they did not form an industry-wide cartel to not reduce SO_x or to reduce the true cause pollutants. Instead, they were united to try to change the CL system, while individually trying to reduce their share of the burden through abatement, not innovation.

Until the late 1970s, firms had to reduce SO_x emissions because of legal regulations and PCAs. The uncertainty of levy rate did not prevent businesses from investing to comply with the laws and PCAs. As the result, they reduced the emissions to the sufficient level. So, it seems reasonable that businesses started then to demand halting the certification of new patients. They managed to change the system and erased the uncertainty of the levy rate totally.

Moreover, the technologies which were developed in the 1970s because of the stringent legal regulations and PCAs in the highly accumulated industrial areas were almost sufficient enough to bring about the subsequent emissions reduction in other areas in the 1980s. The CL levy contributed more to the diffusion of the SO_x abatement technologies developed earlier than to the development of them.

For more information on Japan's levy, the full version of the case study (OECD, 2009) is available at [www.oelis.oecd.org/olis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2009\)38-final](http://www.oelis.oecd.org/olis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2009)38-final).

Reference

OECD (2009), *The Impacts of the SO_x Charge and Related Policy Instruments on Technological Innovation in Japan*, OECD, Paris.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

L'OCDE est un forum unique en son genre où les gouvernements œuvrent ensemble pour relever les défis économiques, sociaux et environnementaux que pose la mondialisation. L'OCDE est aussi à l'avant-garde des efforts entrepris pour comprendre les évolutions du monde actuel et les préoccupations qu'elles font naître. Elle aide les gouvernements à faire face à des situations nouvelles en examinant des thèmes tels que le gouvernement d'entreprise, l'économie de l'information et les défis posés par le vieillissement de la population. L'Organisation offre aux gouvernements un cadre leur permettant de comparer leurs expériences en matière de politiques, de chercher des réponses à des problèmes communs, d'identifier les bonnes pratiques et de travailler à la coordination des politiques nationales et internationales.

Les pays membres de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Chili, la Corée, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, Israël, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Slovénie, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission européenne participe aux travaux de l'OCDE.

Les Éditions OCDE assurent une large diffusion aux travaux de l'Organisation. Ces derniers comprennent les résultats de l'activité de collecte de statistiques, les travaux de recherche menés sur des questions économiques, sociales et environnementales, ainsi que les conventions, les principes directeurs et les modèles développés par les pays membres.

La fiscalité, l'innovation et l'environnement

Si l'on se cantonne aux technologies existantes, résoudre les problèmes environnementaux de la planète pourrait peser très lourd sur la croissance économique. Nous savons que l'innovation – création et adoption de technologies et méthodes nouvelles – offre le moyen d'atteindre des objectifs écologiques locaux et mondiaux à un coût beaucoup plus faible. L'innovation est également un des principaux moteurs de la croissance économique.

Les pays de l'OCDE utilisent de plus en plus les taxes liées à l'environnement parce qu'elles constituent l'un des instruments d'action les plus efficaces. Il est essentiel d'analyser la relation entre fiscalité environnementale et innovation pour bien comprendre les effets de cet instrument, qui pourrait être un axe de la « croissance verte ». En attribuant un prix à la pollution, les taxes environnementales stimulent-elles l'innovation ? Quels sont les types d'innovations induits ? La conception de la taxe joue-t-elle un rôle ? Quel est l'impact de cette innovation ?

Pour analyser ces questions, ce rapport s'appuie sur des études de cas qui couvrent la Corée, l'Espagne, Israël, le Japon, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et d'autres pays, et aborde un large éventail de questions et de technologies environnementales ainsi que de situations économiques et stratégiques. Les méthodes de recherche employées vont de l'analyse économétrique aux entretiens avec des chefs d'entreprise et cadres dirigeants. Ce rapport étudie également l'utilisation des taxes écologiques dans les pays de l'OCDE et formule un certain nombre de remarques à l'intention des responsables chargés de les mettre en œuvre.

Les politiques en faveur de la croissance verte peuvent stimuler la croissance économique tout en empêchant la dégradation de l'environnement, la perte de biodiversité et la surexploitation des ressources naturelles. Les conclusions de ce rapport contribueront à la Stratégie pour une croissance verte élaborée par l'OCDE, qui servira de guide pratique pour les pouvoirs publics désireux d'exploiter tout le potentiel d'une croissance plus respectueuse de l'environnement.

www.oecd.org/croissanceverte

Pour en savoir plus

L'économie politique des taxes liées à l'environnement (2006)

Le texte complet de cet ouvrage est disponible en ligne aux adresses suivantes :

www.sourceocde.org/fiscalite/9789264087644

www.sourceocde.org/environnement/9789264087644

Les utilisateurs ayant accès à tous les ouvrages en ligne de l'OCDE peuvent également y accéder via :

www.sourceocde.org/9789264087644

SourceOCDE est une bibliothèque en ligne qui a reçu plusieurs récompenses. Elle contient les livres, périodiques et bases de données statistiques de l'OCDE. Pour plus d'informations sur ce service ou pour obtenir un accès temporaire gratuit, veuillez contacter votre bibliothécaire ou SourceOECD@oecd.org.