L'éco-innovation dans l'industrie

FAVORISER LA CROISSANCE VERTE



Stratégie de l'OCDE pour l'innovation

OCDE

L'éco-innovation dans l'industrie

FAVORISER LA CROISSANCE VERTE



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, 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.

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.

ISBN 978-92-64-07954-0 (imprimé)
ISBN 978-92-64-07955-7 (PDF)

Publié en anglais : *Eco-Innovation in Industry: Enabling Green Growth*

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*
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

L'expansion économique de ces dernières décennies s'est accompagnée de préoccupations environnementales croissantes à l'échelle mondiale, concernant notamment le changement climatique, la sécurité énergétique et la raréfaction des ressources. Les industries manufacturières ont récemment réagi à cette nouvelle donne en s'intéressant davantage à la production (ou fabrication) durable et en prenant différentes initiatives dans le domaine de la responsabilité sociale. Les progrès réalisés restent toutefois insuffisants face à ces lourds enjeux, et les gains d'efficience obtenus dans certaines régions se trouvent dans bien des cas contrebalancés par la hausse de la consommation et de la croissance dans d'autres.

Le changement climatique est devenu l'une des grandes priorités des gouvernements des pays de l'OCDE, et les grands dirigeants de ce monde sont de plus en plus incités à s'engager de manière ambitieuse, à moyen et long terme, en faveur d'une diminution radicale des émissions de gaz à effet de serre (GES). Si l'on en croit de récents travaux de l'OCDE, les émissions mondiales de GES, en l'absence de mesures publiques nouvelles, augmenteraient probablement de 70 % d'ici 2050. Cette situation est synonyme de défis politiques et économiques colossaux pour la zone OCDE.

Par chance, la récente crise économique a pu être considérée par de nombreux observateurs comme une occasion formidable, pour les pays de l'OCDE, de renforcer leur économie et de la rendre plus « verte ». En juin 2009, la Réunion du Conseil de l'OCDE au niveau des Ministres a adopté une Déclaration sur la croissance verte qui invite l'Organisation à élaborer une « Stratégie pour une croissance verte », afin d'assurer la reprise économique à brève échéance ainsi qu'une croissance économique durablement viable sur le plan environnemental et social.

L'OCDE travaille également à l'achèvement de sa très complète Stratégie pour l'innovation, qui vise à tirer parti de l'innovation pour assurer une croissance et un développement plus solides et durables, et pour relever les grands défis sociétaux du XXI^{e} siècle. L'innovation sera un élément fondamental pour que se matérialise l'idéal d'une croissance verte grâce à la mise au point et au déploiement de technologies environnementales et de solutions intelligentes. Les pouvoirs publics doivent guider avec audace la démarche d'innovation et inciter les industriels à considérer les pratiques durables comme des débouchés commerciaux potentiels. Les politiques

menées aujourd'hui doivent pousser à investir non seulement dans des technologies prometteuses, mais aussi dans des infrastructures vertes facilitant les solutions innovantes et prenant en compte les enjeux sociétaux de long terme.

C'est dans le contexte de ces enjeux que le projet de l'OCDE sur la production durable et l'éco-innovation a été lancé en 2008 sous l'égide du Comité de l'industrie, de l'innovation et de l'entrepreneuriat (CIIE) afin d'accélérer la propagation de la production durable dans les entreprises manufacturières en tant que nouveau vecteur de création de valeur. Cet objectif suppose de diffuser les savoirs existants et d'apporter aux industriels un moyen d'évaluer leurs produits et leurs processus de production. Ce projet vise également à promouvoir le concept d'*éco-innovation* et à favoriser l'émergence de solutions à la fois techniques et systémiques aux problèmes environnementaux mondiaux.

Le présent ouvrage détaille les recherches et les analyses effectuées au cours de la première phase de ce projet au titre de la Stratégie pour l'innovation ; il constitue la première contribution à la Stratégie pour une croissance verte. Il passe en revue les aspects ci-après de la production durable et de l'éco-innovation afin d'aider les responsables de l'action publique et les industriels à comprendre les concepts et les pratiques utiles, et met en lumière les éléments méconnus et les domaines nécessitant un surcroît d'analyse et de coordination :

- Examen des concepts de production durable et d'éco-innovation et élaboration d'un cadre commun d'analyse (chapitre 1).
- À partir d'exemples existants, analyse de la diversité de l'éco-innovation et des processus d'éco-innovation dans les industries manufacturières (chapitre 2).
- Évaluation comparative des séries existantes d'indicateurs utilisées dans l'industrie pour obtenir une production durable (chapitre 3).
- Analyse des forces et faiblesses associées aux méthodologies existantes de mesure de l'éco-innovation au niveau macro-économique (chapitre 4).
- Bilan des stratégies et politiques nationales en matière de promotion de l'éco-innovation dans les pays de l'OCDE (chapitre 5).

Le chapitre 6 synthétise les conclusions des recherches menées et détaille les domaines de travail qui semblent prometteurs pour les phases suivantes du projet.

Le projet a été mené par la Direction de la science, de la technologie et de l'industrie de l'OCDE, et animé par Tomoo Machiba sous la direction de Marcos Bonturi (actuellement en poste au Cabinet du Secrétaire général) et de Dirk Pilat, de la Division de politique structurelle. Les auteurs des différents chapitres sont :

- Chapitre 1 : Tomoo Machiba et Karsten Olsen (actuellement chez Amiiko, Danemark).
- Chapitre 2 : Tomoo Machiba et Karsten Olsen.
- Chapitre 3 : Kaoru Endo (actuellement au METI, Japon), Tomoo Machiba et Çağatay Telli (actuellement au Commissariat au Plan rattaché au Premier Ministre, Turquie).
- Chapitre 4 : Anthony Arundel, René Kemp (tous deux chez UNU-MERIT, Pays-Bas) et Tomoo Machiba.
- Chapitre 5 : Fabienne Cerri, Laura Chia-Chen Liang, Tomoo Machiba, Lena Shipper (actuellement à l'Université d'Oxford, Royaume-Uni) et Çağatay Telli.
- Chapitre 6 : Tomoo Machiba.

Hirofumi Oima et Élodie Pierre ont apporté leur concours à la préparation de cette publication.

Le projet a tiré abondamment parti des idées émises par les responsables de l'industrie et de l'action publique rencontrés à différentes occasions, dont la Conférence internationale sur la production durable organisée en septembre 2008 à Rochester (État de New York), deux enquêtes par questionnaire et une série de réunions de groupes d'experts de l'industrie. Le Groupe consultatif d'experts du projet (présidé par M. Nabil Nasr, du *Rochester Institute of Technology*) a formulé de précieux conseils et commentaires quant à la rédaction de l'ouvrage. Les auteurs expriment à tous les participants au projet, ainsi qu'à leurs collègues, leur reconnaissance pour la qualité de leur soutien et de leurs avis.

Cette publication est un des éléments constitutifs de la Stratégie de l'OCDE pour une croissance verte. Les ministres de 34 pays, membres et non membres de l'OCDE, nous ont invités, à l'occasion de la réunion du Conseil de l'OCDE au niveau ministériel de juin 2009, à élaborer une stratégie pour une croissance verte. Cette stratégie vise à énoncer des recommandations claires sur la façon d'assurer l'essor et le développement économiques tout en progressant vers une économie sobre en carbone, en réduisant la pollution, en limitant le plus possible la production de déchets et le gaspillage des ressources naturelles, et en préservant la biodiversité. Il s'agit notamment de développer des outils spécifiques et des recommandations pour l'action dans les différents domaines à prendre en considération, qui vont de l'investissement à la fiscalité, en passant par l'innovation, les échanges et l'emploi.

La Stratégie de l'OCDE pour une croissance verte est préparée dans le cadre d'une réflexion intergouvernementale pluridisciplinaire et prend appui sur les travaux des 25 comités de l'OCDE qui ont participé à son élaboration. Elle représentera un élément fondamental de l'action menée par l'OCDE pour faciliter la transition des pays vers une croissance plus respectueuse de l'environnement dans les années à venir.

Pour obtenir de plus amples informations sur la Stratégie pour une croissance verte voir : www.oecd.org/croissanceverte.

Table des matières

Acronymes et abréviations 9

Préface 13

Note de synthèse **15**

Chapitre 1. Cerner l'éco-innovation : concept et évolution de la production durable **21**

Introduction 22
La progression du concept de production durable 23
Comprendre l'éco-innovation 40
L'éco-innovation, moteur de la production durable 50
Conclusions 53
Notes 56
Bibliographie 57

Chapitre 2. Appliquer l'éco-innovation : exemples de trois secteurs **63**

Introduction 64
L'éco-innovation dans le secteur de l'automobile et des transports 66
L'éco-innovation dans le secteur de la sidérurgie 77
L'éco-innovation dans le secteur de l'électronique 84
Conclusions 97
Notes 100
Bibliographie 102

Chapitre 3. Suivre les performances : les indicateurs de la production durable **105**

Introduction 106
Contribution des indicateurs à la production durable 107
Les séries existantes d'indicateurs de la production durable 109
Application des indicateurs par les entreprises manufacturières 149
Conclusions 153
Notes 157
Bibliographie 158

Chapitre 4. Mesurer l'éco-innovation : les méthodes disponibles pour l'analyse macroéconomique 163

Introduction 164
Avantages de la mesure de l'éco-innovation 164
Aspects de l'éco-innovation à mesurer 165
Mesurer l'éco-innovation à l'aide de sources génériques de données 172
Mesurer l'éco-innovation à l'aide d'enquêtes 180
Conclusions 191
Notes 195
Bibliographie 196

Chapitre 5. Promouvoir l'éco-innovation : les stratégies et mesures gouvernementales de dix pays de l'OCDE 201

Introduction 202
Rechercher les synergies entre la politique de l'innovation et la politique de l'environnement au profit de l'éco-innovation 202
Les stratégies gouvernementales d'éco-innovation 205
Les initiatives des pouvoirs publics en faveur de l'éco-innovation 210
Conclusions 234
Notes 237
Bibliographie 241

Annexe 5.A. Politiques et programmes publics en faveur de l'éco-innovation – réponses des pays à l'enquête 245

Chapitre 6. Perspectives d'avenir : principales conclusions et travaux à envisager en matière de production durable et d'éco-innovation 283

Introduction 284
Neuf messages essentiels 284
Principaux enseignements tirés de la première phase 291
Travaux futurs envisageables 293
Notes 295
Bibliographie 296

Glossaire 297

Références 302

Acronymes et abréviations

ACV	Analyse du cycle de vie
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (France)
AFM	Analyse des flux de matières
AIE	Agence internationale de l'énergie
BSI	*British Standards Institution*
CAFE	*Corporate Average Fuel Economy* (norme des États-Unis)
CBO	Convertisseur basique à oxygène
CE	Commission européenne
CEE-ONU	Commission économique des Nations Unies pour l'Europe
CFC	Chlorofluorocarbures
CIIE	Comité de l'industrie, de l'innovation et de l'entrepreneuriat de l'OCDE
CNUED	Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement
CO	Monoxyde de carbone
CO_2	Dioxyde de carbone
CSC	Capture et stockage du CO_2
DCIE	*Data Centre Infrastructure Efficiency*
DJSI	Indices de durabilité environnementale Dow Jones (*Dow Jones Sustainability Indexes*)
DoC	Ministère du Commerce des États-Unis
DoE	Ministère de l'Énergie des États-Unis
ECI	Enquête communautaire sur l'innovation, Union européenne
EPA	Agence de protection de l'environnement des États-Unis (*Environmental Protection Agency*)
EPE	Évaluation de la performance environnementale

ETAP	Plan d'action en faveur de l'écotechnologie, Union européenne
ETV	Dispositifs de vérification des écotechnologies
FAE	Four à arc électrique
GES	Émissions de gaz à effet de serre
GRI	*Global Reporting Initiative*
GSCM	Gestion verte de la chaîne d'approvisionnement
HF	Haut fourneau
ICE	Indicateur de condition environnementale
ICP	Indicateur clé de performance
IETMP	Inventaires des émissions et des transferts de matières polluantes
IPM	Indicateur de performance de management
IPME	Indicateur de performance du management environnemental
IPO	Indicateur de performance opérationnelle
ISO	Organisation internationale de normalisation
ISR	Investissement socialement responsable
KTN	*Knowledge Transfer Network*, Royaume-Uni
LCD	Écran à cristaux liquides
METI	Ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie du Japon
MFCA	Comptabilité analytique des flux de matières
MIPS	Intensité de matière par unité de service
MoE	Ministère de l'environnement du Japon
NCPC	Centres nationaux de production non polluante
NOx	Oxydes d'azote
OEB	Office européen des brevets
ONG	Organisation non gouvernementale
ONUDI	Organisation des Nations Unies pour le développement industriel
PACE	Dépenses de lutte contre la pollution
PATSTAT	Base de données statistique mondiale sur les brevets (OEB/OCDE)
PC	Micro-ordinateur

PIB	Produit intérieur brut
PME	Petites et moyennes entreprises
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
PRIP	Prévention et réduction intégrées de la pollution
PSS	Système produits-services
R-D	Recherche-développement
RSE	Responsabilité sociale des entreprises
SME	Système de management environnemental
SMEA	Système de gestion de l'environnement et d'audit environnemental, Union européenne
SO_2	Dioxyde de soufre
SOx	Oxydes de soufre
TI	Technologies de l'information
TIC	Technologies de l'information et des communications
UE	Union européenne
UNU	Université des Nations Unies
UNU-MERIT	*Maastricht Economic and Social Research and Training Centre on Innovation and Technology*, UNU et Université de Maastricht, Pays-Bas
USPTO	Office des brevets des États-Unis (*United States Patent and Trademark Office*)
VCR	Véhicule à carburant de remplacement
WBCSD	*World Business Council for Sustainable Development*
ZEW	*Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung* (Centre de recherche économique européenne) de Mannheim (Allemagne)

Préface

Au moment où le monde sort de la pire crise financière et économique de l'histoire récente, ses dirigeants subissent des pressions croissantes en faveur d'une réduction radicale des émissions de gaz à effet de serre et d'une prise en compte du changement climatique. Les périodes de récession ont souvent été, par le passé, des tremplins de la rénovation ; la crise actuelle est une excellente occasion pour l'économie mondiale de se réorienter. Seules de nouvelles politiques et de nouveaux cadres d'action pourront restaurer une croissance économique durable, prévenir la dégradation de l'environnement et améliorer la qualité de la vie. L'innovation sera l'une des clés qui permettront de mettre les pays sur le chemin d'une croissance plus durable, plus réfléchie et plus verte.

L'OCDE est en train de mettre la dernière main à une Stratégie pour l'innovation au XXI^{e} siècle destinée à stimuler la croissance économique et à se saisir des grands défis planétaires de notre temps, et notamment du changement climatique. Cette stratégie est adaptée à l'innovation contemporaine, qui s'est mondialisée tout en faisant de plus en plus appel au savoir. Grâce au rôle croissant de l'Internet, les auteurs d'innovations peuvent désormais s'interconnecter à l'échelle de la planète au travers de chaînes de valeur et de réseaux mondiaux. Les gouvernements doivent comprendre ces tendances nouvelles et élaborer leurs politiques en conséquence : les politiques de l'innovation de demain devront ainsi tenir compte de l'ensemble du cycle d'innovation et aller au-delà de la simple recherche et développement. Elles devront favoriser la commercialisation de technologies prometteuses et autoriser des formes non technologiques d'innovation telles que le développement de services et les mutations organisationnelles. Lorsqu'elle sera finalisée courant 2010, la Stratégie de l'OCDE pour l'innovation aidera les gouvernements à concevoir des politiques à la hauteur de ces mutations et propices à une productivité et une croissance durables.

La Stratégie pour l'innovation nourrira également les efforts que déploiera l'OCDE pour soutenir les pays dans leur recherche d'une croissance verte. La Réunion du Conseil au niveau des Ministres de juin 2009 a ainsi adopté une Déclaration sur la croissance verte et donné mandat à l'Organisation d'élaborer une Stratégie pour une croissance verte, les Ministres de 34 pays déclarant « accentuer [leurs] efforts pour mettre en œuvre des stratégies de

croissance verte, dans le cadre de [leur] réponse à la crise actuelle et au-delà, en reconnaissant que "croissance" et "souci de l'environnement" peuvent aller de pair ».

L'innovation contribuera à matérialiser la vision d'une telle croissance verte, car elle est la clé de la mise au point et du déploiement de technologies environnementales et de solutions intelligentes. *L'éco-innovation dans l'industrie : favoriser la croissance verte* observe les liens cruciaux entre innovation et croissance verte en passant en revue les pratiques actuelles des entreprises et des pouvoirs publics en matière d'éco-innovation, ainsi que les concepts existants et les méthodes de mesure. Plus important encore, elle examine les interventions publiques qui seront nécessaires pour stimuler l'innovation au profit du développement durable et inciter les industriels à adopter des pratiques durables. Il en ressort que dans de nombreuses entreprises de pointe, il est possible d'améliorer concomitamment la durabilité et la rentabilité. Dans les prochaines années, l'OCDE intensifiera ses efforts afin d'aider les gouvernements du monde entier à cerner les politiques susceptibles de déboucher sur une croissance plus forte, moins polluante et plus juste.



Andrew Wyckoff
Directeur
Direction de la science, de la technologie et de l'industrie
OCDE

Note de synthèse

Une éco-innovation qui présente plusieurs facettes a facilité l'évolution de la production durable

Par la mise en place de pratiques productives efficientes et le développement de produits et services qui contribuent à atténuer leurs répercussions négatives sur l'environnement, les industries manufacturières sont susceptibles d'œuvrer puissamment en faveur de l'avènement d'une société durable. Il leur faudra pour cela adopter une démarche économique plus globale plaçant les aspects environnementaux et sociaux sur le même pied que les préoccupations économiques.

Leurs efforts d'amélioration de la performance environnementale ont délaissé le contrôle des pollutions « en bout de chaîne » pour privilégier les cycles de vie des produits, les stratégies environnementales et les systèmes de management environnemental. On voit par ailleurs apparaître de plus en plus souvent des systèmes circulaires de production en boucle fermée dans lesquels les produits mis au rebut sont réutilisés comme ressources manufacturières nouvelles.

De nombreuses entreprises et quelques pays ont commencé à utiliser le vocable d'*éco-innovation* pour décrire les apports des entreprises au développement durable s'accompagnant d'une amélioration de la compétitivité. Sur un plan général, on peut définir l'éco-innovation comme une innovation se traduisant par une diminution – fortuite ou intentionnelle – de l'incidence environnementale. Les différentes activités d'éco-innovation peuvent s'analyser selon trois dimensions :

- *Les objectifs* (domaines cibles de l'éco-innovation : produits, procédés, méthodes de commercialisation, organisations et institutions).
- *Les mécanismes* (modalités des changements apportés aux objectifs : modification, reconception, solutions de substitution et création).
- *Les impacts* (effets de l'éco-innovation sur l'environnement).

L'innovation joue un rôle essentiel dans les progrès que font les industries manufacturières en direction d'une fabrication durable ; l'éco-innovation de son côté a facilité ceux des initiatives de production durable. Le processus de mise en œuvre se complique au fil de cette évolution, et les

industries doivent s'engager dans une démarche susceptible d'intégrer les différents éléments de l'éco-innovation, afin de dégager le plus grand nombre possible de bénéfices environnementaux. Ces processus d'éco-innovation évolués et multiples sont souvent qualifiés d'*innovations système*, c'est-à-dire d'innovations se caractérisant par des mutations fonctionnelles de la société et des changements dans la façon de satisfaire ses besoins.

Les éco-innovations technologiques s'accompagnent souvent de changements non technologiques

Afin d'illustrer plus clairement les contextes et processus qui mènent à l'éco-innovation, nous avons tiré quelques exemples de solutions éco-innovantes de trois secteurs : automobile et transports, sidérurgie, électronique. Ces exemples ont été examinés à la lumière des trois dimensions de l'éco-innovation susmentionnées.

De nombreuses initiatives éco-innovantes du secteur de la construction automobile et des transports ont pour objectif principal d'améliorer l'efficience énergétique des véhicules tout en renforçant leur sécurité. Ces dernières années, la sidérurgie a procédé à différentes mesures d'économie d'énergie et a refondu divers procédés de fabrication. Si le secteur de l'électronique s'est principalement occupé de la consommation énergétique de ses produits, la popularité croissante de ces derniers l'a incité à multiplier les possibilités de recyclage. Globalement, le progrès technologique est souvent le principal objectif des efforts actuels d'éco-innovation qui, en majorité, ciblent des produits ou des procédés, et utilisent comme mécanisme une modification ou une reconception.

Il n'en reste pas moins que certaines mutations non techniques complémentaires, organisationnelles ou institutionnelles ont été très motrices. On citera à cet égard la création de départements distincts chargés de suivre et d'améliorer la performance environnementale globale et de contribuer à l'orientation des efforts de recherche et développement (R-D), ainsi que la mise en place de réseaux de recherche en collaboration impliquant plusieurs secteurs ou faisant appel à de multiples parties prenantes. Certains acteurs industriels ont même commencé à étudier une éco-innovation plus systémique en appliquant de nouveaux modèles économiques et en se tournant vers d'autres modes de fourniture de produits et de prestation de services : dispositifs de partage de vélos, solutions produits-services dans la photocopie et la gestion énergétique des centres de données, etc.

L'essence de l'éco-innovation n'est pas toujours bien rendue par un ensemble figé d'objectifs et de mécanismes. Il semble au contraire plus judicieux de l'examiner en termes de palette de caractéristiques propres à toutes les modifications et créations de produits, de procédés, d'organisations et d'institutions.

Les indicateurs existants peuvent être utilisés de manière combinée pour dynamiser les efforts de développement durable déployés par les entreprises

Les indicateurs aident les entreprises manufacturières à définir des objectifs et suivre les progrès réalisés sur le chemin de la fabrication durable. Les indicateurs existants relatifs à la production durable sont par nature diversifiés et résultent d'actes volontaires, de normes industrielles ou d'obligations légales. Nous avons passé en revue, afin d'analyser leur efficacité pour orienter les efforts de production durable des entreprises, neuf ensembles représentatifs d'indicateurs (indicateurs ponctuels, indicateurs clés de performance, indices composites, analyse des flux de matières, comptabilité environnementale, indicateurs d'éco-efficience, analyse du cycle de vie, rapports de développement durable, investissements socialement responsables), sur la base de six critères d'évaluation comparative (comparabilité, applicabilité aux petites et moyennes entreprises (PME), utilité pour l'équipe dirigeante, amélioration effective de l'exploitation, possibilités d'agrégation et efficacité de la recherche de solutions innovantes).

Les résultats de l'évaluation comparative montrent qu'il n'existe pas d'ensemble idéal d'indicateurs englobant tous les aspects que les entreprises doivent traiter pour améliorer leurs procédés et leurs produits. À l'exception des indicateurs d'éco-efficience, chacune des neuf catégories vise essentiellement à étayer la prise de décision par le management ou à faciliter l'amélioration opérationnelle des produits et procédés. En réalité, de nombreuses entreprises appliquent – sans faire le lien entre eux – deux ou plusieurs ensembles d'indicateurs à différents niveaux.

La combinaison appropriée de plusieurs séries d'indicateurs pourrait aider les entreprises à se faire une idée plus complète de l'impact qu'elles exercent au plan économique, environnemental et social tout au long de la chaîne de valeur et du cycle de vie de leurs produits. En affinant et en normalisant les techniques d'évaluation environnementale, on pourrait par ailleurs les aider à prendre des décisions plus judicieuses en matière d'investissement dans les activités de production durable. Peut-être aussi de nouveaux indicateurs sont-ils nécessaires pour cerner les répercussions plus

larges de nouveaux produits et procédés de production au-delà du cycle de vie d'un produit donné. Les PME et les fournisseurs doivent commencer par recueillir des données destinées à un jeu minimal d'indicateurs, puis recourir pas à pas à des indicateurs plus évolués.

On pourrait, pour cerner les schémas globaux des activités d'éco-innovation, utiliser différentes sources de données

Une quantification des activités éco-innovantes aiderait les pouvoirs publics et les industriels à saisir les tendances. Elle renforcerait aussi la notoriété de l'éco-innovation chez les parties prenantes et accroîtrait la visibilité des améliorations qu'elle permet. Nous analysons les forces et les faiblesses des méthodes existantes de mesure de l'éco-innovation au niveau macro-économique (c'est-à-dire sectoriel, local et national) afin d'en savoir plus sur les possibilités futures de mesure.

Il est important, pour avoir une vue d'ensemble, d'étudier la nature (les modalités), les moteurs, les obstacles et les impacts de l'éco-innovation. Quatre catégories de données peuvent en rendre compte : les mesures des intrants (par exemple les dépenses de R-D), les mesures des extrants intermédiaires (par exemple le nombre de brevets), les mesures des extrants directs (par exemple le nombre de produits nouveaux) et les mesures des incidences indirectes (par exemple l'évolution de la productivité des ressources). Les données correspondantes peuvent être tirées de sources de données génériques ou obtenues par des enquêtes spécialement conçues à cette fin.

Chaque mode de mesure a ses forces et ses faiblesses ; aucun indicateur ni aucune méthode n'est en mesure de traduire complètement l'activité d'éco-innovation. Des sources de données génériques peuvent fournir des informations d'accès facile sur certains aspects de la nature de l'éco-innovation, au risque toutefois de restreindre le champ et les aspects de l'éco-innovation analysée. Si les enquêtes peuvent procurer aux chercheurs des informations plus détaillées et ciblées, elles sont coûteuses et leur cible peut facilement s'avérer limitée. Il importe donc, afin de cerner les schémas globaux de l'éco-innovation, de recourir à différentes méthodes analytiques, le cas échéant en les combinant, et d'examiner les informations obtenues auprès de différentes sources en comprenant bien le contexte des données en question.

Il faut, pour faciliter l'éco-innovation, mieux harmoniser les politiques de l'offre et de la demande

Pour promouvoir la production durable et l'éco-innovation, les gouvernements des pays de l'OCDE ont principalement utilisé leurs politiques de l'environnement, sans nécessairement renforcer la cohérence de leurs actions ou les synergies avec d'autres politiques. Ces dernières années, les considérations environnementales ont commencé à trouver leur place dans les politiques de l'innovation. Dans la mesure où les politiques de l'environnement et de l'innovation sont susceptibles de se conforter mutuellement, il convient d'appuyer cette tendance afin d'atteindre simultanément des objectifs environnementaux et socio-économiques ambitieux.

Désireux de mieux comprendre les politiques publiques actuelles, nous avons analysé les stratégies nationales et les grandes initiatives du moment sur la base des réponses fournies à une enquête par questionnaire concernant dix pays (Allemagne, Canada, Danemark, États-Unis, France, Grèce, Japon, Royaume-Uni, Suède et Turquie). Selon cette enquête, les pays sont de plus en plus nombreux à percevoir désormais les défis environnementaux non pas comme des obstacles à la croissance économique, mais comme une possibilité nouvelle de renforcer leur compétitivité. Tous les pays interrogés ne disposent pas pour autant d'une stratégie d'éco-innovation à part entière ; et lorsqu'ils en ont une, elle est rarement coordonnée avec les actions des différentes entités concernées.

Les initiatives et programmes favorables à l'éco-innovation sont variés et comportent des mesures ciblant aussi bien l'offre que la demande. Du côté de l'offre, ils supposent la création de réseaux, de platesformes ou de partenariats impliquant différents acteurs du monde industriel et d'autres sphères, qui viennent compléter les mesures classiques de financement de la recherche, de l'éducation et de la démonstration des technologies. Du côté de la demande, des dispositions telles que les marchés publics « verts » bénéficient d'une attention croissante, car les gouvernements ont compris que le développement insuffisant des marchés était souvent la grande contrainte dont pâtissait l'éco-innovation.

Les mesures actuellement prises du côté de la demande sont souvent mal harmonisées avec celles qui visent l'offre ; elles nécessitent un meilleur ciblage des bénéfices à retirer des activités éco-innovantes. Pour équilibrer avec succès l'action publique menée en faveur de l'éco-innovation, il faudra d'abord comprendre de façon plus globale les interactions entre l'offre et la demande d'éco-innovation, ainsi que la relation existant entre la production et la consommation de produits et de services éco-innovants.

De nouveaux travaux de l'OCDE sur les indicateurs et les analyses de cas appuieraient utilement les efforts déployés à l'échelle mondiale

Les résultats susmentionnés tirés des recherches et analyses sont regroupés et synthétisés en neuf grandes conclusions (voir chapitre 6). En accord avec le Groupe consultatif d'experts du projet, voici quels seraient les domaines de travail prometteurs pour la prochaine phase du Projet de l'OCDE sur la production durable et l'éco-innovation (2009-10) et, le cas échéant, au-delà :

- **Fournir des orientations concernant les indicateurs de la production durable :** l'OCDE pourrait apporter clarté et cohérence aux séries existantes d'indicateurs en travaillant à la mise au point d'une terminologie et d'une vision communes des indicateurs et de leur utilisation. Elle pourrait aussi contribuer à proposer des mesures de soutien pour renforcer l'utilisation des indicateurs par les entreprises de la chaîne d'approvisionnement et par les PME.

- **Identifier les politiques d'éco-innovation prometteuses :** une meilleure évaluation de la mise en œuvre de mesures publiques diverses aiderait à mettre en évidence de telles politiques. L'OCDE peut aussi faciliter la mise en commun par les pouvoirs publics de leurs meilleures pratiques.

- **Bâtir une vision commune en faveur de l'éco-innovation :** l'OCDE pourrait, en coordonnant des études de cas approfondies, contribuer à améliorer la compréhension aujourd'hui lacunaire de l'éco-innovation, notamment lorsqu'elle est très intégrée et systémique et présente des caractéristiques non technologiques. Ce travail pourrait former la base d'une vision commune des systèmes sociaux écologiques et des chemins à emprunter pour atteindre ce but.

- **Élaborer une définition commune et un tableau de bord :** grâce aux nombreux enseignements tirés de ces réflexions, l'OCDE pourrait envisager de mettre au point une définition commune de l'éco-innovation, ainsi qu'un « tableau de bord de l'éco-innovation » qui permettrait d'évaluer les activités et les politiques publiques menées dans le domaine de l'éco-innovation en combinant différentes statistiques et données.

Chapitre 1

Cerner l'éco-innovation : concept et évolution de la production durable

Ce chapitre présente les notions de production durable et d'éco-innovation. Il étudie leur relation afin de faciliter l'analyse des initiatives manufacturières intéressant le développement durable. Chaque évolution de ces initiatives – de la lutte classique contre la pollution et d'une production moins polluante à l'élaboration de nouveaux modèles économiques et d'écoparcs industriels – peut être comprise comme un progrès imputable à l'éco-innovation. La mise en application du concept d'éco-innovation permet d'espérer l'avènement d'une production industrielle plus durable et la prise en charge de défis mondiaux pressants tels que le changement climatique.

Introduction

Les objectifs premiers d'une société durable sont de créer des richesses matérielles et d'engendrer la prospérité, de préserver la nature et d'instaurer des conditions sociales bénéfiques pour tous les êtres humains. Responsables politiques, chefs d'entreprises et grand public manifestent un intérêt croissant pour l'avènement d'une société durable, ainsi que le montrent en particulier le débat actuel sur le changement climatique et le niveau de priorité atteint par cette question sur la scène politique mondiale, en particulier depuis la crise économique qui s'est déclarée en 2008.

Les industries manufacturières représentent une part non négligeable de la consommation mondiale de ressources et de la production de déchets. À l'échelle planétaire, leur consommation énergétique a crû de 61 % entre 1971 et 2004, et constitue près du tiers de la consommation mondiale. Ces industries sont responsables de 36 % des émissions mondiales de dioxyde de carbone (CO_2) (AIE, 2007). Ces chiffres n'englobent toutefois pas l'extraction de matières premières et l'emploi de produits manufacturés qui, si on les prenait en compte, signeraient un impact bien plus fort. À ce jour, les industries manufacturières ont certes pris différentes mesures pour diminuer leur impact environnemental et social, mais en grande partie sous l'effet de pressions croissantes visant à les responsabiliser davantage. La propension des entreprises à améliorer spontanément leurs performances sociales et environnementales – sur fond de motivations liées à une rentabilité accrue, à une plus grande efficience et à une plus forte compétitivité – va croissant. Ainsi, le monde industriel passe progressivement de mesures de lutte antipollution et de traitement des pollutions à des solutions plus intégrées et efficaces.

Il n'en reste pas moins que l'urgence d'actions nouvelles de lutte contre la poursuite de la dégradation de l'environnement est largement reconnue. Les améliorations observées au niveau de l'efficience de l'emploi des ressources et des énergies dans certaines régions ont souvent été neutralisées par la hausse de la consommation ailleurs, et les gains d'efficience observés ici ou là sont distancés par les effets d'échelle. L'Agence internationale de l'énergie (AIE) prédit que les émissions mondiales de CO_2 d'origine énergétique croîtront de 25 % d'ici 2030 même si les pouvoirs publics appliquent le meilleur scénario envisagé aujourd'hui (AIE, 2007). On entrevoit encore mieux, dès lors, la nécessité de modifier les schémas de production et de consommation pour ne pas ponctionner davantage la planète.

De ce fait, les pressions que subissent les industries manufacturières en faveur d'une réduction de leur impact environnemental et social ne peuvent que s'accroître. Elles peuvent également devenir motrices dans l'avènement d'une société durable, en inventant et en mettant en œuvre des pratiques durables intégrées qui permettront aux entreprises d'éliminer ou de réduire de façon considérable leur propre impact environnemental et social. Les industriels peuvent aussi mettre au point des produits susceptibles de contribuer à l'amélioration de la performance environnementale d'autres secteurs. Il leur faut pour cela considérer la production industrielle comme un processus non plus indépendant, mais intégré dans un mécanisme plus large (Maxwell *et al*., 2006), et donc adopter une démarche plus globale plaçant les aspects environnementaux et sociaux au même niveau que les préoccupations économiques.

Ce chapitre introduit les concepts de production durable et d'éco-innovation et étudie la possibilité d'envisager ces deux concepts dans un cadre analytique commun. L'OCDE espère que cet exercice facilitera et approfondira la compréhension des initiatives de l'industrie déjà à l'œuvre en faveur de la durabilité, et instruira sur la manière d'encourager les industriels à poursuivre leurs activités dans cette voie.

Nous commencerons dans les pages qui suivent par classer les différentes notions de production durable promues et appliquées ces dernières décennies dans les industries manufacturières. Nous fournirons ensuite un survol conceptuel de l'éco-innovation et indiquerons en quoi ce concept pourrait aider ces dernières à améliorer leurs initiatives de production durable. Enfin, nous étudierons les relations conceptuelles qui existent entre la production durable et l'éco-innovation afin d'analyser les initiatives en cours dans une perspective plus large, et de diffuser de bonnes pratiques dans l'industrie, en particulier dans les entreprises de la chaîne d'approvisionnement et les PME. Le chapitre est axé sur les aspects environnementaux du développement durable.

La progression du concept de production durable

L'idée même de production durable a vu le jour au début des années 80 dans la foulée des inquiétudes croissantes concernant les dommages environnementaux liées à la croissance économique (UICN, 1980). Elle se trouve aujourd'hui le plus souvent associée à la notion de développement, qui assure la protection de l'environnement, la richesse économique et l'équité sociale – connues comme les trois piliers du développement durable – avec l'idée en toile de fond de remplir les besoins des générations actuelles sans mettre en péril la capacité des générations futures à satisfaire les leurs (CMED, 1987). L'emploi de l'idée de « durabilité » dans des domaines précis tels que

la production, la fabrication ou l'innovation répond en général à la définition susmentionnée, quoique dans un contexte plus circonscrit.

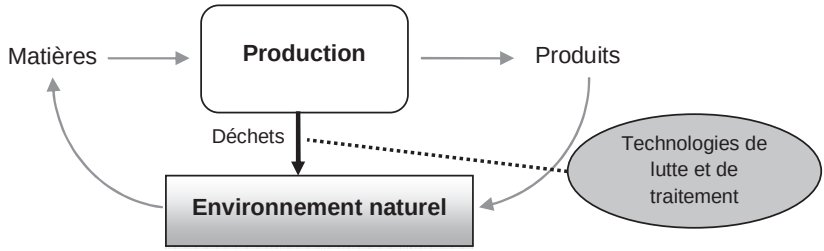
En l'absence de définition générale, la fabrication durable s'intègre bien à l'idée plus générale de production durable. Le concept de production durable est né de la conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED) qui s'est tenue en 1992 à Rio de Janeiro, s'imposant comme un pan essentiel de l'avènement du développement durable (Veleva et Ellenbecker, 2001). Le *Lowell Center for Sustainable Production* de l'Université du Massachusetts (Lowell) définit la production durable comme « la création de biens et services à l'aide de processus et de systèmes qui sont non polluants, respectueux des ressources énergétiques et naturelles, économiquement viables, respectueux de la sûreté et de la santé des travailleurs, des groupes sociaux et des consommateurs, et gratifiants sur le plan social et créatif pour tous les travailleurs » (Nasr et Thurston, 2006). Faisant explicitement référence à la « production dans les secteurs manufacturiers », cet énoncé constitue un point de départ satisfaisant pour définir la fabrication durable ; il nous servira ici de prémices, bien que, comme nous l'avons indiqué, ce chapitre s'intéresse essentiellement aux aspects environnementaux[1]. La présente section décrit les initiatives prises en matière de fabrication durable, ainsi que leur évolution au fil du temps.

Première étape : la lutte antipollution et le traitement des pollutions

Autrefois, le plus souvent, on gérait les dommages environnementaux imputables à la production industrielle en s'inspirant de la doctrine « la dilution est la solution à la pollution », c'est-à-dire en dispersant les pollutions de manière moins nocive ou moins visible (PNUE et ONUDI, 2004). Ces derniers temps, les industriels, sous l'effet de réglementations environnementales plus strictes, ont pour l'essentiel géré ces dommages en s'efforçant de maîtriser et de réduire le montant des émissions et des effluents déversés dans l'environnement grâce à différentes mesures de traitement.

La lutte contre la pollution se caractérise par la mise en œuvre de mesures techniques accessoires lors des étapes finales de processus de fabrication existants. On les qualifie souvent de technologies ou de solutions de « bout de cycle » (figure 1.1). En général, ce mode d'allègement des dommages environnementaux consiste à diminuer ou supprimer les polluants de l'air, des sols et de l'eau que le processus productif a déjà émis.

Figure 1.1. Lutte contre la pollution et traitement des pollutions



La lutte antipollution ne restructurant pas de manière essentielle les systèmes de production déjà en place, son seul avantage est une meilleure performance environnementale. Jusqu'ici, les entreprises manufacturières ont perçu les investissements consentis dans de telles mesures comme un fardeau financier ; pour elles, la compétitivité industrielle pâtit des coûts liés à la protection et au nettoyage de l'environnement, et la performance environnementale pèse sur la rentabilité et la croissance économique (Porter et van de Linde, 1995).

Lorsqu'il s'agit de gérer les dommages environnementaux, les solutions curatives demeurent essentielles pour la plupart des industries manufacturières, et leur impact potentiel est loin d'être négligeable. Parmi les exemples de solutions de ce type, on peut citer les composants biologiques et chimiques permettant de traiter les eaux usées, les systèmes de filtrage de l'air et les enceintes acoustiques réductrices de bruit. Dans le contexte du changement climatique, les toutes dernières technologies ayant pour objectif de capturer les émissions de CO_2 sont également très pertinentes.

Œuvrer en faveur de solutions préventives et d'une production moins polluante

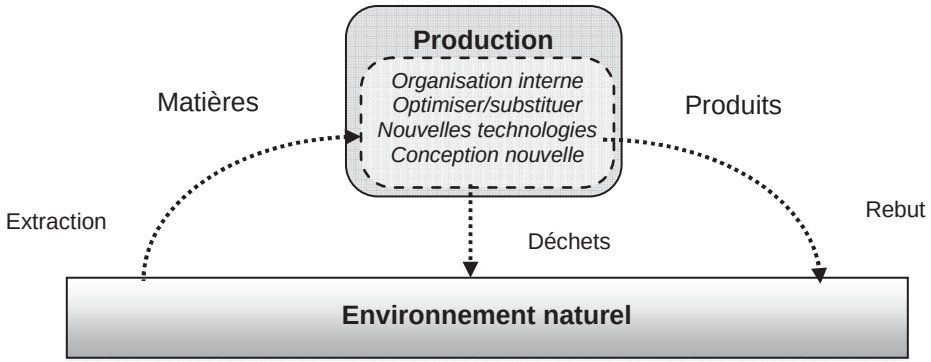
Soucieux de faire passer la gestion environnementale de la lutte antipollution classique à une démarche plus préventive, le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) a instauré en 1989 le Programme pour une production moins polluante. Le concept de production moins polluante repose sur le principe de précaution, consistant à anticiper et prévenir grâce à une stratégie environnementale intégrée. Depuis 1994, le PNUE a collaboré avec l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) afin de créer dans le monde entier des Centres nationaux de production non polluante (NCPC) chargés d'assurer la propagation de cette philosophie dans l'industrie. On dénombrait ainsi 37 NCPC en 2007.

Pour l'essentiel, la production moins polluante se distingue de la lutte antipollution et du traitement des pollutions par le fait que la préoccupation environnementale vise le stade le plus précoce possible du processus industriel, c'est-à-dire la source même de la pollution. Une évolution de la lutte antipollution vers la production moins polluante suppose d'étudier tous les aspects du processus de production, ainsi que ses modes d'organisation, afin de détecter les domaines dans lesquels on peut chercher à réduire ou éliminer les dommages environnementaux. On recense souvent les domaines d'action suivants (Ashford, 1994) :

- Organisation interne, qui fait référence aux améliorations des pratiques professionnelles et de la maintenance.
- Optimisation des processus, qui entraîne une utilisation rationnelle des matières premières et de l'énergie.
- Substitution des matières premières, qui remplacent les matières toxiques par des ressources plus saines pour l'environnement.
- Nouvelles technologies, qui permettent de réduire la consommation de ressources, la production de déchets et l'émission de polluants.
- Conception de nouveaux produits, qui vise à traiter et réduire le plus possible l'impact environnemental tout au long du cycle de vie des produits.

Le concept de production moins polluante embrasse la notion de consommation efficiente des ressources tout en évitant la production inutile de déchets (voir figure 1.2). Les améliorations des performances environnementales reposant sur une pollution moindre à la source imposent des modifications des processus de fabrication existants, des produits et services, ou encore des structures et procédures organisationnelles. Même si la mise en œuvre d'une production moins polluante reste limitée à l'entreprise manufacturière, comme c'est le cas de la lutte antipollution, on aboutit à une démarche environnementale plus intégrée qui apparaît essentielle pour progresser en direction d'une production éco-efficiente (voir la partie suivante). Les avantages économiques et environnementaux potentiels de la production moins polluante sont donc souvent supérieurs à ceux des solutions de bout de cycle.

Figure 1.2. Production moins polluante



Note : par rapport à la lutte antipollution et au traitement des pollutions du figure 1.1, le regard porté ici sur l'environnement naturel est plus large car le concept de production moins polluante prend en compte la totalité du processus de production.

La mise en œuvre d'initiatives pour une production moins polluante n'en constitue pas moins une tâche plus vaste et plus ardue. Elle peut être entravée notamment par les obstacles qui, au sein des entreprises, découlent des problèmes de coordination organisationnelle, mais aussi d'un appui managérial insuffisant. D'autres obstacles peuvent surgir de la réglementation, au sein de laquelle des normes technologiques particulières imposées par les règlements favorisent les mesures de réduction de la pollution en bout de cycle au détriment des possibilités de production moins polluante (Frondel *et al.*, 2007).

Toutefois, une enquête récente concernant plus de 4 000 sites de production situés en Allemagne, au Canada, aux États-Unis, en France, en Hongrie, au Japon et en Norvège (Frondel *et al.*, 2007) montre que plus de 75 % des structures interrogées ont déclaré privilégier les investissements dans des technologies visant une production moins polluante. Les données recueillies viennent également à l'appui de l'argument selon lequel les technologies de bout de cycle voient le jour pour l'essentiel par souci de conformité avec la réglementation, tandis que la mise en place de technologies propices à une production moins polluante répond à un espoir d'accroissement de l'efficience manufacturière et de réduction des coûts d'exploitation. C'est ce qu'indique la corrélation positive entre d'une part les investissements des entreprises dans les technologies de bout de cycle et d'autre part l'évaluation et la perception par les entreprises interrogées de la sévérité des mesures réglementaires et des politiques environnementales, tandis que la recherche d'économies et l'emploi par ces entreprises d'outils spécifiques de gestion de l'environnement (qu'il s'agisse de politiques, de

comptabilité environnementale ou d'audits environnementaux) sont corrélés avec les investissements consacrés à une production moins polluante.

Gérer le passage à l'éco-efficience

Compte tenu de cette évolution de la lutte antipollution vers la prévention des pollutions, les considérations environnementales et l'amélioration des performances environnementales dans les industries manufacturières s'envisagent par ailleurs de plus en plus du point de vue de l'intérêt des entreprises plutôt que sous l'angle du respect de la réglementation. Dans de nombreux cas, les entreprises en sont venues à considérer que leurs actions en faveur de l'environnement n'avaient pas nécessairement des répercussions négatives sur leurs résultats. Ces actions peuvent même, en fait, améliorer la position concurrentielle grâce à une meilleure gestion générale, à une optimisation des processus de production, à une diminution de la consommation de ressources, etc. (voir encadré 1.1). Se préoccuper d'écologie en vient à être considéré comme une activité potentiellement rentable, et les initiatives tant spontanées qu'encadrées en faveur de la durabilité se sont multipliées ces dernières années.

Encadré 1.1. Les économies résultant de meilleures performances environnementales

Le *Green Suppliers Network* coordonné par l'EPA (*Environmental Protection Agency*) des États-Unis s'efforce d'aider les PME des secteurs manufacturiers grâce à des programmes de détection de stratégies permettant de mettre en œuvre des techniques de production moins polluantes. Une étude portant sur les résultats de 60 programmes conclut à une amélioration des performances environnementales, ainsi qu'à la réalisation d'économies importantes par les entreprises. Des expériences imputables à des initiatives européennes montrent également que les PME s'intéressent de plus en plus à la mise en œuvre d'une production moins polluante afin d'améliorer leurs performances économiques et environnementales.

Source : Green Suppliers Network, *www.greensuppliers.gov* ; Kurzinger (2004), « Capacity building for profitable environmental management », *Journal of Cleaner Production*, vol. 12, n° 3.

Différentes évolutions de l'économie mondiale renforcent l'exigence d'une efficience accrue. L'internationalisation de la production manufacturière et de sa chaîne de valeur, par exemple, alourdit les pressions concurrentielles, et les entreprises manufacturières sont de plus en plus tenues d'améliorer leur rapport coût-efficacité. Les incitations à assurer l'efficience des ressources, conjuguées à des contraintes plus fortes sur ces dernières, qui ont renchéri le

coût des activités manufacturières centrales, se font elles aussi de plus en plus pressantes.

Afin d'aider les entreprises à accroître leur contribution à l'avènement d'une société durable tout en restant concurrentielles sur le marché mondial, le Conseil mondial des entreprises pour le développement durable (WBCSD) a proposé le concept d'éco-efficience, mis en avant comme l'un des principaux apports de l'industrie au développement durable lors de la CNUED de 1992 (Schmidheiny, 1992)[2].

Le WBCSD définit l'éco-efficience comme un état que l'on peut atteindre grâce à « la fourniture à des prix concurrentiels de biens et de services qui satisfont les besoins humains et apportent une qualité certaine de vie tout en abaissant progressivement les impacts environnementaux des biens et l'intensité de l'utilisation des ressources tout au long du cycle de vie, à un niveau qui se trouve à tout le moins en phase avec la capacité de charge estimée de la planète » (WBCSD, 1996). L'éco-efficience a pour objectif l'adoption de méthodes de production compatibles avec une société écologiquement viable, et englobe toute une série d'autres concepts importants relatifs à la production et à la fabrication durables.

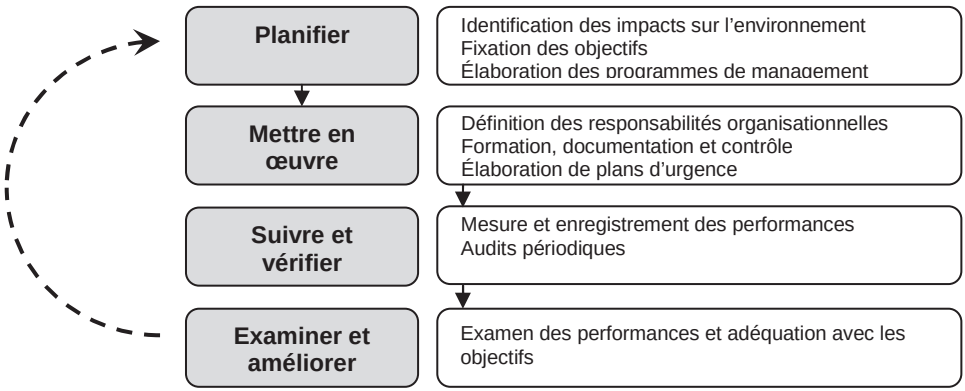
Au cours de la décennie écoulée, l'idée et l'importance de l'éco-efficience en tant que principe directeur de la production industrielle et des décisions prises dans les entreprises a bénéficié d'une attention beaucoup plus soutenue, et profité d'un slogan accrocheur (« comment consommer mieux avec moins ») qui incite à produire davantage de biens et services tout en utilisant moins de ressources et en créant moins de déchets et de pollutions (CE, 2005). Ce mouvement fait évoluer différentes approches conceptuelles et méthodologiques : veille et audit environnementaux par exemple, mais aussi stratégies environnementales (Maxwell *et al.*, 2006), que les entreprises peuvent utiliser pour mieux appliquer les principes d'éco-efficience à leur production.

Ces tâches ne sont pas triviales pour les entreprises manufacturières, et sollicitent fortement leurs capacités de gestion organisationnelle. La mise au point de systèmes de management environnemental (SME) a favorisé le rapprochement de nombreux principes de veille environnementale et de management, instaurant ainsi un cadre dans lequel les entreprises peuvent progresser en direction d'une production éco-efficiente (Johnstone *et al.*, 2007).

Le but d'un SME est de fournir à l'entreprise un système de gestion exhaustif et systématique adapté à l'amélioration continue de sa performance environnementale. Une fois mis en œuvre, le système s'appuie sur une structure qui se caractérise le plus souvent par quatre étapes cycliques et pragmatiques : *i)* planification ; *ii)* mise en œuvre ; *iii)* suivi et vérification ;

iv) examen et amélioration (Perotto *et al.*, 2008) (figure 1.3). Ces étapes s'appliquent à tous les aspects des activités, produits et services de l'entreprise qui interagissent avec l'environnement (ISO, 2004), et peuvent englober la restructuration des processus et des responsabilités de l'ensemble de l'entreprise.

Figure 1.3. Cycle caractéristique des systèmes de management environnemental



On peut, pour prendre en compte la diversité des organisations et des secteurs, mettre les SME en place de manière très variée. Mais il existe des normes permettant d'assurer le respect des grands principes. Les deux principales normes, pour lesquelles une certification peut être délivrée, sont la norme ISO 14001, mise au point par l'Organisation internationale de normalisation (ISO), et le Système de management environnemental et d'audit (SMEA), élaboré par la Commission européenne. Ces dispositifs ont pour objectif de garantir que les entreprises adoptent une politique dans le domaine de l'environnement, que les responsabilités environnementales sont clairement attribuées dans l'ensemble de l'organisation, et que le système est soumis à des audits externes.

La mise en place de SME peut servir non seulement à améliorer la performance environnementale des processus manufacturiers (Johnstone *et al.*, 2007), mais aussi à répondre aux pressions croissantes qu'exercent les parties prenantes, à améliorer l'image de l'entreprise, ainsi qu'à réduire les risques de passif écologique et de non-respect des normes (Perotto *et al.*, 2008). Même s'ils proviennent essentiellement d'études de cas d'entreprises spécifiques, les faits prouvent par ailleurs abondamment que la mise en œuvre de SME améliore la performance financière. Le nombre de certifications de SME a nettement crû dans certains pays, même si la proportion d'entreprises certifiées demeure très faible.

La mesure de la performance environnementale est au cœur de tout SME, car elle fournit des informations essentielles pour gérer et réduire les impacts sur l'environnement. L'évaluation de cette performance n'a toutefois rien de marginal et reste l'objet de débats méthodologiques[3]. Le plus souvent, elle consiste à mesurer des processus, et se gère à l'aide de différents jeux d'indicateurs dont l'objectif est de résumer et de simplifier les informations pertinentes tirées du système de production (ces questions d'indicateurs sont examinées en détail au chapitre 3).

La démarche du cycle de vie et la gestion « verte » de la chaîne d'approvisionnement

L'analyse du cycle de vie (ACV) est l'un des outils servant le plus à mesurer les impacts sur l'environnement et à étayer la prise de décisions concernant le développement de nouveaux produits et procédés. Comme son nom l'indique, elle a pour but de réduire l'emploi de ressources et l'impact environnemental tout au long de la vie des produits et services. Cette démarche va au-delà de la simple production moins polluante dans la mesure où elle insiste sur le devoir qu'ont les entreprises de sortir de leur cadre de réflexion habituel lorsqu'elles examinent les incidences de leurs activités sur l'environnement. Elle suppose de prendre en compte les répercussions et responsabilités environnementales qui découlent de l'extraction de matières, depuis la conception des produits et des procédés de production jusqu'à la consommation et la mise au rebut finale des produits. C'est pourquoi l'ACV est également qualifiée d'analyse « du berceau au tombeau ».

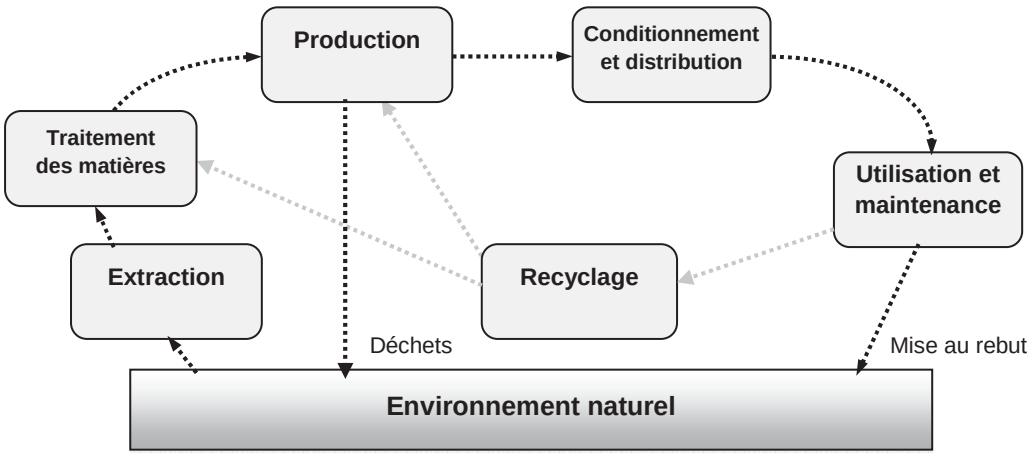
La philosophie du cycle de vie et les démarches de management ont jeté les fondations d'une série d'initiatives environnementales et de modèles économiques relativement nouveaux et proactifs, dans lesquels les considérations environnementales passent du seul site de production à l'ensemble de la chaîne de valeur. Au niveau de l'action publique, cette tendance transparaît dans les initiatives de responsabilité élargie des producteurs et dans la politique intégrée des produits de l'Union européenne, qui cherchent à étendre la responsabilité des fabricants au cycle de vie entier des produits.

Le concept de gestion verte (ou durable) de la chaîne d'approvisionnement (GSCM) provient de la démarche du cycle de vie et de son application (Seuring et Muller, 2007). Comme l'illustre la figure 1.4, il intègre des considérations environnementales à l'ensemble de la chaîne de valeur, de l'approvisionnement initial en matières premières à la consommation et la mise au rebut des produits, en passant par les différentes entités impliquées dans les activités d'extraction, de traitement, de fabrication et de distribution (Saunders, 1997).

L'adoption de la GSCM est très exigeante car elle nécessite, outre différents éléments liés à la production moins polluante et à la mise en œuvre des SME, l'élaboration et le maintien d'étroites relations de coopération avec des entités externes telles que les fournisseurs et les détaillants.

Ces dernières années, la reddition de comptes en matière environnementale et sociale est une exigence qui s'est de plus en plus imposée aux entreprises. Cette pression a fait naître le concept et la pratique de la responsabilité sociale des entreprises (RSE), par laquelle ces dernières, sur la base du volontariat, font connaître leur volonté de tenir compte des conséquences éthiques de leurs activités et d'en assumer la responsabilité au-delà des exigences de la loi.

Figure 1.4. La démarche du cycle de vie



Ces dernières années, la RSE est devenue une question centrale, principalement en raison de l'attention croissante portée aux questions sociales et environnementales et d'une demande plus forte des pouvoirs publics, des militants, des médias et des investisseurs en matière d'amélioration de l'éthique des entreprises (Porter et Kramer, 2006). La RSE est pour l'essentiel une démarche fondée sur le volontariat, mais certains gouvernements incitent plus fermement les entreprises à davantage se responsabiliser, en exigeant par exemple d'elles qu'elles mentionnent leurs risques éthiques, sociaux et environnementaux dans des rapports annuels (voir par exemple la nouvelle réglementation économique française de 2001).

Encadré 1.2. Les rapports de développement durable émis par les entreprises

La publication de rapports sur les activités environnementales et sociales et la chaîne d'approvisionnement est un moyen pour les entreprises de faire connaître aux acteurs concernés leurs réalisations et leurs objectifs en matière de développement durable. Généralement volontaire, cette démarche produit des documents qui peuvent être considérés comme l'équivalent non financier du rapport financier de l'entreprise.

Bien que les rapports de développement durable aient eu pour l'essentiel une vocation d'outil de communication, ils n'en sont pas moins largement reconnus comme un mécanisme important d'amélioration de la performance environnementale et sociale des entreprises. Les entreprises sont aussi de plus en plus nombreuses à émettre des rapports de durabilité dans la mesure où les banques et les investisseurs s'intéressent davantage aux aspects non bilanciels des performances de l'entreprise. Des initiatives internationales telles que le Pacte mondial des Nations Unies et les Principes pour l'investissement responsable (PRI) des Nations Unies exercent sur les entreprises des pressions supplémentaires les incitant à faire part de leurs performances en matière de durabilité.

Aujourd'hui il existe plusieurs cadres et ensembles de principes directeurs sur les modalités et le contenu de ces rapports. Les *Sustainability Reporting Guidelines* de la GRI (*Global Reporting Initiative*) accèdent peu à peu au statut de norme internationale (voir le chapitre 3).

Néanmoins, alors même que les entreprises sont désormais de plus en plus nombreuses à prendre en compte les questions de RSE, la problématique traitée et les actions concrètes qu'elles mènent restent souvent floues (Porter et Kramer, 2006). Par ailleurs, les rapports de développement durable (encadré 1.2) se résument souvent à un catalogue disparate d'activités sociales et environnementales. On observe rarement la mise en place de stratégies et de cadres cohérents quant à la manière dont l'entreprise assume, ou prévoit d'assumer, ses responsabilités sociales et environnementales, et dont ces responsabilités s'articulent avec sa stratégie centrale (GRI et KPMG, 2008).

Une nouvelle révolution industrielle

Il faut, pour répondre aux enjeux environnementaux mondiaux découlant des schémas de consommation et de production en place depuis la révolution industrielle, trouver des moyens de rapprocher des idées et des concepts qui, jusqu'ici, ont été considérés comme des sacrifices à consentir. Pour l'essentiel, c'est d'une « nouvelle révolution industrielle » dont nous avons besoin, dans laquelle la richesse économique ira de pair avec la durabilité environnementale et sociale. La démarcation de plus en plus floue entre le

secteur manufacturier et les services (Mont, 2002), ou entre les biens et les services, peut être vue comme un exemple précoce d'évolution dans cette direction. L'accès à de meilleures performances environnementales grâce à une diminution des flux de matières a suscité une approche plus intégrée de la production durable, souvent dénommée PSS (*product-service system*, ou système produits-services). Les PSS incitent les entreprises à davantage réutiliser et remanufacturer les produits. Si l'on prolonge cette démarche, le besoin de matières vierges peut être formidablement réduit grâce à l'adoption d'une production en boucle fermée, qui optimise la réutilisation de matières existant déjà dans le système de production. Des solutions avancées optent pour une vision encore plus globale telle que l'écologie industrielle, dans laquelle les effluents d'une entité industrielle sont utilisés par la production d'une autre entité.

Système produits-services (PSS)

Alors que les processus industriels traditionnels mettent l'accent sur la production et la livraison de biens aux consommateurs, un PSS s'attache aux notions d'utilité pour le consommateur et de fonctionnalité des produits. Par exemple, lorsqu'une entreprise fabrique et fournit des photocopieurs, elle conserve la propriété du produit si elle applique le modèle PSS, en fournissant le photocopieur au consommateur sous forme de fonction, de sorte que le consommateur n'achète que le service de copie et non le produit lui-même.

Le concept de PSS apparaît souvent dans les articles publiés sur la durabilité, mais rarement dans les recherches générales consacrées aux entreprises (Tukker *et al.*, 2006). Les concepts de « vente fonctionnelle » ou de « servicisation » ont toutefois une signification similaire dans ces recherches. En fait, la démarche des PSS s'applique dans des contextes interentreprises depuis de nombreuses années. Comme la propriété du produit n'est pas transférée du fabricant au consommateur, les coûts de maintenance, de retrait et de remplacement des produits sont internalisés dans le respect des objectifs d'optimisation des bénéfices du fabricant. Ainsi, comme la totalité des biens manufacturés est en quelque sorte « stockée » chez le consommateur, les entreprises n'ont pas besoin de vendre davantage de produits pour optimiser leurs bénéfices. Elles peuvent plutôt exploiter la réduction optimale de la consommation de matières et l'accroissement de la réutilisation, du recyclage et de la fabrication de produits à partir d'éléments de récupération des produits – autant d'activités porteuses d'effets bénéfiques potentiels considérables pour l'environnement.

Le partage d'un même produit par de nombreux consommateurs permettrait d'intensifier son utilisation, et de dériver ainsi des PSS un autre avantage pour l'environnement. Aujourd'hui, les automobiles restent garées

la plupart du temps, au lieu de rouler, et les perceuses ne servent le plus souvent que quelques fois dans l'année. Les PSS pourraient entraîner une diminution radicale de la production de biens physiques et, partant, une moindre consommation de matières et une moindre production de déchets. Les PSS offrent aussi la possibilité de modérer la recherche de bénéfices sur des marchés qui se caractérisent par la versatilité des préférences des consommateurs et par la célérité des virages technologiques (Behrendt *et al.*, 2003).

L'adoption de PSS et leur viabilité financière dépendent de l'ampleur des mutations des infrastructures économiques, sociales et technologiques, ainsi que des modèles économiques (Mont, 2002). Sous l'angle par exemple des entreprises manufacturières, les PSS pourraient provoquer l'abandon du modèle classique centré sur les points de vente au profit d'un système de contrats de services à long terme. Cette évolution modifierait la gestion organisationnelle et la commercialisation des produits. Du point de vue du consommateur, la question centrale est celle de la propriété des produits. Pour que le modèle des PSS fonctionne, il faut que le consommateur considère les produits comme des biens loués et non possédés, mais aussi partagés plutôt qu'utilisés. La possession de certains produits est cependant difficilement dissociable de l'identité et du statut des consommateurs (automobiles, biens de luxe, logement, etc.) (encadré 1.3).

Encadré 1.3. Mise en œuvre de systèmes produits-services

InterfaceFLOR, un fabricant américain de tapis, propose des services de rotation et de remplacement de tapis au lieu de vendre ces derniers. Ce PSS fait partie d'une initiative plus large appelée « *Mission Zero* » par laquelle l'entreprise cherche à éliminer de ses installations, d'ici 2020, toute forme de déchets, y compris les tapis mis à la décharge en fin de vie. InterfaceFLOR utilise ce service de rotation et de remplacement comme modèle de reprise des vieux tapis pour en recycler les matières utilisables dans de nouveaux tapis afin de réduire le recours à des matières premières à base de pétrole vierge.

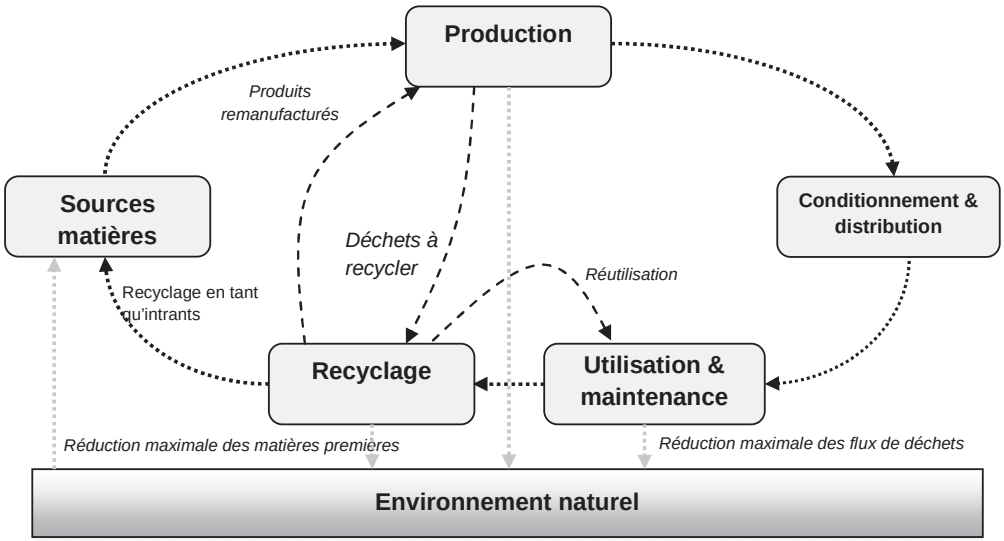
Source : site Internet d'InterfaceFLOR, *www.interfaceflor.com.*

La production en boucle fermée

La production en boucle fermée est similaire à la démarche du cycle de vie, mais s'en distingue par la « fermeture » du cycle des ressources de matières (figure 1.5). Tous les composants du système sont ainsi réutilisés, remanufacturés ou recyclés d'une manière ou d'une autre. Elle suppose de passer de méthodes linéaires classiques de production à une approche circulaire et plus systémique dans laquelle les produits et procédés sont conçus dans une perspective future de « réincarnation ». Le besoin de

matières vierges disparaît, ou diminue beaucoup, et les déchets sont recyclés dans le système. La production en boucle fermée représente donc une avancée de la réflexion « du berceau au tombeau » vers une démarche « du berceau au berceau » (McDonough et Braungart, 2002).

Figure 1.5. Système de production en boucle fermée



La mise en place d'une production en boucle fermée suppose de s'intéresser de près au processus de conception des produits. En effet, ce processus doit non seulement diminuer le plus possible l'usage des matières et de l'énergie nécessaires à la fabrication des produits et à leur distribution, ainsi que les impacts résultant de l'utilisation et de la mise au rebut des produits, mais aussi prendre en compte la manière dont les produits et les déchets peuvent être recyclés au mieux. En matière par exemple d'équipements industriels lourds, la conception des véhicules automobiles peut certes être optimisée en utilisant la plus petite quantité possible de matières nocives et en optimisant l'efficience énergétique, mais encore en concevant les véhicules de manière à faciliter leur démontage, nettoyage, inspection, réparation, remplacement, durée de vie, réassemblage et « renaissance ». On pourrait, en puisant dans les vastes réservoirs de ressources que recèlent les flux actuels de déchets, réduire de manière significative le besoin de matières vierges et la mise au rebut de déchets. Les PSS sont susceptibles de faciliter les conditions dans lesquelles les entreprises peuvent faire de la production en boucle fermée une pièce maîtresse de leur fabrication durable (Behrendt *et al.*, 2003) (encadré 1.4).

Encadré 1.4. Fabrication à partir d'éléments de récupération et PSS

La fabrication de produits à partir d'éléments de récupération est une pratique susceptible de réduire l'impact environnemental tout en augmentant les recettes. Caterpillar, fabricant américain d'équipements destinés au bâtiment et aux mines, a intégré cette idée à son modèle économique et ainsi amélioré son bilan écologique. Cette entreprise s'est créé des opportunités de recettes récurrentes pour plusieurs générations de gammes de produits grâce à des stratégies de conception et des mécanismes de collecte intelligente qui optimisent les possibilités de fabrication de produits à partir d'éléments récupérés. En s'aidant d'incitations financières qui poussent les clients à rendre leurs engins en fin de vie, l'entreprise est en mesure de remanufacturer des composants à un coût très inférieur à celui du coût original, tout en conservant des marges bénéficiaires intéressantes, même lorsque les produits remanufacturés sont vendus à prix moindre avec les mêmes garanties que les produits neufs.

Source : Gray et Charter (2006), *Remanufacturing and Product Design*, Centre for Sustainable Design, Farnham.

L'écologie industrielle

La large mise en œuvre du concept et des techniques de production en boucle fermée dans les activités industrielles et la société en général, au-delà des limites de telle ou telle entreprise, s'appelle l'écologie industrielle. L'écologie industrielle, issue de la théorie systémique, considère l'écologie et utilise les écosystèmes naturels comme métaphore et comme modèle afin de mieux organiser la production industrielle (Frosch et Gallopoulos, 1989). Plus précisément, elle envisage le système de production industrielle comme un élément interdépendant de l'écosystème (Garner et Keoleian, 1995), c'est-à-dire que la société industrielle doit être appréhendée non pas déconnectée des systèmes qui l'entourent, mais en harmonie avec eux (Jelinski *et al.*, 1992).

S'agissant de production en boucle fermée, l'écologie industrielle pourrait être considérée comme un « système de systèmes » reliant plusieurs systèmes de production en boucle fermée par un flux circulaire de ressources, de telle sorte que les effluents d'un système sont utilisés en entrée d'un autre système, tout en opérant harmonieusement au sein d'un écosystème plus large. Selon cette vision, l'écologie industrielle ne repose pas que sur les matières recyclables à partir du système de production industrielle telles que l'aluminium, mais aussi sur les matières réutilisables dans la nature, à l'instar de textiles transformables en paillis biodégradable pour jardins après une première vie en tant que tissu de rembourrage. Par analogie avec la terminologie des écosystèmes, on peut dire de ces matières qu'elles sont des nutriments techniques et biologiques (McDonough et

Braungart, 2002). L'élaboration et la mise en œuvre d'un tel système nécessite une démarche pluridisciplinaire et pluri-organisationnelle dans laquelle les parties prenantes issues de différents secteurs industriels et de sphères et disciplines sociales variées collaborent à des partenariats intelligents. Ainsi, aucune entreprise ne peut accéder isolément à la durabilité.

Encadré 1.5 Un écoparc industriel danois

L'un des écoparcs industriels les plus anciens et les plus connus se trouve à Kalundborg, au Danemark. Cet écoparc n'est pas le résultat d'un processus soigneusement planifié ; il s'est plutôt développé progressivement à travers la coopération d'un certain nombre d'entreprises industrielles voisines. Les principales entreprises participantes sont une centrale à charbon (Asnæsværket), une raffinerie (Statoil), une usine de produits pharmaceutiques et d'enzymes industriels (Novo Nordisk et Novozymes), une usine de plaques de plâtre (Gyproc), une entreprise de dépollution des sols (AS Bioteknisk Jordrens) et la municipalité de Kalundborg par le truchement de sa structure de chauffage urbain.

La naissance de cet écoparc remonte à l'implantation de Gyproc à Kalundborg en 1970, décidée afin d'exploiter le gaz butane disponible à la raffinerie Statoil, ce qui permettait en même temps à cette dernière de ne plus brûler son gaz en torchères. Depuis, le réseau a grandi et les entreprises qui y participent sont aujourd'hui fortement intégrées. À titre d'exemple, l'excédent de chaleur de la centrale à charbon sert à chauffer environ 4 500 logements et l'eau destinée à l'aquaculture, et ses cendres pulvérulentes alimentent la production de ciment. Les boues issues de l'aquaculture et de Novo Nordisk sont fournies aux fermes avoisinantes comme engrais. Novo Nordisk fournit également à des éleveurs, pour nourrir leurs porcs, les excédents céréaliers qui lui restent de la production d'insuline. La raffinerie Statoil, de son côté, fournit à un producteur d'acide sulfurique (Kemira) du soufre liquide pur résultant de ses opérations de désulfurisation.

Les échanges susmentionnés ne sont qu'une partie des flux de matières de l'écoparc de Kalundborg, que l'on a estimés au total à environ 2.9 millions de tonnes par année, incluant les éléments suivants : gaz combustibles, boues, cendres pulvérulentes, vapeur, eau, soufre et gypse. Cette symbiose industrielle a permis de réduire l'impact environnemental de la production industrielle et a entraîné d'importantes économies. Soucieuses de se comporter selon leur conscience économique et environnementale, les entreprises participantes travaillent constamment, et ensemble, à de nouvelles façons d'améliorer cette symbiose.

Source : site Internet de l'*Industrial Symbiosis Institute, www.symbiosis.dk ;* Gibbs, D. (2008), « Industrial symbiosis and eco-industrial development: an introduction », Geography Compass, vol. 2, n° 4.

Au stade actuel, il existe un grand fossé entre les démarches et visions théoriques de l'écologie industrielle et ce qui se met effectivement en œuvre dans la société dans un contexte de mondialisation accrue de la chaîne de valeur des entreprises manufacturières. Néanmoins, certaines applications de l'écologie industrielle ont fait l'objet de tentatives sous la forme d'« écoparcs » industriels. Ces parcs regroupent des entreprises qui cherchent à tirer parti de symbioses industrielles, grâce à une étroite coopération tant mutuelle qu'avec le milieu local, en partageant des ressources afin d'améliorer la performance économique tout en diminuant le plus possible les déchets et les pollutions (encadré 1.5). Cette idée bénéficie par ailleurs du soutien du *Zero Emissions Forum* de l'Université des Nations Unies (UNU) qui lance des projets pilotes d'écoparcs, et recherche simultanément des synergies industrielles et des transactions durables (Kuehr, 2007).

Synthèse

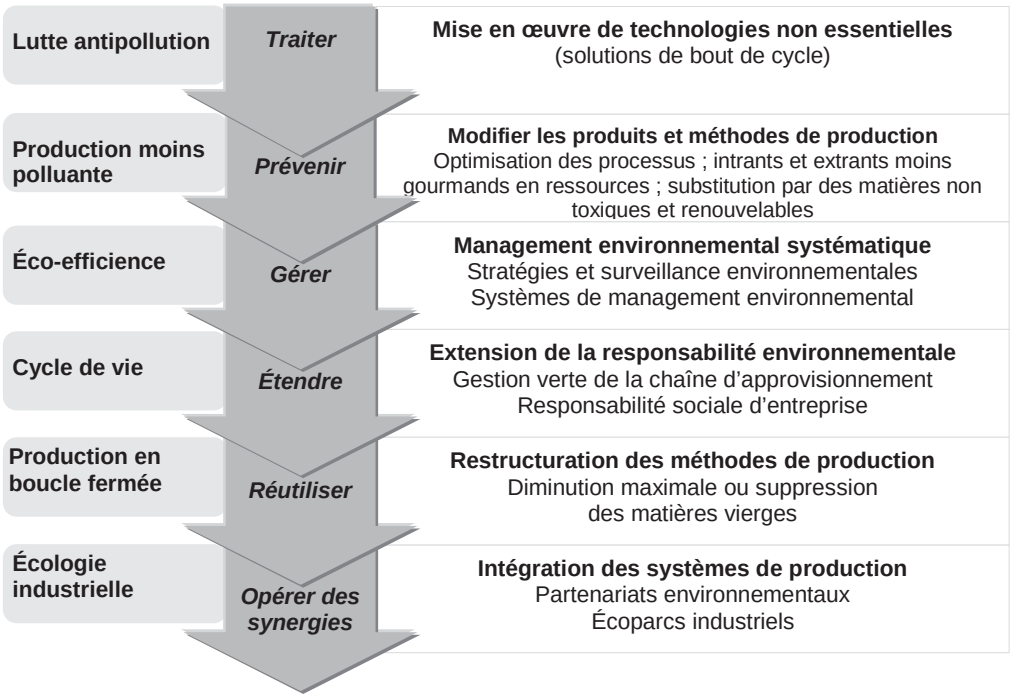
Pour résumer, la théorie et la pratique concernant la production durable ont connu différentes évolutions ces dernières décennies, de la mise en œuvre de technologies de traitement des pollutions en fin de cycle à la prévention des pollutions, à la diminution des intrants et des extrants, et au remplacement des matières toxiques par d'autres matières. Récemment, les entreprises manufacturières ont axé leurs efforts sur des solutions comportant des méthodes visant à réduire le plus possible les flux de matières et d'énergie en modifiant les produits, les services et les méthodes de production, et en ressuscitant les produits mis au rebut sous forme de ressources productives nouvelles.

Les progrès faits en direction d'une production durable résultent aussi d'une amélioration des pratiques de management. Les stratégies environnementales et les systèmes de management ont permis aux entreprises de mieux identifier et surveiller leur impact environnemental, et ont facilité les améliorations de la performance environnementale. Bien que ces mesures se soient au départ limitées à la mise en œuvre de systèmes productifs circonscrits à telle ou telle usine, elles ont évolué vers le soutien d'un meilleur management environnemental tout au long du cycle de vie des produits et de la chaîne de valeur de l'entreprise.

Des méthodes plus intégrées et systématiques visant à améliorer la performance des industries manufacturières en matière de durabilité ont préparé le terrain à l'apparition de nouveaux modèles économiques tels que les PSS, qui pourraient générer d'importants avantages pour l'environnement. En outre, on observe l'apparition, même si elle reste timide pour l'instant, de modes plus efficients et plus intelligents de structuration des systèmes de production, à l'instar des écoparcs industriels qui exploitent les synergies

économiques et environnementales entre entreprises industrielles habituellement sans relations (figure 1.6).

Figure 1.6. Évolution des concepts et pratiques de la production durable



Comprendre l'éco-innovation

Ces dernières années, de nombreuses entreprises et sociétés de conseil ont commencé à utiliser le terme d'éco-innovation ou d'autres termes similaires pour présenter les contributions du monde des entreprises au développement durable dues à des innovations et des améliorations dans les procédés de production et les produits ou services. On observe certains gouvernements et l'Union européenne (UE) faire la promotion de ce concept en tant que moyen de remplir des objectifs de développement durable tout en préservant la compétitivité de l'industrie et de l'économie.

Au sein de l'Union européenne, l'éco-innovation est considérée comme un soutien aux objectifs élargis de la Stratégie de Lisbonne pour la croissance et l'emploi. En 2004, le Plan d'action en faveur de l'éco-technologie (ETAP) a été lancé pour promouvoir le développement et la mise en œuvre de l'éco-innovation[4]. L'ETAP définit l'éco-innovation

comme « la production, l'assimilation ou l'exploitation d'une nouveauté dans des produits, des procédés de production, des services ou des méthodes de management et d'entreprise, qui vise, tout au long du cycle de vie, à empêcher ou diminuer nettement les risques environnementaux, les pollutions et d'autres répercussions négatives découlant de l'utilisation de ressources (y compris énergétiques) ». Ce plan d'action fournit une feuille de route générale afin de promouvoir les technologies environnementales et la compétitivité des entreprises en se focalisant sur les actions suivantes : combler le fossé qui existe entre la recherche et les marchés ; améliorer les conditions que rencontrent les technologies environnementales sur le marché ; et agir à l'échelle planétaire. L'éco-innovation fait maintenant partie du Programme-cadre pour la compétitivité et l'innovation (CIP) de l'UE couvrant la période 2007-13, qui prévoyait 28 millions EUR de crédits en 2008 pour stimuler l'adoption, notamment par les petites et moyennes entreprises (PME), de produits, procédés et services environnementaux.

Aux États-Unis, les technologies environnementales sont également considérées comme un moyen prometteur d'améliorer les conditions environnementales sans entraver la croissance économique, et sont favorisées par différents programmes de partenariat public-privé et par des allégements fiscaux (OCDE, 2008). En 2002, l'EPA a élaboré une stratégie destinée à obtenir de meilleurs résultats environnementaux grâce à l'innovation (EPA, 2002). En application de cette stratégie, elle a créé le *National Center for Environmental Innovation* et apporte son soutien aux activités de recherche-développement et de démonstration des technologies contribuant au développement durable en partenariat avec les exécutifs des états, les entreprises et des groupes locaux.

Alors que la promotion de l'éco-innovation s'est jusqu'ici essentiellement intéressée au développement et à la mise en œuvre de technologies environnementales, on observe aujourd'hui une tendance croissante à aller plus loin. En effet, non seulement les aspects non technologiques de l'innovation tels que l'innovation organisationnelle et l'innovation commerciale, qui sont définis dans la dernière version du *Manuel d'Oslo* de l'OCDE (OCDE et Eurostat, 2005), sont de mieux en mieux compris et font l'objet de recherches croissantes, mais encore l'éco-innovation, privilégiant désormais le développement durable, exige de vastes changements structurels de la société.

Au Japon, le Comité de la politique industrielle, scientifique et technologique du gouvernement a introduit en 2007 le terme d'éco-innovation pour décrire de manière plus globale l'orientation et la vision des changements sociétaux et technologiques nécessaires pour parvenir au développement durable. Ce comité considère que le schéma actuel de croissance économique, fondé sur une « consommation de masse à orientation

fonctionnelle et tirée par les fournisseurs », se rapproche des limites posées par les contraintes environnementales, énergétiques et de ressources. La satisfaction matérielle des Japonais étant désormais élevée, le Comité estime que la croissance économique au XXI^{e} siècle peut être poursuivie en faisant appel à la sensibilité (*kansei*) de chacun. Il faut aussi pour cela instaurer une structure socio-industrielle qui fusionne préservation environnementale et croissance économique. En bref, le Comité définit l'éco-innovation comme « un nouveau domaine d'innovations technosociales s'intéressant moins aux fonctions des produits et davantage à l'environnement et à la personne ». En termes plus concrets, il propose de promouvoir la construction d'infrastructures « à émissions zéro » pour l'approvisionnement énergétique, les transports et l'aménagement urbain, et d'instaurer des styles de vie durables en vendant des services plutôt que des produits et en affichant des valeurs environnementales et de *kansei* (METI, 2007).

Si les objectifs globaux de la promotion de l'éco-innovation semblent tous viser la viabilité économique et la durabilité environnementale, l'application du concept varie. Soucieux d'améliorer la vision conceptuelle de l'éco-innovation et de faciliter la mise au point d'un cadre d'analyse conjuguant éco-innovation et production durable, nous nous efforçons dans cette section de dresser un tableau conceptuel et typologique de l'éco-innovation et des divers domaines auxquels ce concept peut globalement s'appliquer dans différentes sortes d'entreprises.

Aperçu conceptuel

Le vocable « éco-innovation » semble avoir fait sa toute première apparition dans *Driving Eco-Innovation*, ouvrage de Claude Fussler et Peter James paru en 1996. Les auteurs y définissent ce concept comme « de nouveaux produits et procédés qui créent de la valeur pour les consommateurs et les entreprises tout en diminuant de manière non négligeable leurs répercussions environnementales ». Faisant suite au concept global de développement durable, le sens que revêt l'éco-innovation s'étend à des aspects sociaux et institutionnels. Si l'on relève dans les recherches publiées certaines tentatives de différenciation entre des concepts tels que l'« éco-innovation », l'« innovation environnementale », l'« innovation pour le développement durable » et l'« innovation durable », leur utilisation est pour l'essentiel interchangeable (Charter et Clark, 2007). Nous utilisons dans le présent chapitre le vocable d'éco-innovation de manière prépondérante, mais sans faire pour autant de distinction entre ces concepts[5].

L'éco-innovation est étroitement associée à la vision classique de l'innovation qui, selon le *Manuel d'Oslo* (OCDE et Eurostat, 2005), peut se décrire comme la mise en œuvre de produits (biens ou services), procédés, méthodes de commercialisation ou méthodes organisationnelles dans les

pratiques de l'entreprise, le lieu de travail ou les relations extérieures nouveaux ou sensiblement améliorés. Cette interprétation se distingue de celle de l'invention, qui fait référence à une phase au cours de laquelle se conçoit l'idée qui sous-tend l'innovation. Elle est également distincte de la diffusion de l'innovation. Toutefois, prises ensemble, l'invention, l'innovation et la diffusion composent ce que l'on appelle le processus d'innovation, qui semble pouvoir s'appliquer à l'éco-innovation.

L'éco-innovation peut toutefois être distinguée de l'innovation classique par deux aspects importants. Tout d'abord, il ne s'agit pas d'un concept ouvert, car elle représente une innovation qui met explicitement l'accent sur la réduction des incidences environnementales, qu'elles soient intentionnelles ou fortuites. Deuxièmement, l'éco-innovation ne se limite pas à l'innovation appliquée à des produits, des procédés, des méthodes de commercialisation ou d'organisation : elle englobe aussi l'innovation portant sur les structures sociales et institutionnelles (Rennings, 2000). Ceci traduit le fait que le champ de l'éco-innovation peut dépasser les frontières organisationnelles classiques de l'entreprise innovante pour englober une sphère sociétale plus large. Elle comprend donc la modification de normes sociales, de valeurs culturelles et de structures institutionnelles – en partenariat avec des parties prenantes telles que les concurrents, les entreprises de la chaîne d'approvisionnement, des entreprises d'autres secteurs, les pouvoirs publics, les détaillants et les consommateurs – afin de tirer de l'innovation un surplus de bienfaits environnementaux.

Sur la base du *Manuel d'Oslo* et d'autres sources (par exemple METI, 2007 ; Reid et Miedzinski, 2008 ; MERIT *et al.*, 2008)[6], l'éco-innovation peut être décrite comme « la création de produits (biens et services), procédés, méthodes de commercialisation, structures organisationnelles et dispositions institutionnelles nouveaux ou sensiblement améliorés qui, de manière intentionnelle ou non, améliorent l'environnement par rapport aux substituts pertinents ». Dans cette interprétation, l'innovation et l'éco-innovation ne se distinguent des solutions de substitution pertinentes que par leurs effets sur l'environnement. Cette définition ne fournit donc qu'une démarcation conceptuelle ténue entre l'innovation et l'éco-innovation, et ne doit être considérée que comme un point de départ de l'analyse de l'éco-innovation. C'est pourquoi, afin de faciliter l'analyse des différentes activités des entreprises ayant l'éco-innovation pour objectif, nous détaillons ci-après le concept et sa typologie.

Typologie

Sur la base de recherches relatives à l'innovation et l'éco-innovation (par exemple OCDE et Eurostat, 2005 ; Charter et Clark, 2007 ; Reid et Miedzinski, 2008), nous proposons d'appréhender toute éco-innovation selon les trois grands axes de l'objectif, du mécanisme et de l'impact :

- L'**objectif** concerne le domaine d'application central de l'éco-innovation. Si l'on se réfère à la typologie définie par le *Manuel d'Oslo*, l'objectif d'une éco-innovation peut se ventiler de la manière suivante : *i)* produits (biens et services) ; *ii)* procédés, c'est-à-dire méthodes ou procédures de production ; *iii)* méthodes de commercialisation, qui font référence à la promotion et à la tarification des produits et à d'autres stratégies visant le marché ; *iv)* organisations, c'est-à-dire la structure du management et la répartition des responsabilités ; *v)* institutions, qui abordent une sphère sociétale plus large échappant au contrôle de l'entreprise, tels que le dispositif institutionnel en général, les normes sociales et les valeurs culturelles.
- Le **mécanisme** concerne la méthode par laquelle se met en place ou apparaît le changement visé par l'éco-innovation. Ce mécanisme est également associé aux caractéristiques sous-jacentes de l'éco-innovation – selon que le changement prévu est ou non de nature technologique. Quatre mécanismes de base peuvent être identifiés : *i)* modification, représentant des ajustements ténus et progressifs des produits et procédés ; *ii)* reconception, qui fait référence à des modifications notables des produits, procédés ou structures organisationnelles existants etc. ; *iii)* solutions de substitution, représentant l'introduction de biens et de services susceptibles de satisfaire les mêmes besoins fonctionnels et de fonctionner en remplacement d'autres produits ; et *iv)* création, qui couvre la conception et la mise en œuvre de produits, procédés, procédures, organisations et institutions entièrement nouveaux.
- L'**impact** fait référence à l'effet de l'éco-innovation sur les conditions environnementales tout au long de son cycle de vie ou dans un autre domaine d'intérêt. Il dépend de la combinaison que forment l'objectif et le mécanisme de l'innovation, que l'on appellera ici la conception de l'innovation, et peut être illustré tout au long d'un continuum allant d'améliorations marginales de l'environnement à la suppression totale des dommages environnementaux. Dans des domaines particulièrement bien définis, l'impact peut être rapproché du concept de « facteur » qui sert à décrire la performance technologique sous l'angle de l'efficience de l'énergie et des ressources (Weizsacker *et al.*, 1998). À titre d'exemple, une amélioration des émissions de CO_2 de facteur 2 dénote, toutes choses étant égales par ailleurs, une réduction de 50 % de ces émissions.

Sur la base de cette typologie, les entreprises peuvent concevoir et analyser leurs initiatives et leurs stratégies en s'intéressant à des domaines spécifiques (objectifs), aux types de progrès réalisés (mécanismes) et aux répercussions (impact). Si cette démarche est applicable aux initiatives d'éco-innovation quels qu'en soient les objectifs et les mécanismes, il est généralement possible de distinguer la nature sous-jacente des changements apportés par les éco-innovations de produits et procédés de celle des changements concernant les méthodes de commercialisation, les organisations et les institutions. Par exemple, l'éco-innovation visant les produits et procédés est souvent considérée comme associée de manière plus étroite aux progrès technologiques quel que soit le mécanisme élémentaire d'éco-innovation. S'agissant à l'inverse des méthodes de commercialisation et des structures organisationnelles, les mécanismes d'éco-innovation sont en général davantage associés à des évolutions non technologiques (OCDE, 2007). Cette notion s'étend aux changements intervenant dans les dispositifs institutionnels. Ces différences, accompagnées de l'impact de l'éco-innovation, sont détaillées ci-après.

L'éco-innovation dans les produits et procédés

Les progrès des produits et procédés, qui dépendent en général des mutations technologiques, englobent une vaste palette d'objets concrets susceptibles d'améliorer les conditions environnementales ; on pourrait aussi les considérer comme des éco-innovations technologiques. Parmi des exemples de ces progrès figurent les puces informatiques, à la fois plus rapides et moins énergivores, les automobiles plus économes en carburant, et les méthodes de production moins gourmandes en ressources. Ces progrès sont en général de nature soit curative, soit préventive.

Les technologies éco-innovantes curatives sont l'équivalent des technologies de bout de cycle décrites précédemment, car elles ont pour objectif de réduire ou d'éliminer des éléments contaminants déjà fabriqués. Les technologies éco-innovantes préventives, elles, ont pour but la réduction ou l'élimination de la source de polluants. Ces technologies sont donc liées aux techniques de production moins polluantes, mais peuvent résulter de manière non intentionnelle d'efforts visant à améliorer la rentabilité générale des entreprises.

Les produits et les procédés éco-innovants tant curatifs que préventifs peuvent relever les défis environnementaux. Pourtant, du point de vue plus large de la durabilité, ils ne doivent être considérés que comme l'un des volets de la solution (Brown *et al.*, 2000). En outre, s'ils ne font pas l'objet de tests visant à détecter leurs effets néfastes éventuels, certains d'entre eux peuvent même susciter l'apparition de nouveaux aléas et problèmes environnementaux (Reid et Miedzinski, 2008) (encadré 1.6).

Encadré 1.6. Grandeur et décadence des gaz CFC

Les gaz chlorofluorocarbone (CFC) ont été mis au point dans les années 30 pour remplacer des matières dangereuses telles que le dioxyde de soufre et l'ammoniac. Ils ont longtemps été considérés comme un réfrigérant idéal en raison de leurs propriétés non toxiques, non inflammables et non corrosives, ainsi que de leur coût modique et de leur efficience. Le recours aux CFC a rapidement augmenté dès leur mise sur le marché, non seulement dans les appareils de climatisation et de réfrigération, mais aussi pour toute une gamme d'applications industrielles.

Toutefois, dans les années 70, on découvrit que les gaz CFC avaient un effet destructeur sur la couche d'ozone. De larges diminutions de cette dernière, notamment au-dessus de l'Antarctique, furent rapportées au milieu des années 80, et des inquiétudes sur la probabilité croissante de cancers de la peau apparurent. C'est ainsi qu'intervint l'interdiction des gaz CFC à travers un accord international appliqué en 1989 – le Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone.

Source : Organisation météorologique mondiale (OMM) et Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) (1998), *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1998*, WMO Ozone Report n° 44, OMM, Genève ; OMM et PNUE (2006), *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2006*, OMM, Genève.

L'éco-innovation dans les méthodes de commercialisation, les organisations et les institutions

Contrairement à ce que l'on observe pour les produits et procédés, l'éco-innovation relative aux méthodes de commercialisation, aux structures organisationnelles et aux dispositions institutionnelles répond en général à des mécanismes de nature non technologique. Ces changements constituent un domaine relativement nouveau dans les recherches publiées sur l'innovation et n'ont été adoptées que par la troisième et toute dernière révision du *Manuel d'Oslo* de 2005 avec l'intégration de l'innovation aux méthodes de commercialisation et aux structures organisationnelles.

L'éco-innovation dans les méthodes commerciales comprend de nouvelles façons d'incorporer les aspects environnementaux aux stratégies de communication et de vente. Le marketing éco-innovant s'intéresse à la façon dont l'entreprise s'adresse aux consommateurs et peut jouer un rôle significatif au profit de l'environnement en influençant ces derniers. Ce rôle peut par exemple consister à améliorer l'image générale des produits et de l'entreprise en élaborant et en commercialisant des produits éco-efficients grâce à de meilleures études de marché, à des contacts directs avec les consommateurs et à des pratiques commerciales séduisantes pour les consommateurs sensibles aux questions environnementales. L'éco-innovation appliquée aux techniques de commercialisation peut aussi intégrer de nouveaux modèles économiques

qui modifient les modes de tarification, de présentation et de promotion des produits en faisant par exemple appel à des PSS.

L'éco-innovation organisationnelle englobe la mise en place de nouvelles méthodes de management, tels que les SME et les stratégies environnementales d'entreprise. Si ces domaines concernent des pratiques générales de l'entreprise en matière d'environnement, l'éco-innovation organisationnelle peut aussi se traduire par des modifications du lieu de travail consistant par exemple à centraliser ou décentraliser les responsabilités et les pouvoirs de décision en matière environnementale, ou à instaurer des programmes de formation des salariés en vue de renforcer la sensibilisation et les performances environnementales. L'éco-innovation organisationnelle englobe également les changements que l'entreprise applique à ses relations avec les autres entreprises et les institutions publiques, par exemple en adoptant une GSCM et en participant à des partenariats public-privé en matière de recherche environnementale et de projets environnementaux.

Si l'innovation institutionnelle n'est pas traitée par le *Manuel d'Oslo*, les recherches publiées sur l'innovation classique insistent sur l'importance de l'évolution parallèle des changements sociaux et institutionnels en rapport avec le processus d'innovation, mais de manière distincte de celui-ci (Grubb, 2004 ; Reid et Miedzinski, 2008). Toutefois, dans le contexte de la durabilité, des recherches minoritaires mais croissantes estiment que les modifications des normes sociales, des valeurs culturelles et des structures institutionnelles peuvent être considérées comme des solutions éco-innovantes en elles-mêmes, ou en faire partie intégrante (Rennings, 2000). Cette position s'appuie sur une vision de l'action des pouvoirs publics dans laquelle, comme par exemple au Japon, l'éco-innovation est de plus en plus souvent considérée comme un domaine d'innovation technosociale susceptible d'améliorer non seulement les conditions environnementales, mais aussi de répondre à des appréciations subjectives (METI, 2007).

Le concept même d'institution englobe en général toute une série d'aspects sociétaux qui vont des normes sociales et des valeurs culturelles aux lois et règlements codifiés, et de dispositifs sociaux flous à des cadres institutionnels très officiels. Dans certains cas, les institutions sont considérées comme exogènes, déterminées en dehors du règne du marché ; dans d'autres, elles sont vues comme des formations endogènes (van de Ven et Hargrave, 2002 ; Aoki, 2007). La présente étude fait la distinction entre les institutions informelles telles que les normes sociales et les valeurs culturelles, qui sont en général endogènes, et les institutions formelles telles que les corpus législatifs, les règlements et les dispositifs et cadres institutionnels formels, qui découlent souvent de décisions des pouvoirs publics et de décisions économiques.

Dans les institutions informelles, l'éco-innovation désigne des changements de valeurs, de croyances, de connaissances ou de normes qui entraînent des améliorations des conditions environnementales à travers les pratiques et les comportements sociaux. Elle peut par exemple comporter des changements dans les modes de transport, comme lorsque les citoyens délaissent leur véhicule personnel ou l'avion au profit du train, du bus ou du vélo, en raison d'une sensibilisation ou d'une formation accrues aux questions environnementales. Elle peut aussi englober l'essor de groupes s'autosaisissant de questions de santé, d'actions collectives de nettoyage de l'environnement, de mouvements militant pour une alimentation biologique, etc.

L'éco-innovation institutionnelle formelle fait référence à des changements structurels qui redéfinissent les rôles et les relations entre différentes entités indépendantes et s'appuient le plus souvent sur des dispositions légales de mise en œuvre, des accords internationaux ou des dispositifs multipartites fondés sur le volontariat mais officiels. Parmi les solutions éco-innovantes concernant les institutions figurent les agences chargées d'administrer et de nettoyer l'approvisionnement local en eau, les plateformes qui financent le développement de technologies environnementales et la création de dispositifs d'éco-étiquetage et de cadres déclaratifs environnementaux, ainsi que de nouveaux systèmes de gouvernance mondiale, à l'instar d'une institution unique pour les questions ayant trait au climat mondial et à la biodiversité (Rennings, 2000). En termes de production durable, la création d'écoparcs industriels dans lesquels le partage des ressources est optimisé entre des industriels apparemment sans rapport, peut être considérée comme un exemple d'éco-innovation institutionnelle formelle.

Impacts de l'éco-innovation

L'impact environnemental d'une éco-innovation provient des interactions qui s'établissent entre la conception de l'innovation (son objectif et son mécanisme) et l'environnement sociotechnique dans lequel elle s'insère. D'un point de vue analytique, l'évaluation de cet impact revêt une grande importance car elle détermine si l'éco-innovation peut réellement être classée comme telle. Par ailleurs, d'un point de vue pratique, il importe de montrer que l'éco-innovation améliore les conditions environnementales générales. Néanmoins, l'évaluation de l'impact de l'éco-innovation nécessite des connaissances étendues et une très bonne compréhension de l'innovation et de ses relations contextuelles.

À titre d'exemple, des ajustements assez simples n'ayant pas pour but d'améliorer la performance environnementale peuvent comporter pour l'environnement des avantages significatifs susceptibles de résulter d'une interaction inattendue avec d'autres facteurs et de se produire *via* des mutations systémiques indirectes. On peut illustrer ce processus par

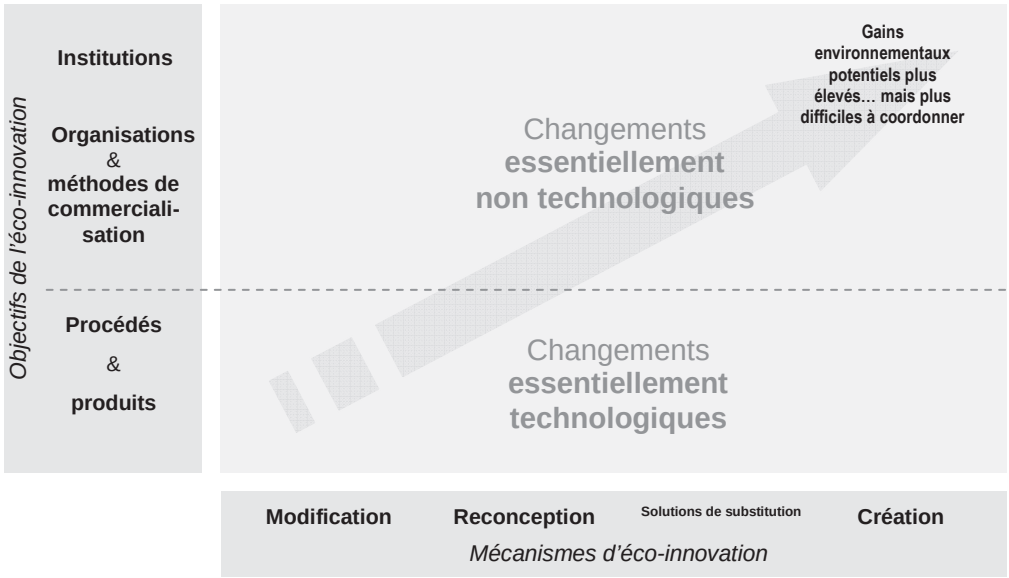
l'exemple de l'installation de prises électriques et de connexions Internet sans fil à bord des trains. Si ces modifications nécessitent des ressources et une énergie supplémentaires qui induisent une diminution directe de la performance environnementale, leur impact environnemental global peut plus que compenser cet effet négatif si ces nouveaux dispositifs, par l'intermédiaire de techniques « vertes » de commercialisation, parviennent à attirer des voyageurs d'affaires qui, sinon, prendraient l'avion ou leur voiture.

Les évaluations doivent donc prendre en compte le cycle de vie de l'éco-innovation considérée à plusieurs niveaux (Reid et Miedzinski, 2008), sans omettre les conséquences comportementales et systémiques de leur mise en œuvre ou de leur utilisation. Ces différents niveaux d'analyse peuvent être classés selon les caractéristiques de l'innovation dans l'une des trois catégories suivantes : la micro-analyse, qui s'intéresse aux entreprises ou aux individus ; la méso-analyse, qui concerne les chaînes d'approvisionnement, les structures sectorielles, les points de vue régionaux, etc. ; et la macro-analyse, qui s'intéresse aux pays, aux blocs économiques et à l'économie mondiale. On notera à cet égard le problème que pose l'absence de méthodologies reconnues, imputable en partie au fait que l'éco-innovation demeure un domaine relativement méconnu de la politique de l'innovation et des cadres généraux de l'action publique (MERIT *et al.*, 2008).

Synthèse

Pour résumer, l'éco-innovation peut être classée selon son objectif (produits, procédés, méthodes de commercialisation, structures organisationnelles et institutions) ; son mécanisme (modification, reconception, solutions de substitution et création) ; et son impact environnemental. L'objectif de l'éco-innovation correspond en général au caractère technique ou non de cette dernière : l'éco-innovation appliquée aux produits et procédés repose le plus souvent fortement sur le développement technique ; celle concernant les méthodes de commercialisation, les organisations et les institutions concerne davantage des évolutions non technologiques. Les impacts environnementaux potentiels découlent de l'objectif et du mécanisme de l'éco-innovation, et de leurs interactions avec son contexte sociotechnique. Pour un objectif donné, l'ampleur de l'impact environnemental suit toutefois en général le mécanisme de l'éco-innovation, sachant que les changements génèrent des gains environnementaux potentiels le plus souvent moins importants que ceux des créations. La figure 1.7 propose une illustration de l'éco-innovation et de sa typologie.

Figure 1.7. Typologie de l'éco-innovation



Jusqu'ici, à l'instar de l'innovation classique, l'axe principal de l'éco-innovation a été l'élaboration et la mise en œuvre de différentes technologies, mais des indications récentes semblent montrer que les évolutions non technologiques gagnent en importance (Reid et Miedzinski, 2008). Il convient également de noter que les solutions éco-innovantes dépassent la sphère des produits, procédés, méthodes de commercialisation et structures organisationnelles, pour commencer à exploiter les domaines intéressant les normes sociales, les valeurs culturelles et les structures institutionnelles formelles. Cela est particulièrement vrai dans la mesure où le plus fort potentiel d'améliorations systémiques de l'environnement va en général de pair non pas avec des progrès technologiques graduels, mais avec la mise en place de structures sociétales et d'interactions nouvelles qui supposent des changements de valeurs et de comportement.

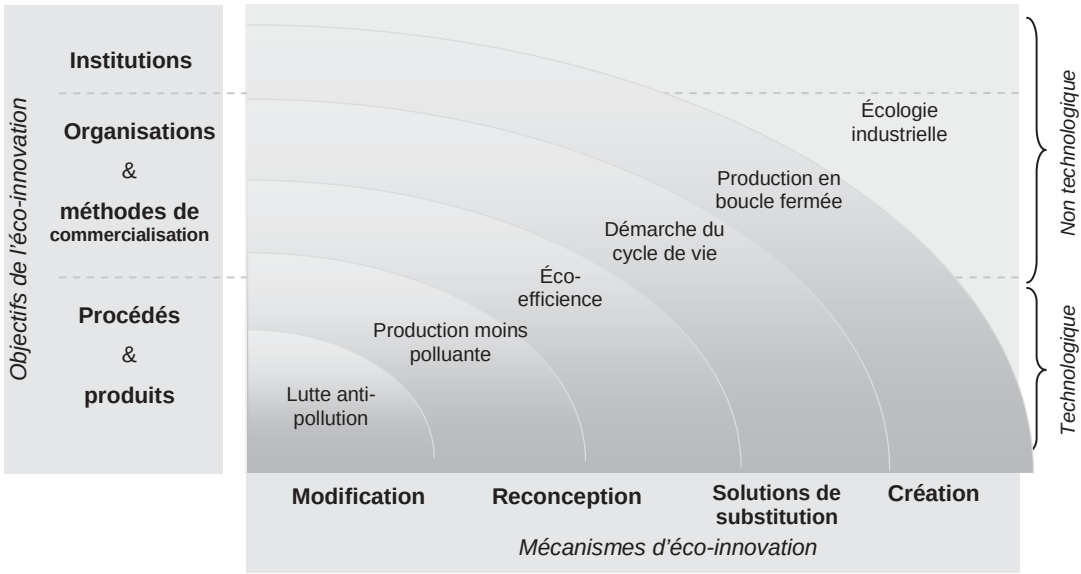
L'éco-innovation, moteur de la production durable

Les chevauchements conceptuels entre éco-innovation et production durable sont à l'évidence nombreux. À titre d'exemple, la lutte antipollution peut être liée à la modification de produits et de procédés ; les initiatives en faveur d'une production moins polluante sont souvent associées à la mise en œuvre de changements plus intégrés tels que la reconception de produits et de méthodes de production. L'éco-efficience et la démarche du cycle de vie correspondent à une éco-conception des produits et des procédés, de même

que l'adoption des SME et la GSCM. La production en boucle fermée peut faire référence à d'autres modèles économiques tels que les PSS, tandis que l'écologie industrielle peut en général être rapprochée de la création de structures de production entièrement nouvelles.

Sur la base de la figure 1.7 expliquant l'éco-innovation, on trouvera à la figure 1.8 une tentative d'illustration simple des relations conceptuelles générales et des chevauchements qui existent entre les concepts de production durable et d'éco-innovation. Les jalons de l'évolution de la production durable sont illustrés sous l'angle de leur relation primaire avec l'éco-innovation, c'est-à-dire avec les objectifs de l'innovation sur la gauche et les mécanismes au bas du graphique. La nature générale sous-jacente de l'éco-innovation (technologique ou non) apparaît sur la droite. Les arcs concentriques fuyant vers le coin supérieur droit de l'illustration indiquent les interdépendances successives des différents concepts de production durable.

Figure 1.8. Relations conceptuelles entre production durable et éco-innovation



À moyen-long terme, les principales améliorations potentielles de l'environnement que l'on peut attendre des éco-innovations manufacturières sont celles liées aux initiatives de production durable les plus avancées telles que la création d'écoparcs industriels. Néanmoins, ces réalisations ne peuvent voir le jour que par une combinaison élargie d'objectifs et de mécanismes d'innovation ; c'est la raison pour laquelle ces initiatives occupent la plus

grande partie du schéma. À titre d'exemple, en l'absence de technologie ou de procédure d'échange des ressources, l'implantation d'usines de fabrication ayant des relations symbiotiques à proximité l'une de l'autre est insuffisante. En fait, la modification des procédés, la conception des produits, les modèles économiques de substitution et la création de nouvelles méthodes, procédures et dispositions doivent aller de pair et évoluer de concert pour que ces initiatives puissent engendrer des gains économiques et environnementaux. Ce qui signifie aussi que les progrès des initiatives de production durable s'accompagnent d'une complexification du processus d'éco-innovation et de difficultés accrues de coordination.

Ces processus d'éco-innovation conjoints qui sont nécessaires pour mettre en place des systèmes de production durable plus avancés sont souvent qualifiés d'« innovations systémiques » se caractérisant par des mutations de fond et de grande ampleur quant à la manière d'assurer les fonctions et de satisfaire les besoins de la société, à l'instar d'un changement d'approvisionnement énergétique (Geels, 2005).

Les éco-innovations systémiques manufacturières sont plus nombreuses à dépendre des interactions des mutations touchant différents domaines : évolutions technologiques, modifications des structures institutionnelles formelles, transformations des normes et valeurs sociales. De fait, même si l'origine des innovations systémiques peut être technique, la seule technologie est incapable de susciter des bouleversements : elle doit être exploitée en association avec des entreprises, des organisations et des structures sociales composées d'hommes. On comprend dès lors la difficulté d'obtenir des améliorations de l'environnement de grande ampleur, mais aussi la nécessité faite aux industries manufacturières d'opter pour une démarche visant à intégrer les différents éléments du processus d'éco-innovation, de manière à ce que les interactions des mutations amplifient les gains environnementaux (on trouvera à l'encadré 1.7 des exemples détaillés de ce phénomène).

Du point de vue de l'éco-innovation, les industries manufacturières se sont en général plus intéressées à la modification et à la reconception de produits, procédures et structures d'organisation existants qu'à la création de solutions novatrices et de substitution. C'est pourquoi l'axe actuel et la mise en œuvre des efforts d'éco-innovation dans ce secteur se sont révélés relativement étroits et limités aux progrès techniques. Pour autant, la performance environnementale s'améliore, mais le champ et les ambitions des solutions éco-innovantes peuvent s'en trouver affectés, de même que les modalités de leur élaboration et de leur application à la fabrication. Ceci peut aussi expliquer pourquoi la force potentielle de transformation de l'éco-innovation est demeurée largement périphérique dans la plupart des initiatives prises par les entreprises en matière de durabilité (Charter et Clark, 2007).

Encadré 1.7. Exemples de solutions éco-innovantes

Le groupe BMW, qui met au point des technologies de moteurs à hydrogène depuis plus de 25 ans, a récemment dévoilé un nouveau moteur à combustion interne « mono-combustible ». Ce moteur fait son apparition dans la nouvelle berline 7 mono-combustible à hydrogène, qui a été présentée pour la première fois au *SAE World Congress* de Détroit de 2008. Les premiers tests des gaz d'échappement du moteur à émissions presque nulles de la voiture montrent que l'air y est plus propre en composants de type GONM (gaz organiques non méthaniques) et CO (monoxyde de carbone) que l'air entrant dans le moteur, car celui-ci absorbe et brûle les polluants atmosphériques ambiants.

Créé en 1995 afin de faire progresser la « nouvelle révolution industrielle » et la concrétisation de la réflexion « du berceau au berceau », McDonough Braungart Design Chemistry (MBDC) a mis au point pour Unilever un emballage de crème glacée issu d'une réflexion éco-innovante. Cet emballage se compose de polymères qui prennent la forme d'un film à l'état gelé, mais se dégradent en liquide au bout de quelques heures d'exposition à la température ambiante. Ce conditionnement polymérique comprend également des graines de plantes rares. Les déchets viennent ainsi, en fait, au secours de la biodiversité. On assiste bien là à une évolution conceptuelle radicale par laquelle ils créent littéralement une nouvelle vie potentielle.

Source : *Wired* (2008), « BMW Hydrogen 7 Mono-Fuel eats smog for breakfast », *Wired Magazine*, 16 avril ; ONUDI (2002), « The New Industrial Revolution » : document présenté par Michel Braungart à l'ONUDI, Venice II, *UNIDO Scope Weekly News*, 20-26 octobre.

Pour conclure, l'éco-innovation joue un rôle essentiel dans la progression des industries manufacturières vers une production durable. Chaque changement dans les initiatives environnementales – de la classique lutte antipollution aux projets de production moins polluants et aux écoparcs industriels – peut être considéré comme une évolution facilitée par l'éco-innovation. Le concept d'éco-innovation peut aider les entreprises et les pouvoirs publics à envisager et matérialiser ces évolutions par différents biais : progrès techniques, renouvellement des outils de management, acceptation par la société de procédures et de produits nouveaux, mutations des cadres institutionnels facilitant un changement graduel.

Conclusions

Ces dernières années, le concept de développement durable a suscité l'attention et s'est retrouvé au premier rang de l'actualité politique internationale, en raison notamment des préoccupations concernant le changement climatique. L'accroissement de la couverture médiatique des questions environnementales et une sensibilisation plus forte du grand public ont encore renforcé la pression exercée sur les industries manufacturières afin

qu'elles assument leurs responsabilités environnementales en choisissant des réponses aux problèmes environnementaux plus évoluées et mieux intégrées.

Ainsi se sont multipliés les modes d'application du développement durable à la production en général, ainsi que les outils et démarches de management concernant les pratiques de durabilité des entreprises. Il en a résulté dans le domaine de la fabrication industrielle durable un mouvement favorable à l'application de solutions techniques permettant de remplacer des matières toxiques par des matières non toxiques, et de réduire la consommation de matières et la production de déchets. Avec l'accroissement des pressions que subissent les entreprises en faveur d'une responsabilisation environnementale dépassant leur propre cadre, de nombreux sites de production ont choisi la démarche du cycle de vie pour leur exploitation et s'impliquent de plus en plus dans une gestion verte de leur chaîne d'approvisionnement. Ces dernières années, le concept de processus manufacturier circulaire a pris de l'ampleur et de nouveaux modèles économiques tels que les PSS, qui facilitent le passage à des systèmes de production en boucle fermée, ont vu le jour. De nombreuses initiatives de fabrication durable restent toutefois essentiellement axées sur le développement et la mise en œuvre de technologies environnementales. Même s'ils ont amélioré la performance environnementale globale, les gains environnementaux ont été pour l'essentiel graduels et, dans de nombreux cas, n'ont pas fait le poids face aux volumes croissants de production et de consommation (OCDE, 2001).

Afin de faire face aux enjeux environnementaux croissants, l'innovation, en tant que moyen d'élaboration de solutions durables, également connues sous le nom d'éco-innovation, a bénéficié d'une forte attention. Ce concept progresse aussi bien dans les entreprises que dans la sphère publique, où il est vu comme une façon de faciliter les améliorations plus radicales et systémiques qui sont de plus en plus nécessaires pour la performance environnementale des entreprises. Il en a résulté une vision de l'éco-innovation dans laquelle les solutions n'englobent pas que des évolutions technologiques, mais aussi des mutations non technologiques affectant le comportement des consommateurs, les normes sociales, les valeurs culturelles et les cadres institutionnels formels. Il reste toutefois impossible pour une entreprise isolée de changer dans l'ensemble de ces domaines (Jorna *et al.*, 2006 ; Reid et Miedzinski, 2008).

Les concepts de production durable et d'éco-innovation sont très proches, sans être identiques. Par exemple, les initiatives plus anciennes et classiques prises en matière de production durable prennent en général la forme d'ajustements des produits et procédés, des méthodes de commercialisation et des structures organisationnelles. D'un autre côté, les pratiques durables d'entreprise plus récentes et plus avancées sont liées à la création de nouveaux

produits et procédés, de modèles économiques de substitution, et de systèmes circulaires de production dans lesquels les biens mis au rebut peuvent être réutilisés sous forme de nouveaux intrants et où des processus industriels apparemment sans rapport peuvent être associés et dégager des gains environnementaux importants.

On peut donc voir l'éco-innovation comme un moteur de la progression des industries manufacturières vers une production durable. La mise en œuvre du concept d'éco-innovation peut constituer un moyen prometteur d'orienter la production industrielle vers une authentique durabilité. Elle nécessite toutefois une intégration et une application plus globales de ce concept par les industries manufacturières. Celles-ci devraient pour cela réexaminer de manière volontariste toutes les phases du système productif, avec l'objectif de détecter les domaines d'application de solutions éco-innovantes potentielles, y compris la mise au point de nouveaux dispositifs institutionnels tels que des réseaux et des partenariats cognitifs, susceptibles de fonctionner sous la forme de processus conjoints de création.

Notes

1. Pour les besoins de sa *Sustainable Manufacturing Initiative*, le ministère du Commerce (DoC) des États-Unis a récemment défini ce qu'était pour lui la production durable. Il s'agit pour lui de créer « des produits manufacturés qui utilisent des procédés dont l'impact sur l'environnement est le plus faible possible, qui préservent les ressources énergétiques et naturelles, sont sûrs pour le personnel, le milieu local et le consommateur, et sont viables économiquement ». Voir à ce sujet le site Internet du DoC consacré la *Sustainable Manufacturing Initiative* et au *Public-Private Dialogue : www.trade.gov/competitiveness/sustainablemanufacturing/how_doc_defines_SM.asp.*

2. En 1992, la CNUED a conclu : « La principale cause de la poursuite de la détérioration de l'environnement mondial est l'existence de schémas non viables de consommation et de production, en particulier dans les pays industrialisés, qui ne laisse pas de préoccuper et aggrave la pauvreté et les déséquilibres ». Cette déclaration se voulait une sorte de défi, adressé notamment aux pays occidentaux, en faveur d'un changement des schémas actuels de consommation et de production adossé à un plan mondial d'action connu sous le nom d'Action 21.

3. Afin de traiter les difficultés que comporte la mesure des performances environnementales, l'ISO a publié en 1999 la norme ISO 14031, qui contient des conseils sur l'élaboration et l'utilisation de l'évaluation des performances environnementales en phase avec la norme ISO 14001 sur les SME.

4. L'ETAP cherche de manière active à consolider un marché pancommunautaire des technologies environnementales. Il s'attache en particulier à élaborer un système de vérification des écotechnologies (ETV) susceptible de contribuer à accélérer l'acceptation par le marché de technologies innovantes essentielles en fournissant des informations précises et contrôlées sur leurs performances. La Commission européenne travaille en étroite collaboration avec les États-Unis et le Canada, où des systèmes ETV ont déjà été créés.

5. Au Japon, le concept d'éco-innovation vise à mieux satisfaire les besoins de l'homme, à lui apporter une meilleure qualité de vie et à protéger l'environnement. Dans cet ouvrage, nous ne décrivons le concept de l'éco-innovation qu'en termes environnementaux. Toutefois, l'inclusion d'aspects sociaux peut s'envisager par simple extension des domaines de mise en œuvre et des impacts de l'éco-innovation.

6. À titre d'exemple, le projet MEI (*Measuring Eco-innovation*) financé par l'UE propose de définir l'éco-innovation comme « la production, l'assimilation ou l'exploitation d'un produit, d'un procédé de fabrication, d'un service ou d'un mode de management ou d'entreprise qui est nouveau pour l'organisation (qui l'élabore ou l'adopte) et qui entraîne, tout au long de son cycle de vie, une diminution du risque environnemental, des pollutions et d'autres impacts négatifs sur l'environnement liés à l'emploi de ressources (y compris énergétiques) plutôt qu'à d'autres alternatives » (MERIT *et al.*, 2008).

Bibliographie

Agence internationale de l'énergie (AIE) (2007), *Tracking Industrial Energy Efficiency and CO_2 Emissions*, OCDE/AIE, Paris.

Aoki, M. (2007), « Endogenizing institutions and institutional change », Journal of Institutional Economics, vol. 3, n° 1, p. 1-31.

Ashford, N. A. (1994), *Government Strategies and Policies for Cleaner Production*, PNUE, Nairobi.

Banque mondiale (2007), *Global Economic Prospects 2007: Managing the next wave of globalization*, Banque mondiale, Washington, DC.

Behrendt, S. *et al.* (2003), *Eco-Service Development: Reinventing Supply and Demand in the European Union*, Greenleaf Publishing, Sheffield.

Benyus, J. M. (1997), *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, William Morrow & Co., New York.

Braungart, M. (2002), « The New Industrial Revolution », document présenté à l'ONUDI, Venice II – Updating and Fleshing Out the Development Agenda, Venise.

Brown, D. *et al.* (2000), *Building a Better Future: Innovation, Technology and Sustainable Development*, WBCSD, Genève.

Charter, M. et T. Clark (2007), *Sustainable Innovation: Key Conclusions from sustainable Innovation Conferences 2003-2006 Organised by The Centre for Sustainable Design*, Centre for Sustainable Design, Farnham.

Commission européenne (CE) (2005), *Comment consommer mieux avec moins* – Livre vert sur l'efficacité énergétique, Office des publications officielles des Communautés européennes, Luxembourg.

Commission mondiale sur l'environnement et le développement (CMED) (1987), *Notre avenir à tous*, Oxford University Press, Oxford.

Environment Protection Agency des États-Unis (EPA) (2002), *Innovating for Better Environmental Results: A Strategy to Guide the Next Generation of Innovation at EPA*, EPA, Washington, DC.

Frondel, M., J. Horbach et K. Rennings (2007), « End-of-Pipe or Cleaner Production?: An empirical comparison of environmental innovation decisions across OECD countries », *in* Johnstone, N. (dir. pub.), *Environmental Policy and Corporate Behaviour*, Edward Elgar, Cheltenham.

Frosch, R. et Y. Gallopoulos (1989), « Strategies for manufacturing », *Scientific American*, vol. 261, p. 144-152.

Garner, A. et G. A. Keoleian (1995), *Industrial Ecology: An Introduction*, National Pollution Prevention Center for Higher Education, University of Michigan, Ann Arbor, MI.

Geels, F. W. (2005), *Technological Transitions and System Innovations: A Co-evolutionary and Socio-technical Analysis*, Edward Elgar, Cheltenham.

Gibbs, D. (2008), « Industrial symbiosis and eco-industrial development: an introduction », *Geography Compass*, vol. 2, n° 4, p. 1138-1154.

Global Reporting Initiative (GRI) et KPMG (2008), *Reporting the Business Implications of Climate Change in Sustainability Reports*, GRI et KPMG, Amsterdam.

Gray, C. et M. Charter (2006), *Remanufacturing and Product Design*, Centre for Sustainable Design, Farnham.

Grubb, M. (2004), « Technology innovation and climate change policy: an overview of issues and options », *Keio Economic Studies*, vol. 41, n° 2, p. 103-132.

Jelinski, L.W. *et al.* (1992), « Industrial ecology: concepts and approaches », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 89, n° 3, p. 793-797.

Johnstone, N. *et al.* (2007), « 'Many a Slip 'Twixt the Cup and the Lip': Direct and indirect public policy incentives to improve corporate environmental performance », *in* Johnstone, N. (dir. pub.), *Environmental Policy and Corporate Behaviour*, Edward Elgar, Cheltenham.

Jorna, R. J. *et al.* (2006), *Sustainable Innovation: The Organisational, Human and Knowledge Dimension*, Greenleaf Publishing, Cheltenham.

Kuehr, R. (2007), « Towards a sustainable society: United Nations University's Zero Emissions approach », *Journal of Cleaner Production*, vol. 15, n° 13-14, p. 1198-1204.

Kurzinger, E. (2004), « Capacity building for profitable environmental management », *Journal of Cleaner Production*, vol. 12, n° 3, p. 237-248.

Maxwell, D., W. Sheate et R. van der Volst (2006), « Functional and systems aspects of the sustainable product and service development approach for industry », *Journal of Cleaner Production*, vol. 14, n° 17, p. 1466-1479.

McDonough, W. et M. Braungart (2002), *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things* (1ère éd.), North Point Press, New York.

Ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie, Japon (METI) (2007), *The Key to Innovation Creation and the Promotion of Eco-Innovation*, rapport du Comité de la politique industrielle, scientifique et technologique du Conseil des structures industrielles, METI, Tokyo.

Mont, O. (2002), « Clarifying the concept of product-service system », *Journal of Cleaner Production*, vol. 10, n° 3, p. 237-245.

Nasr, N. et M. Thurston (2006), *Remanufacturing: A Key Enabler to Sustainable Product Systems*, Rochester Institute of Technology, Rochester, NY.

OCDE (2001), *Perspectives de l'environnement (2001)*, OCDE, Paris.

OCDE (2007), *Science, technologie et industrie : tableau de bord de l'OCDE 2007 – Innovation et performance dans l'économie globale*, OCDE, Paris.

OCDE (2008), Environmental Innovation and Global Markets, rapport au Groupe de travail sur les questions d'environnement mondiales et structurelles, Comité des politiques d'environnement, OCDE, Paris, *www.olis.oecd.org/olis/2007doc.nsf/linkto/env-epoc-gsp(2007)2-final.*

OCDE et Office statistique des Communautés européennes (Eurostat) (2005), *Manuel d'Oslo – Principes directeurs pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation* (3e édition), OCDE et Eurostat, Paris.

ONUDI (2002), « The New Industrial Revolution » : document présenté par Michel Braungart à l'ONUDI, Venice II, *UNIDO Scope Weekly News*, 20-26 octobre, p. 2-3, ONUDI, Vienne.

Organisation internationale de normalisation (ISO) (2004), *ISO 14001:2004 Systèmes de management environnemental – Exigences et lignes directrices pour son utilisation*, ISO, Genève.

Organisation météorologique mondiale (OMM) et Programme des Nations Unies pour l'environment (PNUE) (1998), *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1998*, WMO Ozone Report n° 44, OMM, Genève.

OMM et PNUE (2006), *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2006*, OMM, Genève.

Perotto, E. *et al.* (2008), « Environmental Performance, Indicators and Measurement Uncertainty in EMS Context: A Case Study », *Journal of Cleaner Production*, vol. 16, n° 4, p. 517-530.

Porter, M. E. et M. R. Kramer (2006), « Strategy and society: the link between competitive advantage and corporate social responsibility », *Harvard Business Review*, Reprint n° R0612D.

Porter, M. E. et C. van der Linde (1995), « Green and competitive: ending the stalement », *Harvard Business Review*, Reprint n° 95507.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) (2004), *Guidance Manual: How to establish and operate Cleaner Production Centres*, ONUDI, Vienne.

Reid, A. et M. Miedzinski (2008), *Eco-innovation: Final Report for Sectoral Innovation Watch*, Technopolis Group, Brighton.

Rennings, K. (2000), « Redefining innovation: eco-innovation research and the contribution from ecological economics », *Journal of Ecological Economics*, vol. 32, p. 319-332.

Roy, R. (2000), « Sustainable product-service systems », *Futures*, vol. 32, n° 3-4, p. 289-299.

Saunders, M. (1997), *Strategic Purchasing and Supply Chain Management* (2e éd.), Financial Times Prentice Hall, Londres.

Schmidheiny, S. (1992), *Changing Course: A Global Business Perspective on Development and the Environment*, MIT Press, Cambridge, MA.

Seuring, S. et M. Muller (2007), « Core issues in sustainable supply chain management: a Delphi study », *Business Strategy and the Environment*, mis en ligne le 10 décembre.

Tukker, A. *et al.* (2006), *New Business for Old Europe*, Greenleaf Publishing, Cheltenham.

UM-MERIT (Maastricht Economic and Social Research and Training Centre on Innovation and Technology, Université de Maastricht) *et al.* (2008), *MEI Project about Measuring Eco-Innovation: Final report*, dans le cadre du 6e Programme-cadre de l'UE, UM-MERIT, Maastricht.

Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) (1980), *Stratégie mondiale de la conservation – La conservation des ressources vivantes au service du développement durable*, UICN, Genève.

Van de Ven, A. H. et T. J. Hargrave (2002), « Social, Technical and Institutional Change », *in* Poole, M. S. et van der Ven, A. H. (dir. pub.), *Handbook of Organizational Change and Innovation*, Oxford University Press, Oxford.

Veleva, V. et M. Ellenbecker (2001), « Indicators of sustainable production: framework and methodology », *Journal of Cleaner Production*, vol. 9, n° 6, p. 519–549.

Weizsacker, E. von, A. B. Lovins et L. H. Lovins (1998), *Factor Four: Doubling Wealth, Halving Resource Use*, New Report to the Club of Rome, Earthscan, Londres.

Wired (2008), « BMW Hydrogen 7 Mono-Fuel eats smog for breakfast », *Wired Magazine*, 16 avril.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (1996), *Eco-efficient Leadership for Improved Economic and Environmental Performance*, WBCSD, Genève.

Chapitre 2

Appliquer l'éco-innovation : exemples de trois secteurs

Afin de clarifier les contextes et processus générateurs d'éco-innovation, ce chapitre passe en revue quelques exemples de solutions éco-innovantes développées dans trois secteurs : automobile et transports, sidérurgie, électronique. Dans ces secteurs d'activité, l'éco-innovation repose avant tout sur des avancées technologiques qui prennent la forme de modifications ou de reconceptions de produits ou procédés. Toutefois, certains acteurs ont commencé à explorer des voies d'éco-innovation plus systémiques en appliquant de nouveaux modèles économiques ou en se tournant vers d'autres modalités de prestation. Les changements structurels et organisationnels fonctionnent comme des moteurs essentiels du développement technologique.

Introduction

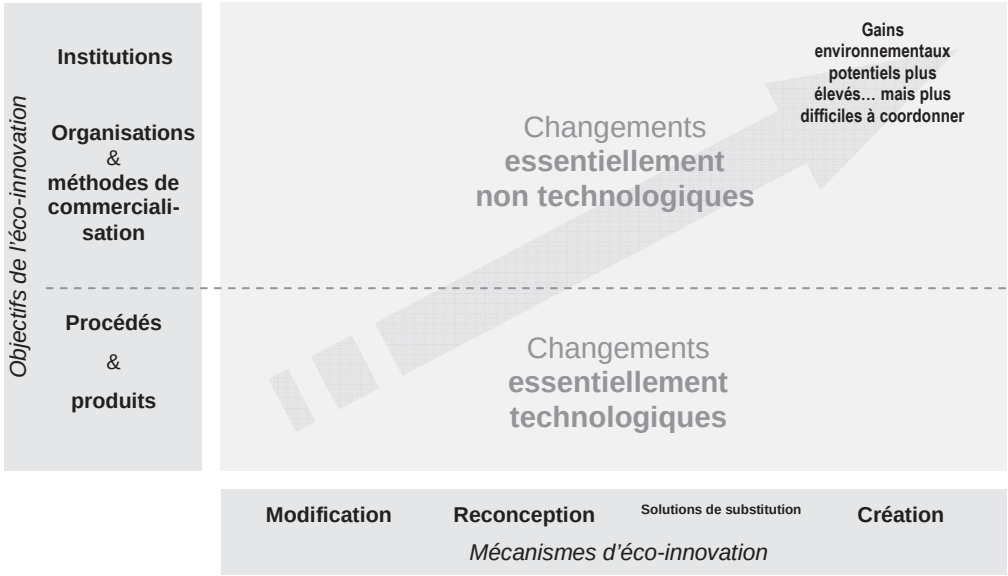
À mesure que les entreprises tiennent compte des inquiétudes relatives au changement climatique et à la diminution de la biodiversité, leur intérêt commercial pour la mise au point et l'application de solutions innovantes dans un large éventail de domaines s'accroît. Comme nous l'avons vu au chapitre 1, les nouvelles perspectives offertes par l'éco-innovation permettent à la production industrielle de progresser sur la voie du développement durable. Cependant, peu d'entreprises semblent avoir une vision claire de ce concept et de la façon dont elles peuvent l'appliquer à leurs activités. Maintes éco-innovations ont pu se faire fortuitement ou sans intention d'atténuer l'impact environnemental. En conséquence, comme le confirme la grande diversité des formes d'éco-innovation observées, les contextes et processus de mise en œuvre de l'éco-innovation sont mal connus, ce qui empêche aussi bien les acteurs de l'industrie que les décideurs et les chercheurs d'appliquer et de promouvoir l'éco-innovation selon des approches plus directes et plus ciblées. Dans ce contexte, il semble de plus en plus nécessaire, pour comprendre ces questions, de se pencher sur des exemples d'éco-innovations.

Le présent chapitre passe en revue des exemples d'éco-innovation spécifiques à certains secteurs. L'objectif principal est double. Il s'agit tout d'abord de sélectionner différents exemples dans trois secteurs : celui de l'automobile et des transports, celui de la sidérurgie et celui de l'électronique[1]. Deuxièmement, il s'agit d'analyser les processus de développement et les caractéristiques des projets d'éco-innovation de ces secteurs en se servant de la typologie de l'éco-innovation élaborée au chapitre 1 (figure 2.1), qui propose d'étudier l'éco-innovation selon les trois axes suivants : objectifs, mécanismes et impacts. L'objectif se rapporte au domaine d'application de l'éco-innovation : celle-ci peut concerner des produits (biens ou services), des procédés, des méthodes de commercialisation, des structures organisationnelles ou des dispositifs institutionnels. Le mécanisme désigne la façon dont on se propose de changer l'objectif : modifier ou reconcevoir l'objectif, appliquer une méthode ou technique de substitution, ou encore créer des éléments totalement nouveaux. Enfin, l'impact fait référence à l'avantage environnemental apporté par l'éco-innovation. L'analyse vise à procurer une meilleure compréhension de la diversité des exemples et de leur mise en œuvre.

Les trois sections suivantes, consacrées chacune à l'un des trois secteurs d'activité, fournissent des exemples de solutions éco-innovantes, en exposant leur description générale, les processus ayant abouti à leur développement et l'évaluation de leurs caractéristiques. Chaque section se termine par un bref résumé des caractéristiques de l'éco-innovation propres

au secteur étudié. Enfin, la dernière section de ce chapitre fait la synthèse générale de tous les exemples d'éco-innovation.

Figure 2.1. Typologie des solutions éco-innovantes



Nous ne prétendons pas dans ce chapitre présenter un panorama complet de l'éco-innovation dans certains secteurs d'activité, ni définir de quelconques « pratiques optimales ». Notre objectif est plutôt d'illustrer autant que possible la diversité de l'éco-innovation et les contextes de ses manifestations (tableau 2.1). Nous nous efforçons ainsi de montrer comment l'éco-innovation et ses composantes s'insèrent dans l'activité générale des entreprises.

Tableau 2.1. Exemples d'éco-innovation dans trois secteurs industriels

Secteur et entreprise/association	Exemple d'éco-innovation
Secteur de l'automobile et des transports	
Groupe BMW	Amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules
Toyota	Usines durables
Michelin	Pneus à basse consommation
Ville de Paris & JC Decaux	Système de location de vélos en libre-service
Secteur de la sidérurgie	
Siemens VAI, etc.	Autres méthodes de fabrication du fer
ULSAB-AVC	Aciers avancés à haute résistance pour l'automobile
Secteur de l'électronique	
IBM	Efficacité énergétique des centres de données
Yokogawa Electric	Contrôleurs de pression pour minimiser la consommation des pompes à eau de climatiseurs
Sharp	Meilleur recyclage des appareils électroniques
Xerox	Services de gestion des parcs d'impression

L'éco-innovation dans le secteur de l'automobile et des transports

Contexte

Source de 20 % des émissions mondiales de dioxyde de carbone (CO_2), le secteur des transports dans son ensemble est actuellement l'un des responsables du changement climatique qui croît le plus vite[2]. Avec des taux d'utilisation limités à 30-40 %[3], les véhicules automobiles représentent quelque 7 % des émissions mondiales de CO_2, proportion qui est appelée à progresser au fil de la hausse rapide de la demande de mobilité. Le transport aérien émet 2 % (GIEC, 2007), et le transport de marchandises par voie maritime 4.5 % environ du CO_2 total[4]. Avec l'intensification de la mondialisation et l'allongement des distances entre les producteurs et les consommateurs, le transport de marchandises progresse régulièrement. La demande de mobilité est étroitement liée à la croissance de la population, des revenus et des entreprises transnationales, et devrait fortement augmenter à l'avenir, en particulier dans les pays en développement. Ces facteurs ne peuvent qu'inciter davantage le secteur automobile et des transports à réduire son incidence sur l'environnement (Schipper *et al.*, 2007).

On estime à environ 900 millions le nombre de véhicules actuellement en circulation dans le monde, et ce chiffre devrait dépasser le milliard en 2010. À ce rythme, le nombre de véhicules pourrait atteindre 1.5 milliard en 2020, ce qui pourrait susciter de bien plus fortes inquiétudes en termes de santé de la planète, de congestion routière et d'accidents de la route (Schipper, 2007).

Au cours des dix dernières années, le secteur de l'automobile et des transports a développé un certain nombre de solutions pour réduire son impact sur l'environnement. À puissance et masses égales, les véhicules sont ainsi devenus beaucoup moins gourmands en carburant. Mais la plupart des gains ont été neutralisés par l'augmentation simultanée de la demande d'énergie due à la mise sur le marché de nouveaux véhicules plus puissants, plus grands et plus lourds. C'est le cas aux États-Unis en particulier, où le nombre de 4x4 urbains (SUV) est en forte progression (Schipper, 2007).

Amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules – BMW

Le constructeur automobile allemand BMW a mis en place des programmes d'éco-innovation pour préserver les ressources et améliorer l'efficacité énergétique des véhicules, générant ainsi une économie pour les automobilistes ainsi qu'une diminution des émissions de CO_2 issues de la combustion. Grâce à son système d'injection directe haute précision (HPI), par exemple, les moteurs à essence quatre et six cylindres ont pu atteindre des niveaux de consommation en « régime pauvre » auparavant réservés aux moteurs diesel. Les véhicules BMW vendus en Europe sont équipés de ce système depuis 2007.

Pour réduire la consommation des véhicules, BMW a également cherché à améliorer la gestion de l'énergie. Par exemple, la fonction d'arrêt et de redémarrage automatique du moteur coupe automatiquement le moteur lorsque le véhicule s'immobilise. La technologie de récupération de l'énergie de freinage met à profit les phases de freinage et d'accélération pour charger la batterie et minimiser la traînée aérodynamique. Ainsi, dès que le conducteur relâche l'accélérateur, l'énergie cinétique est automatiquement exploitée pour alimenter la batterie ; inversement, l'alternateur est déconnecté pendant les accélérations. De cette manière, la consommation est réduite et la poussée optimisée lors des accélérations. Grâce à la direction assistée électrique et au fonctionnement à la demande des pompes à carburant, à huile et à liquide de refroidissement, ces systèmes auxiliaires ne sont activés que le temps nécessaire. Le contrôle actif des paramètres aérodynamiques permet de n'ouvrir les volets d'air montés à l'avant du véhicule que lorsque le moteur doit être réellement refroidi, ce qui permet à la fois de raccourcir la phase de mise en température et d'améliorer l'aérodynamisme. Enfin, BMW a mis au point un indicateur incitatif qui signale en temps réel au conducteur à quel

moment changer de rapport pour conduire de la manière la plus économe en énergie.

Un kit complet de solutions technologiques de réduction de la consommation et des rejets à l'échappement est également proposé en série sur les modèles de toutes les gammes et segments. Le développement et la mise en œuvre de ces solutions ont permis au constructeur de réduire les émissions de CO_2 de sa propre flotte automobile en Europe de près de 27 % entre 1995 et 2008. En 2009, BMW a annoncé la commercialisation de ses deux premiers modèles équipés de la technologie ActiveHybrid. Par rapport à d'autres modèles mus seulement par un moteur à combustion classique, ces modèles hybrides entraîneront une réduction de la consommation de carburant pouvant atteindre 20 %. L'entreprise considère que l'hydrogène est la meilleure solution pour la mobilité durable à long terme, mais s'intéresse également à d'autres solutions telles que la propulsion électrique.

Dans le cadre de ses programmes de durabilité affichés, le groupe BMW étudie également les moyens d'optimiser la gestion de la circulation et des transports afin d'augmenter le rendement énergétique de tous les véhicules. Les travaux dans ce domaine portent sur l'amélioration de la gestion du trafic et du stationnement (par exemple, en optimisant la planification de manière à rendre la circulation plus fluide et à minimiser les risques de congestion) ou encore la formation à la conduite basse consommation.

Les processus à l'origine des développements de produits susmentionnés s'inscrivent dans le cadre de la stratégie *Efficient Dynamics* mise en place par l'entreprise en 2000 en réponse, notamment, au Protocole de Kyoto. Pour appuyer sa stratégie, BMW a créé, sous la tutelle de son bureau du développement, une division spécifique dont la mission est de travailler de manière intégrée à la résolution de problèmes liés à la gestion de l'énergie, à l'aérodynamisme, au poids des matériaux, à la performance et aux émissions de CO_2 des véhicules.

L'un des piliers de la stratégie de BMW, et donc de son approche en matière d'éco-innovation, est la prise en compte de l'ensemble du cycle de vie pendant la phase de conception. Le constructeur conçoit ses véhicules dans le souci de préserver les ressources aux deux étapes de la production et de l'utilisation des produits, de garantir la sécurité du conducteur et des passagers, et d'augmenter les taux de recyclage des matériaux en fin de vie des produits. Cette stratégie se préoccupe aussi d'optimiser sans cesse l'ensemble de la gamme, et pas seulement – comme souvent sur le marché – certains modèles à faible diffusion.

Pour favoriser l'amélioration continue de ses performances environnementales dans le cadre de sa stratégie, BMW utilise et actualise en permanence divers indicateurs comme les émissions de CO_2 et la

consommation de carburant sur l'ensemble de ses modèles. Ce dispositif, qui lui permet d'avoir à tout moment accès à des évaluations de performance à jour, promeut l'idée d'une démarche d'éco-innovation plus systématique et cohérente, en accord avec l'idée d'éco-efficacité. Comme les autres constructeurs automobiles, BMW améliore le niveau d'efficience global de tous ses sites de production, en s'aidant d'un système d'information à grande échelle qui collecte les données relatives à quelque 150 indicateurs de performance environnementale.

La plupart des éco-innovations de BMW s'apparentent à des améliorations technologiques de composants de produits ou de procédés. Néanmoins, le groupe a pu créer ces éco-innovations parce qu'il a choisi d'appliquer des stratégies d'entreprise sciemment conçues et d'apporter plusieurs modifications à sa structure organisationnelle. Guidé par sa vision axée autour du cycle de vie, et informé par son système de collecte de données, il a mis à profit des procédures et processus organisationnels créatifs pour favoriser l'amélioration continue de certains composants cibles des produits. Comme nous l'avons indiqué, le processus d'éco-innovation s'appuie sur un département distinct spécifiquement chargé d'augmenter la performance environnementale des produits sur un certain nombre de points essentiels. Les efforts d'éco-innovation sont également d'ordre institutionnel, puisque BMW collabore avec les pouvoirs publics et d'autres parties prenantes à la création de programmes de formation à la conduite verte, ou encore à l'ouverture de centres de récupération pour augmenter les taux de reprise et de recyclage.

Usines durables – Toyota

Dans le cadre de sa démarche pour une production plus durable, le constructeur automobile japonais Toyota a développé le concept d'« usines durables » en vue de créer des sites de production en harmonie avec leur environnement naturel. Pour concrétiser cette idée, plusieurs initiatives éco-innovantes ont été lancées dans trois grands domaines. Premièrement, le groupe a cherché à réduire sa consommation énergétique en concevant et en appliquant des technologies à faible bilan carbone et en entreprenant au quotidien des activités de *kaizen* (amélioration continue). Deuxièmement, il cherche à accroître la part des énergies renouvelables dans sa consommation énergétique. Troisièmement, il travaille activement avec les communautés locales voisines de ses sites de production sur des questions liées par exemple à la protection de la nature. Ses engagements dans la vie sociale locale lui permettent également de mieux sensibiliser son personnel à la question de l'environnement.

Afin d'accroître la part des énergies renouvelables dans sa consommation, Toyota a équipé son usine de Tsutsumi (Toyota City, Japon), qui fabrique les voitures hybrides Prius, de l'un des plus gros générateurs photovoltaïques. Composé de 12 000 panneaux solaires, le dispositif occupe une surface équivalente à celle de 60 courts de tennis. Sa puissance nominale est d'environ 2 000 kW. Il peut ainsi fournir à peu près la moitié de l'électricité nécessaire à la ligne de montage de l'usine.

L'initiative « usine durable » mise en œuvre sur le site de Tsutsumi prévoit également des actions de conservation et de rajeunissement de l'écosystème environnant. Le constructeur a ainsi convié les résidents locaux ainsi que les employés et leurs familles à des rencontres au cours desquelles des arbres natifs de la région ont été plantés autour du site. Dans le même ordre d'idée, il prévoit de mettre en pratique les technologies dérivées de ses activités de biotechnologie et de boisement, par exemple en couvrant les murs et les plafonds de ses usines de production automobile d'une végétation capable d'absorber une partie des rejets d'oxydes d'azote (NOx) ou en repeignant les façades extérieures avec une peinture photocatalytique capable de décomposer les oxydes d'azote ou de soufre (SOx) de l'air. Enfin, il souhaite transformer en promenade publique les berges du cours d'eau qui traverse le site, afin de permettre aux résidents de venir profiter de la nature environnante et de s'instruire à son contact.

Les journées de plantation d'arbres s'inscrivent dans une stratégie plus large de sensibilisation des salariés à l'écologie, le but étant de les informer et de les amener à proposer eux-mêmes des améliorations. Pour appuyer cette initiative, Toyota a créé un système d'éco-points et distribue ainsi des points aux personnes qui émettent une idée permettant de réduire la consommation d'énergie ou de préserver l'environnement, ou qui participent à un événement de promotion de l'écologie tel que les plantations d'arbres. Les membres du personnel les plus performants reçoivent des prix.

Le quatrième plan d'action de Toyota pour l'environnement établit les responsabilités environnementales et les objectifs annuels du groupe pour la période 2006-10. Ce plan d'action, lancé pour la première fois en 1993, vise à garantir un équilibre harmonieux entre la croissance de l'entreprise et sa place dans son environnement par le biais d'actions, de mesures et d'objectifs spécifiques dans les domaines du développement et de la conception, de l'approvisionnement, de la logistique et de la commercialisation. Quatre thématiques prioritaires ont été identifiées : énergie et réchauffement planétaire ; recyclage des ressources ; facteurs de risque pour l'environnement ; qualité de l'air. C'est en fonction de ces thématiques que le constructeur oriente ses travaux de développement de technologies en faveur de la mobilité durable.

Dans le cadre de son plan d'action pour l'environnement, Toyota a utilisé des techniques d'évaluation du cycle de vie pour identifier celles des activités du cycle de production automobile qui consomment le plus d'énergie. Le travail de peinture ayant été repéré comme l'un des principaux candidats à cet égard (avec l'usinage et les coulées), la mise au point d'une nouvelle technologie de mise en peinture a fait l'objet de réflexions spécifiques.

À plus grande échelle, Toyota utilise l'usine de Tsutsumi comme « prototype » où expérimenter diverses stratégies globales et initiatives concrètes en faveur de la durabilité. Afin de mettre à profit cette première expérience, Toyota a désigné comme prototypes quatre sites de production basés au Royaume-Uni, en France, en Thaïlande et aux États-Unis, où seront appliquées d'autres initiatives autour du concept d'usine durable. Par exemple, l'usine thaïlandaise n'a envoyé aucun déchet en décharge depuis son entrée en service en 2007 et a commencé à recycler les eaux usées.

Le groupe Toyota s'est distingué en matière de développement et de commercialisation de moteurs hybrides. L'entreprise cherche néanmoins à améliorer ses procédés de production, et notamment à remplacer les énergies conventionnelles par des énergies renouvelables. Une grande partie de l'éco-innovation de Toyota est assimilable à la reconception de produits et de procédés et à l'emploi de ressources et méthodes de substitution.

L'un des moteurs des éco-innovations de Toyota est la stratégie de l'entreprise en faveur de l'augmentation des performances environnementales. Son Plan d'action pour l'environnement incite l'entreprise à porter une attention accrue aux aspects tant sociaux qu'environnementaux de la production automobile et favorise le développement du concept d'« usine durable », aujourd'hui mis en œuvre sur plusieurs sites.

Si les développements susmentionnés en sont encore à leurs débuts, ils démontrent néanmoins que Toyota ne limite pas son appréhension de la notion de durabilité à son seul cœur de métier. L'entreprise pourrait ainsi créer les conditions de l'éclosion de solutions éco-innovantes qui n'auraient peut-être pas vu le jour sans cette ambition. Citons à titre d'exemple le fait de planter sur les toits de l'usine une végétation qui absorbe les NOx et le cas de la peinture photocatalytique, aux propriétés similaires, qui serait appliquée sur les murs. L'entreprise prend par ailleurs part à certains dispositifs institutionnels éco-innovants, par exemple lorsqu'elle s'implique activement au niveau local afin de préserver l'écosystème dans lequel sont implantées les usines.

Pneus à basse consommation – Michelin

L'approvisionnement en pneus du secteur de l'automobile et des transports met en jeu toute une série d'étapes, parmi lesquelles la production des matières premières (dont le caoutchouc naturel récolté à partir des hévéas) et la fabrication et la distribution des pneus. Si ces processus sont bien la source de certains problèmes environnementaux, c'est néanmoins la phase d'utilisation des pneus qui a l'impact le plus négatif sur l'environnement, du fait du phénomène appelé résistance au roulement. La résistance au roulement est liée à certaines performances attendues des pneus, telles que l'adhérence ou la tenue de route, et contribue à accroître la consommation de carburant et donc les émissions de CO_2.

La première génération de produits à basse consommation de Michelin, fabricant français de pneumatiques, remonte à 1992 ; sa quatrième génération de « pneus verts » a été lancée en 2008. Selon le manufacturier, le remplacement du noir de carbone par de la silice dans ces nouveaux modèles de pneus permet de réduire la résistance au roulement de quasiment 20 %, soit une économie de près de 0.2 l de carburant pour 100 km en cycle mixte urbain-autoroute (Michelin, 2008)[5]. En outre, la longévité kilométrique des pneus est substantiellement accrue tandis que la performance de freinage est maintenue, voire améliorée. Toujours selon des estimations du manufacturier, le montage et l'utilisation de pneus Michelin Energy auraient permis d'économiser à ce jour plus de 10 milliards de litres de carburant et ainsi d'éviter le rejet de plus de 26 millions de tonnes de CO_2[6]. Parallèlement, la consommation de matières premières à l'étape de la production a été réduite. Dans les prochaines années, Michelin prévoit de poursuivre ces améliorations sur les pneus de la génération suivante afin de faire encore baisser la résistance au roulement et la consommation de matières premières en production. Le manufacturier œuvre pour faire établir un standard industriel d'affichage des données de résistance au roulement sur les pneus, puisqu'aucun standard de ce type n'existe actuellement dans le secteur.

L'entreprise a procédé à une évaluation approfondie du cycle de vie des pneus pour conclure que 86 % des émissions de CO_2 sont générées pendant la phase de roulement, c'est-à-dire la phase d'utilisation des pneus, et que les 14 % restants sont dus à la production des matières premières, à la fabrication, à la vente et à la mise au rebut des pneus. Elle a aussi appris que la résistance au roulement des pneus était responsable de 20 % de la consommation de carburant des voitures particulières standard. Dans le cas des poids lourds, le pourcentage peut dépasser les 30 %. Selon Michelin, 4 % de l'ensemble des émissions de CO_2 d'origine anthropique sont imputables à la résistance au roulement des pneus. Compte tenu de sa part de marché, le manufacturier serait donc à l'origine de 0.8 % du total des émissions de CO_2 produites par l'activité humaine.

Ce sont principalement ces estimations, fondées sur l'évaluation du cycle de vie, qui ont déclenché le processus d'éco-innovation aujourd'hui appliqué dans l'entreprise pour identifier de nouveaux moyens de réduire la résistance au roulement, et donc la consommation de carburant, le coût de la mobilité et les émissions polluantes. C'est en cherchant à atteindre ces objectifs que Michelin a découvert que la silice pouvait utilement remplacer une partie du noir de carbone utilisé dans les pneus comme charge renforçante.

Michelin explique que le développement de sa dernière génération de pneus verts a été complexe car la substitution du noir de carbone par de la silice est un processus long et risqué que le manufacturier ne pouvait entreprendre à lui seul. L'un de ses fournisseurs de matières premières était prêt à étudier la question. Les deux entreprises ont donc travaillé ensemble pendant deux ans. La priorité accordée au projet par la direction de Michelin était particulièrement élevée, comme en témoignent les presque 400 millions EUR investis en R-D à cet effet.

Les efforts entrepris pour améliorer l'efficacité des pneus, notamment ceux des poids lourds, sont en partie motivés par le modèle économique de l'entreprise sur le marché des pneus poids lourds. S'appuyant sur le modèle PSS (voir le chapitre 1), le programme *Fleet Solutions* de l'entreprise propose en effet des services de maintenance pneumatique facturés au kilomètre parcouru, qui comprennent le montage, le contrôle de la pression, le changement, le remplacement, le recreusage et le rechapage des pneus, etc. L'entreprise a ainsi plus intérêt à réduire les coûts associés à la possession des pneus que si elle applique le modèle économique conventionnel et ne vend que les pneus eux-mêmes.

Cette évaluation lui a permis non seulement d'avoir une vision plus précise de ses responsabilités et de ses impacts directs et indirects sur l'environnement, mais aussi de mieux cibler ses efforts de R-D pour identifier des solutions rentables plus respectueuses de l'environnement. Cependant, compte tenu de la durée et des risques élevés du processus de développement d'options éco-innovantes, le manufacturier a dû modifier sa stratégie de R-D : il a ainsi établi un partenariat de recherche avec l'un de ses fournisseurs de matières premières.

La volonté de Michelin d'établir un standard industriel d'affichage des données de résistance au roulement sur les pneus met aussi en lumière deux autres éléments d'éco-innovation : l'entreprise *i)* souhaite promouvoir un profil plus vert dans sa stratégie de commercialisation et son positionnement commercial et *ii)* cherche à susciter un changement institutionnel éco-innovant officiel à l'échelle du marché, qui pourrait permettre de mieux sensibiliser les consommateurs à la relation entre la résistance au roulement

et la consommation de carburant et, en définitive, entraîner un changement des comportements d'achat.

Système de location de vélos en libre-service – Vélib'

La qualité de l'air de la ville de Paris est relativement mauvaise à cause de la densité de sa population et de son trafic routier. En dépit de plusieurs améliorations visant à réduire les rejets d'une large gamme de polluants, l'agglomération parisienne ne respecte toujours pas certaines des normes nationales et européennes[7]. Dans le cadre d'un nouvel effort de réduction de la congestion et d'amélioration de la qualité de l'air, ainsi que pour faire de la ville un lieu de détente plus vert et plus tranquille, la Ville de Paris a mis en place un système de location de vélos en libre-service appelé Vélib' (abréviation de « vélo libre ») au cours de l'été 2007. Ce système se fonde sur le succès d'un réseau similaire déployé à Lyon en 2005.

Figure 2.2 : Station Vélib' de location de vélos en libre-service à Paris



Opérationnel 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, le réseau Vélib' comprend environ 1 750 stations, d'au moins 20 places chacune, localisées à proximité de bouches de métro ou d'arrêts de bus (figure 2.2). Le réseau compte une station tous les 300 mètres environ dans le centre-ville, et quelque 23 900 bicyclettes et 40 000 places de stationnement au total dans l'agglomération. Chaque station est équipée d'un terminal de location automatisé à partir

duquel il est possible de louer un vélo selon différentes options d'abonnement. L'abonnement à la journée, à la semaine ou à l'année que souscrivent les usagers en échange d'une modeste contribution peut être relié au passe Navigo utilisé pour le métro, les autobus et les tramways de la ville. On dénombrait en octobre 2009 147 000 abonnés annuels, et entre 65 000 et 150 000 trajets Vélib par jour. À la mi-2009, le dispositif a été étendu à 30 villes de la proche banlieue[8].

Chaque usager titulaire d'un abonnement peut récupérer un vélo à n'importe quelle station de la ville et l'utiliser librement pendant une durée maximale de 30 minutes, un surcoût étant ensuite facturé pour chaque période supplémentaire de 30 minutes. Le système de paiement a été conçu pour maintenir les vélos en circulation constante et augmenter le taux de partage. Pour faciliter la circulation, les vélos sont redistribués chaque soir vers les stations où ils sont les plus demandés. Des données en temps réel sur la disponibilité des vélos à chaque station peuvent être consultées sur Internet ou depuis un téléphone portable.

Les capitaux de lancement du projet Vélib' ainsi que l'exploitation à temps plein pendant 10 ans et les coûts associés sont entièrement pris en charge par le groupe d'affichage publicitaire JC Decaux, en échange de quoi celui-ci reçoit de la Ville de Paris le contrôle d'une part substantielle des panneaux d'affichage de la capitale. Grâce à cette source de revenus, JC Decaux prévoit de dégager un bénéfice considérable à partir de la troisième année du projet Vélib', même si tous les revenus générés par le système de location de vélos lui-même reviennent à la Ville de Paris.

Globalement, le dispositif a rencontré un franc succès, et l'utilisation de vélos Vélib' est à la mode. Une partie de ce succès est dû à la conception et la mise en œuvre du système, qui font la part belle à la flexibilité, la disponibilité et la facilité d'emploi. Les vélos ont été conçus pour être lourds et robustes, ce qui les rend plus fiables et minimise les risques de vol ou de vandalisme[9].

Forte du succès des Vélib', la Ville de Paris envisage aujourd'hui d'étendre le programme et de proposer environ 4 000 voitures électriques en libre-service. Ce nouveau système appelé Autolib' devrait fonctionner sur les mêmes principes que le Vélib', c'est-à-dire que les conducteurs pourront souscrire un abonnement annuel les autorisant à utiliser librement le système selon certains critères définis par véhicule ou par jour. Les conducteurs devraient également pouvoir réserver une voiture par Internet pour une durée de 24 heures. Ce dispositif devrait voir le jour début 2011 au plus tard.

Le réseau Vélib' à Paris n'a pas pour seul but de fournir un nouveau mode de transport flexible capable de réduire la congestion. Il s'agit également d'un axe important de la stratégie mise en œuvre par la municipalité pour inciter les habitants à modifier durablement leur vision des transports en

général et des déplacements intra-urbains en particulier. L'objectif de l'éco-innovation Vélib' est donc aussi de nature institutionnelle ou culturelle, même si le principal mécanisme du changement est la fourniture d'un mode de transport de substitution.

La mise à disposition d'un tel mode de transport et sa capacité à faire évoluer la culture des transports s'appuient néanmoins sur un certain nombre d'initiatives critiques prises par la municipalité. Il a fallu planifier avec attention la construction de nombreuses stations de vélos un peu partout dans la ville, créer de nouvelles pistes cyclables ou encore réorganiser un certain nombre d'artères pour faciliter la circulation des deux-roues. Deuxièmement, il a fallu prévoir des procédés tels que la redistribution nocturne des vélos dans les zones de forte demande pour assurer la fonctionnalité et la flexibilité du système. Ces différentes précautions sont essentielles pour induire un véritable changement de la culture et des habitudes de transport.

Synthèse des initiatives prises dans le secteur de l'automobile et des transports

Le secteur de l'automobile et des transports a pris plusieurs mesures pour réduire les émissions de CO_2 ainsi que d'autres impacts environnementaux négatifs, en particulier ceux liés à la combustion des combustibles fossiles. Associées à la croissance de la demande de mobilité, en particulier dans les économies en développement, les initiatives éco-innovantes ont généralement pour objectif d'améliorer l'efficacité énergétique globale des voitures et des transports, tout en renforçant la sécurité routière. Dans ce secteur, l'éco-innovation repose avant tout sur des avancées technologiques qui prennent souvent la forme de modifications ou de reconceptions de produits ou procédés, comme en témoigne la mise au point de systèmes d'injection plus efficaces, de systèmes de gestion de l'énergie plus performants, de pneus à basse consommation, ou encore de procédés de peinture optimisés.

Cependant, certaines initiatives tendent à démontrer que le secteur de l'automobile et des transports conçoit l'éco-innovation dans un sens de plus en plus large et de plus en plus intégré. De nouveaux modèles économiques et des modes de transport de substitution tels que le système de location de vélos en libre-service de Paris sont à l'étude chez de nouveaux acteurs, de même que des façons radicalement nouvelles de traiter les polluants émis par les procédés de production automobile. Plusieurs entreprises ont choisi d'agir dans le cadre de dispositifs institutionnels informels ou officiels afin d'élargir leurs responsabilités environnementales.

L'éco-innovation dans le secteur de la sidérurgie

Contexte

Le secteur de la sidérurgie est l'un des plus gros consommateurs d'énergie ; c'est pourquoi les problèmes liés aux émissions de CO_2 et à l'efficacité énergétique sont au premier plan de ses préoccupations. À lui seul, il est responsable de quelque 7 % des émissions de CO_2 d'origine anthropique, un chiffre qui s'approche de 10 % si l'on inclut les activités d'extraction et de transport du minerai de fer (OCDE, 2007). Ce secteur a également sa part d'autres enjeux environnementaux tels que le traitement des déchets ou l'exploitation des ressources naturelles.

Pour fabriquer de l'acier à partir du fer, on a principalement recours à l'une ou l'autre de deux techniques : la technique des hauts fourneaux et du convertisseur basique à oxygène (HF/CBO), qui représente deux tiers de la production mondiale et utilise le minerai de fer comme principale source de fer ; et la technique du four à arc électrique (FAE) dont la principale matière première est la ferraille d'acier[10]. L'un des composants essentiels de la technique de production HF/CBO est le coke, obtenu à partir du charbon pur et nécessaire pour extraire le fer métallique du minerai. Or chaque étape ou presque de la cokéfaction pose d'importants problèmes environnementaux. Avec celle du fer, la production du coke est souvent considérée comme le plus grand des défis environnementaux que le secteur sidérurgique ait à relever. La technique du FAE est moins polluante que celle des HF/CBO mais dépend de la disponibilité de la ferraille d'acier et consomme énormément d'électricité, ce qui a aussi des répercussions spécifiques sur l'environnement[11].

Ces dernières années, le secteur sidérurgique s'est efforcé d'améliorer ses performances environnementales. La mise au point de nouvelles techniques de production a permis de supprimer un grand nombre d'étapes trop gourmandes en énergie et de réduire les émissions de polluants atmosphériques. Les efforts déployés pour utiliser la chaleur résiduelle et accroître l'automatisation des procédés de production ont permis d'augmenter l'efficacité énergétique ainsi que les rendements de production de l'acier. Par ailleurs, le développement de nouveaux produits, comme les aciers à haute résistance et protégés contre la corrosion, ou le recyclage plus systématique des sous-produits contribuent à limiter l'impact de l'industrie sidérurgique sur l'environnement. Néanmoins, en dépit du déclin important des rejets de CO_2 par tonne d'acier produite, la croissance rapide de la demande et de la production d'acier a entraîné une hausse de 19 % du total des émissions de CO_2 depuis 1990 (OCDE, 2006). L'augmentation des besoins d'infrastructures et de logements et l'industrialisation rapide des économies en développement, notamment la Chine, expliquent en partie ce

phénomène. De nombreux travaux de recherche actuellement menés en collaboration ont pour but d'élaborer des technologies radicalement novatrices qui pourraient réduire radicalement les émissions de CO_2.

Autres méthodes de fabrication du fer

Les travaux de R-D entrepris par l'industrie sidérurgique au cours des dernières décennies ont entraîné le recours croissant à des procédés de fabrication du fer par réduction directe ou par réduction par fusion, parmi lesquels on retrouve les procédés Corex, FASTEEL, FASTMET et HIsmelt, le premier étant le plus avancé aux plans industriel et commercial.

Ces procédés se distinguent des méthodes classiques par la possibilité qu'ils offrent d'obtenir du fer par fusion directe à l'aide de charbon non cokéfiant. Ils produisent un métal chaud de qualité équivalente à celui qu'on obtiendrait dans un haut fourneau conventionnel. Le procédé Corex n'élimine pas entièrement l'utilisation du coke, mais la réduit sensiblement, ce qui minimise d'autant le coût total des matières premières et l'impact environnemental dû à la cokéfaction (Chatterjee, 2005).

La réduction par fusion est une technique originaire des pays scandinaves. La première application en continu du procédé a été tentée au Danemark en 1938-39. L'utilisation de ce procédé a rapidement régressé en raison des progrès de la technologie de la réduction directe, mais elle a bénéficié d'un regain d'intérêt à cause de la faible productivité, des problèmes de manipulation des produits et de l'importance des coûts de production qui caractérisent le processus de réduction directe (Chatterjee, 2005).

Le procédé Corex a été élaboré par la société autrichienne Voest-Alpine Industries (VAI) à la fin des années 70, puis a atteint l'étape de la faisabilité dans les années 80 (Kastner, 2007). La première usine Corex a été ouverte par Iscor (Afrique du Sud) en 1989. Quatre usines Corex ont ensuite été mises en service par Posco (Corée), Mittal Steel (Afrique du Sud) et Jindal (Inde). La technologie, encore en cours de perfectionnement, a produit à ce jour plus de 25 millions de tonnes de métal liquide chaud (Kastner, 2007). Comparée à la production mondiale totale de fonte brute (876 millions de tonnes en 2006), cette quantité est relativement faible. Néanmoins, certains observateurs s'attendent à voir la capacité des usines Corex augmenter rapidement à moyen ou long terme. En novembre 2007, la société Baosteel a ouvert en Chine la plus grande usine Corex du monde, d'une capacité de production de 1.5 million de tonnes.

Selon Siemens Metals and Mining, qui a fusionné avec VAI en 2005 (la société s'appelle désormais Siemens VAI), les économies associées à la production de métal chaud pourraient avoisiner 20 %, le chiffre exact dépendant des conditions locales des sites. De plus, les rejets gazeux des

usines Corex, qui contiennent de faibles quantités de NOx, de dioxyde de soufre (SO_2), de particules, de phénols, de sulfures et d'ammonium, présentent des concentrations inférieures aux seuils des normes européennes attendues. En réduisant la nécessité de recourir à des cokeries, le processus Corex diminue également les émissions de CO_2 – jusqu'à 30 % selon Siemens (Wegener, 2007). Une usine Corex produit également moins d'eaux usées que les hauts fourneaux conventionnels. Enfin, on peut directement charger des matières plastiques usagées dans les fours Corex ou d'autres procédés de réduction par fusion afin de limiter la consommation de combustible et, ainsi, s'épargner les coûteux équipements d'injection que nécessite cette technique dans les procédés classiques de fabrication du fer (Gupta, 2004).

Depuis le début des années 90, Siemens VAI et l'Institut de recherche sur les sciences industrielles de Posco travaillent à l'amélioration du procédé Corex. La méthode Finex, élaborée par Posco, ne nécessite plus du tout de coke et permet d'économiser les importants capitaux généralement investis dans les fours à coke. Elle permet également de fabriquer du fer à partir de particules de minerai de fer non agglomérées, ce qui élimine le frittage et donc les installations correspondantes. Une démonstration récente a montré que par rapport à la production de fer par hauts fourneaux, la méthode Finex réduisait les émissions de SOx, de NOx et de particules respectivement de 92 %, 96 % et 79 % (IISI, 2006).

Autre problème, la pénurie croissante du charbon métallurgique cokéfiable utilisé comme matière première dans la production du coke lorsque le fer est fabriqué suivant les méthodes classiques a entraîné l'augmentation du coût des matières premières requises dans les hauts fourneaux conventionnels, ce coût pouvant représenter 50 % à 60 % des dépenses totales (Chatterjee, 2005). L'importance des investissements requis dans les fours à coke et les impacts environnementaux négatifs de la cokéfaction ont soumis le secteur de la sidérurgie à une double pression économique et environnementale qui l'a contraint à développer d'autres méthodes de fabrication du fer. Par ailleurs, le procédé de réduction par fusion permet de satisfaire la demande croissante de capacités de production rentable de quantités plus faibles de métal chaud (Chatterjee, 2005).

Les facteurs susmentionnés ont été les principaux moteurs de la poursuite du développement des technologies Corex et Finex. À cette fin, Siemens VAI s'est engagé activement dans des partenariats de coopération avec plusieurs universités et centres de recherche pour poursuivre l'élaboration du procédé Finex.

Les mécanismes d'éco-innovation à l'origine des procédés de réduction par fusion peuvent globalement être assimilés à des modifications de l'un des procédés existants de fabrication de l'acier. Toutefois, lorsqu'on la

compare avec la fabrication de fer dans des hauts fourneaux conventionnels, la fusion-réduction directe est plus progressive dans la mesure où elle remplace le coke par du charbon pour extraire le fer. Elle présente donc le double avantage de supprimer les impacts environnementaux associés à la cokéfaction et d'augmenter la flexibilité de la production de l'acier. Dans le contexte de la fabrication du fer, cette éco-innovation est plutôt assimilable à une reconception de procédé, qui permet de produire de l'acier à plus petite échelle à partir de matières premières de substitution.

Par ailleurs, les hauts fourneaux ont eux aussi fait l'objet d'innovations, parmi lesquelles l'amélioration des technologies des procédés et une meilleure conception et construction des équipements. Du fait de ces changements, les procédés conventionnels de fabrication du fer ont maintenu leur compétitivité face aux nouveaux procédés de réduction par fusion, dont ils ont rendu plus difficile l'élaboration et la commercialisation. La poursuite du développement des procédés Corex et Finex dépend donc avant tout de leur compétitivité en termes de coûts.

Aciers avancés à haute résistance pour l'automobile

L'acier est une matière première importante dans le secteur automobile, et 13 % à 14 % de l'acier mondial servent à fabriquer des véhicules à moteur. En Allemagne ou aux États-Unis, la part du secteur automobile dans la consommation d'acier dépasse les 20 %. En Chine, elle n'atteint que 3 % en raison notamment des très grandes quantités d'acier utilisées dans le secteur de la construction.

Si l'on considère la question sous l'angle environnemental, on dira que plus une voiture est lourde, plus il faut d'énergie pour qu'elle avance, donc plus elle rejette de polluants. C'est pourquoi l'industrie sidérurgique, en partenariat avec le secteur automobile, s'est attachée à mettre au point des aciers avancés à haute résistance qui permettent de produire des véhicules plus légers, donc moins gourmands en carburant et moins émetteurs de polluants. On estime par exemple que chaque baisse de 10 % de la masse d'un véhicule se traduit par une économie de carburant (mesurée en litres pour 100 km parcourus) de 1.9 % à 8.2 % (Worldsteel, 2008), le pourcentage exact dépendant des modifications apportées au moteur.

Une berline cinq places classique pèse au total 1 260 kilogrammes, dont 360 kg de carrosserie si celle-ci est en acier conventionnel. Si l'on ajoute à la carrosserie les autres pièces en acier, la World Steel Association estime à 55 % la part de l'acier dans la masse totale du véhicule. En utilisant des aciers à haute résistance (dont le coût est seulement légèrement supérieur à celui de l'acier conventionnel), on pourrait supprimer près de 120 kg, soit 9 % de la masse totale du véhicule. Du fait de la moindre charge, on pourrait aussi réduire la

cylindrée du moteur sans diminuer sa performance, donc générer des économies de carburant supplémentaires. En outre, les véhicules dont certains composants sont en acier à haute ou ultra-haute résistance obtiennent de très bons résultats au cours des tests de collision. Enfin, leur construction nécessite moins d'acier.

D'autres technologies ont été mises au point pour produire des carrosseries plus légères et plus résistantes. Par exemple, la technique de mise en forme par hydroformage consiste à façonner des tubes creux sous haute pression pour en faire des pièces monobloc légères et résistantes, capables de remplacer les pièces automobiles standard (voir encadré 2.1). Une autre technologie, le soudage laser des flans automobiles, permet de fabriquer des panneaux latéraux entiers en une seule opération, par mise en forme après soudage préalable de tôles d'acier à l'aide de lasers à haute vitesse. Grâce à ces techniques, les pièces en acier sont réparties de façon optimale dans les véhicules, c'est-à-dire que les aciers les plus résistants sont utilisés là où ils sont nécessaires et que des aciers plus légers sont utilisés pour les autres pièces afin de réduire la masse totale du véhicule (IISI, 2002).

C'est l'entrée en vigueur de nouvelles normes de réduction des émissions polluantes des véhicules à moteur aux États-Unis, en 1993, qui a déclenché ces évolutions. Ces normes ont en effet accru les pressions exercées sur l'industrie en faveur d'une diminution de l'impact de l'automobile sur l'environnement. Face à ces pressions, plusieurs constructeurs automobiles et aciéristes du monde entier se sont associés dans le cadre de l'initiative Ultra-Light Steel AutoBody (ULSAB) afin d'élaborer ensemble des carrosseries plus résistantes et plus légères. De cette initiative est né l'ULSAB Advanced Vehicles Concept (ULSAB-AVC) dont le but est de faire la démonstration des nuances d'acier de haute technologie les plus récentes applicables au secteur automobile. Le Future Steel Vehicle (FSV) est le dernier né d'une série de projets sur les aciers automobiles. Il réunit des aciéristes internationaux et un important partenaire de l'ingénierie automobile, et vise à faire la démonstration de carrosseries sûres, en acier léger, capables de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) tout au long du cycle de vie des véhicules.

En 1999, l'ULSAB-AVC a mené des études de faisabilité de l'application d'aciers avancés à haute résistance aux automobiles, fournissant ainsi aux constructeurs un moyen de réduire les émissions tout en produisant des voitures sûres, efficientes et peu coûteuses. Des démonstrations d'autres technologies de production de carrosseries plus résistantes et plus légères ont suivi. Les efforts continus de l'industrie sidérurgique en matière de R-D dans ces domaines s'expliquent également par la volonté du secteur de renforcer son avantage concurrentiel par rapport à d'autres secteurs, comme celui de l'aluminium. En 2005, l'ULSAB-AVC a reçu le prix *Stars of Efficiency* de l'*Alliance to Save Energy* pour ses avancées en matière d'efficacité énergétique des véhicules (AISI, 2005).

Encadré 2.1. Réduire la consommation grâce à des concepts structurels innovants qui mettent à profit les aciers avancés à haute résistance

La Loremo (abréviation de *LOw REsistance MObile*) est l'œuvre d'une entreprise allemande qui s'intéresse à l'utilisation innovante des concepts de motorisation et de matériaux avancés mais standard pour créer des véhicules légers à faible coefficient de traînée sans porter atteinte à la protection des passagers.

La carrosserie des voitures Loremo est fabriquée à partir d'aciers avancés à haute résistance et possède une structure cellulaire linéaire. Autrement dit, la structure en acier est d'un seul tenant sur toute la longueur du véhicule, que ce soit sur les flancs ou au centre. Il n'y a donc pas de porte : les passagers montent dans la voiture en soulevant le capot, qui est solidaire du pare-brise et de la colonne de direction (voir illustration). La structure en acier est plaquée zinc pour éviter la corrosion et la mise en peinture du véhicule n'est pas nécessaire puisque l'acier n'est pas visible de l'extérieur. Toutes les pièces dont la résistance n'est pas une priorité sont en matériaux thermoplastiques. La voiture est également conçue pour être facilement recyclée.



Ainsi conçue, la structure offre une sécurité de haut niveau et est nettement plus légère que les automobiles classiques. Doté d'un moteur turbo diesel 2 cylindres et d'un profil extrêmement aérodynamique, le plus petit des modèles ne pèse qu'environ 550 kg. Il peut rouler à la vitesse maximale de 160 km/h et parcourir 100 km avec 2 litres de gazole seulement.

Loremo AG est parvenue à cette éco-innovation en repensant la conception et l'architecture de l'automobile. À l'origine, la Loremo devait être un mode de transport peu coûteux destiné aux marchés en développement, mais l'entreprise prévoit désormais de la vendre aussi sur le marché européen, compte tenu des préoccupations croissantes liées au réchauffement planétaire. La production en série devrait démarrer en 2011. Loremo travaille également au développement de versions électriques ou hybrides. Le modèle d'entrée de gamme devrait coûter moins de EUR 15 000.

Source : site Internet de Loremo (*www.loremo.com*) et contacts avec les auteurs.

L'objectif de ces efforts d'éco-innovation était un acier avec lequel fabriquer une carrosserie automobile résistante mais légère. Les travaux ont débouché sur la mise au point des aciers avancés à haute résistance qui peuvent être considérés comme des modifications ou reconceptions de composants ou de méthodes de production existants.

L'élaboration d'aciers à haute résistance a toutefois pris forme grâce à la création de l'ULSAB, puis de l'ULSAB-AVC – un consortium de démonstration et de recherche réunissant des constructeurs automobiles et des aciéristes. Grâce à sa participation active à ce dispositif intersectoriel, le secteur de la sidérurgie a pu approfondir ses connaissances et mieux comprendre la façon dont l'un de ses plus gros clients perçoit l'acier. La collaboration active de tous les partenaires a facilité l'identification de solutions plus respectueuses de l'environnement et mutuellement avantageuses.

La création de l'ULSAB et de l'ULSAB-AVC peut être assimilée à une éco-innovation institutionnelle officielle. Elle peut ouvrir la voie à des dispositifs similaires susceptibles de signer d'autres avancées à l'avenir. L'ULSAB a d'ores et déjà donné naissance à un certain nombre d'organisations sœurs qui se consacrent à la recherche et la démonstration d'aciers avancés à haute résistance applicables à la production d'autres pièces automobiles telles que les systèmes de fermeture ou les suspensions.

Encadré 2.2. Procédés sidérurgiques à très faibles émissions de CO_2

Le programme *Ultra-Low Carbon Dioxide Steelmaking* (ULCOS) est une initiative de coopération en R-D lancée en 2004 par un consortium de 48 entreprises et organisations issues de 15 pays européens. Son objectif est de réduire les émissions de CO_2 liées à la production d'acier d'au moins 50 % par rapport aux méthodes de production actuelles les plus performantes.

Ses travaux de recherche ont commencé par une étude de faisabilité de plus de 80 technologies, qui a débouché sur la sélection de quatre technologies innovantes et prometteuses sur lesquelles se poursuivront des activités de R-D. Ces technologies sont susceptibles de réduire de façon significative les émissions de CO_2 et couvrent diverses filières de production suivant le lieu et le moment prévus pour leur mise en œuvre. Par ailleurs, les travaux ont permis d'identifier une série de technologies quasi-matures capables de générer une réduction limitée des rejets de CO_2. Le développement de ces technologies se fait actuellement en dehors du programme ULCOS.

Source : www.ulcos.org.

Synthèse des initiatives prises dans les domaines du fer et de l'acier

Confronté à la nécessité pressante de réduire sa pollution et à l'augmentation des prix et la raréfaction des matières premières, le secteur de la sidérurgie a accompli des progrès considérables, ces dernières années, pour améliorer ses performances environnementales, notamment en procédant à des modifications et reconceptions de divers procédés de production afin d'économiser l'énergie. La plupart des éco-innovations du secteur ont donc été axées autour du développement de produits technologiques et du perfectionnement de procédés.

Cependant, comme on l'a vu pour le secteur de l'automobile et des transports, nombre d'améliorations ont été rendues possibles par la participation active du secteur sidérurgique à plusieurs dispositifs institutionnels. Par exemple, les aciers avancés à haute résistance ont été mis au point par un consortium international de constructeurs automobiles et d'aciéristes, ces travaux ayant débouché sur la production d'aciers plus résistants permettant de fabriquer des véhicules plus légers et moins gourmands en carburant. On notera également le rôle important joué par l'évolution de la situation économique du secteur, en particulier l'augmentation des coûts et la moindre disponibilité de matières premières telles que le coke.

L'éco-innovation dans le secteur de l'électronique

Contexte

Si les secteurs de l'automobile, des transports et de la sidérurgie sont largement considérés comme les principales sources d'émissions de CO_2, le secteur de l'électronique n'en consomme pas moins une grande part de l'énergie produite dans le monde. L'utilisation de plus en plus intensive d'appareils électroniques constitue aussi un problème croissant de déchets. Cette évolution s'explique non seulement par la hausse de la demande d'appareils électroniques ou électroménagers en tous genres, mais aussi par l'intégration croissante de l'électronique dans toutes sortes de biens.

Simultanément, l'électronique est fortement susceptible de réduire l'impact environnemental d'un certain nombre de filières et d'industries, notamment en leur permettant de réaliser des économies d'énergie. Aux États-Unis, par exemple, l'application de méthodologies et de technologies plus économes en énergie pourrait faire baisser la consommation électrique des seuls serveurs et centres de données d'entreprise de 56 % en 2011 par rapport au niveau prévu si l'évolution actuelle se poursuit (EPA, 2007).

Dans l'ensemble, un certain nombre de concepts et de produits physiques éco-innovants ont été mis au point pour augmenter l'efficacité énergétique, réduire les émissions de CO_2 et améliorer la gestion des déchets issus de l'électronique. En réponse à la demande des consommateurs, les sociétés d'électronique se sont efforcées de mettre au point des produits peu gourmands en énergie tout en augmentant la valeur commerciale et fonctionnelle de leurs produits (EIU, 2007). Plus récemment, le recyclage a également fait l'objet de plus d'attention.

L'efficacité énergétique des centres de données – IBM

Pour entretenir les installations centrales où sont stockés les composants critiques à leur activité, de nombreuses organisations ont besoin de quantités d'énergie considérables. Les centres de données consomment énormément d'électricité et peuvent être jusqu'à 40 fois plus gourmands que les bureaux traditionnels. Aux États-Unis par exemple, la demande d'énergie nécessaire à l'alimentation et au refroidissement des centres de données aurait plus que doublé entre 2001 et 2006, année durant laquelle les centres de données auraient représenté environ 1.5 % de la consommation totale d'électricité du pays – soit l'équivalent de l'énergie consommée par quelque 5.8 millions de foyers américains moyens (EPA, 2007 ; WBCSD, 2008).

L'efficacité énergétique d'un centre de données se mesure généralement à l'aide du DCIE (*Data Centre Infrastructure Efficiency*), rapport entre la dépense énergétique des seuls équipements informatiques du centre de données et celle de l'ensemble de ses équipements. Un centre de données est jugé performant lorsque son DCIE est supérieur à 60 %. Pourtant, une étude réalisée par le groupe informatique américain IBM a révélé que la moyenne des DCIE n'était que de 44 %. En 2007, IBM s'est donc associé à des partenaires commerciaux pour lancer un projet prévoyant l'investissement par l'entreprise d'un milliard USD dans l'élaboration de technologies, produits et services capables d'améliorer radicalement l'efficacité énergétique de ses opérations, produits et services et de ceux de ses clients. Ce projet intitulé *Big Green* s'articule autour d'une approche en cinq étapes dont le but est de réduire radicalement la consommation d'énergie des centres de données, et ainsi de réduire d'autant les émissions de CO_2 associées et les coûts à la charge des clients. Les cinq étapes sont les suivantes :

1. *Diagnostiquer* : évaluer la consommation des installations existantes – évaluation énergétique, simulation en 3D de la gestion énergétique et des caractéristiques thermiques.
2. *Concevoir* : planifier puis concevoir le centre de données ou le mettre à niveau en termes d'efficacité énergétique.

3. *Virtualiser* : virtualiser les infrastructures informatiques et déployer des processeurs dédiés à faible consommation d'énergie.
4. *Administrer* : contrôler l'installation à l'aide d'un logiciel de gestion de l'énergie.
5. *Refroidir* : exploiter les solutions de refroidissement liquide à l'intérieur et à l'extérieur du centre de données.

IBM gérant plus de 740 000 m² de centres de données dans le monde entier, la consommation électrique est devenue un facteur important pour les coûts d'exploitation et l'aptitude à accroître la capacité et les possibilités des centres. L'une des initiatives majeures du projet *Big Green* est la consolidation de 3 900 serveurs distribués sur 33 serveurs System z de centres de données IBM répartis partout dans le monde. Cette initiative devrait permettre d'économiser jusqu'à 119 000 mégawatts-heures (MWh) par an, soit suffisamment d'électricité pour alimenter environ 9 000 foyers américains moyens pendant un an. Grâce aux améliorations énergétiques mises en œuvre, le groupe IBM espère doubler la capacité informatique de ses centres de données au cours des trois prochaines années sans augmenter la consommation d'énergie. L'amélioration de l'efficacité énergétique des centres de données doit commencer par une évaluation de leur consommation actuelle.

Pour minimiser la consommation des centres de données existants, IBM a développé la technologie MMT (*Mobile Monitoring Technology*) qui permet d'analyser le profil thermique d'un centre de données en exploitation afin d'identifier les « points chauds » et d'émettre des recommandations d'amélioration du profil thermique. Cette technologie est proposée comme « service de gestion de l'énergie » aux clients qui souhaitent réduire leurs dépenses d'électricité. Les données collectées par le système MMT sont traitées à l'aide d'un outil de modélisation spécialisé et servent à établir une représentation en 3D des caractéristiques thermiques et des flux d'air dans les centres de données. À partir des résultats fournis par le modèle, on calcule six variables de l'efficacité énergétique : les points chauds verticaux et horizontaux, les écoulements d'air non ciblés, les variations de température au niveau des unités de climatisation de salles informatiques (CRAC) ou des plenums de refoulement, et les obstacles aux écoulements. Ces variables signalent les possibilités d'amélioration de l'utilisation de l'énergie dans le centre de données. À chaque variable correspond un ensemble d'améliorations faciles à mettre en œuvre, qui permettent d'augmenter la performance sans investissement ou presque. Pour optimiser la consommation d'énergie des centres de données, on peut aussi réaliser des évaluations des meilleures pratiques, qui débouchent sur des analyses similaires mais moins chiffrées.

IBM élargit actuellement le champ d'application de sa stratégie « verte » à l'ensemble de sa structure. Dans la même optique, il propose à ses clients des offres de services plus diverses, qui vont de services de conseil pour des stratégies plus durables ou des chaînes d'approvisionnement plus vertes à son portefeuille global de logiciels « pour un monde plus vert » , ces offres étant couplées avec des objectifs de réduction de la charge de travail des salariés grâce à des améliorations de productivité.

Sous la pression des préoccupations en matière énergétique, en particulier dans les grandes entreprises confrontées à divers problèmes tels que la hausse des prix de l'énergie, les investissements requis pour construire de nouveaux centres de données, la mauvaise gestion de l'énergie ou la pénurie d'électricité en général, IBM a infléchi sa stratégie en direction de services pilotes de gestion de l'énergie à destination de l'industrie et de ses clients. Ces évolutions ont donné naissance au projet *Big Green*.

Ce projet dans son ensemble, comme certaines autres initiatives *Big Green Innovation* plus spécifiques telles que les offres de recherche et de conseil en gestion de l'eau, a aussi énormément bénéficié des discussions en ligne, ou « *innovation jams* », organisées à grande échelle par IBM. En 2006, les clients, les salariés et leurs familles ont été invités à participer à deux sessions de réflexion (« *jams* ») organisées sur Internet à l'échelle du globe. Plus de 150 000 personnes originaires de 104 pays ont proposé plus de 46 000 idées. Dans une deuxième phase, le groupe IBM a approuvé la poursuite du développement de dix initiatives commerciales différentes, dont la série d'initiatives *Big Green Innovation* (Davies, 2007). Les premiers travaux de *Big Green Innovation*, axés autour des centres de données, ont accéléré le déploiement de la technologie MMT et la mise en œuvre d'un service commercial de gestion de l'énergie.

Pour faire accepter la technologie MMT sur le marché, le groupe a lancé un certain nombre de nouvelles initiatives de commercialisation. Deux d'entre elles ont été jugées essentielles au succès du projet et à l'implantation du service de gestion de l'énergie d'IBM. La première a été la démonstration des économies réalisées dans des centres de données opérationnels. À cet effet, le groupe s'est associée à deux partenaires volontaires pour un tel test : PG&E, une holding de fournisseurs d'énergie, et IBM Integrated Technology Delivery, l'unité de l'entreprise qui avait fourni les services de centres de données. La deuxième initiative a visé à démontrer que la technologie MMT peut s'accompagner d'un plan d'amortissement avantageux et qu'elle libère suffisamment de capacité pour permettre au client d'élargir son activité.

La technologie MMT peut être assimilée à une nouvelle application technologique puisqu'il s'agit d'un nouvel outil qui permet d'identifier et d'évaluer des moyens de réduire la consommation d'énergie des centres de données existants, que ce soit par le biais de modifications, de reconceptions ou de déploiements d'autres équipements. Si cette technologie éco-innovante constitue en elle-même une avancée, elle est également l'un des éléments fondateurs d'une autre initiative éco-innovante de l'entreprise, à savoir l'adoption d'un nouveau modèle économique fondé sur la fourniture de services de gestion de l'énergie.

En effet, l'approche du groupe IBM en matière de gestion environnementale s'est progressivement modifiée au fil des années, passant du principe du partage d'expérience avec des organisations ou clients externes au principe de la conjugaison d'actions en faveur de l'écologie et de la réduction des coûts avec des opportunités commerciales et de nouvelles sources de revenus. C'est cette évolution qu'illustrent le projet *Big Green*, les nouveaux services de gestion de l'énergie, le portefeuille de logiciels « pour un monde plus vert » et l'extension des services de conseil de l'entreprise.

L'engagement actif d'IBM dans la création de nouveaux dispositifs institutionnels éco-innovants se retrouve également dans l'emploi des « *innovation jams* », qui ont permis à l'entreprise de faire avancer son projet *Big Green* et de concevoir la technologie MMT. Les efforts du groupe en matière d'éco-innovation ont aussi pris la forme de stratégies de commercialisation de substitution consistant à tester et démontrer les capacités et la rentabilité du système MMT dans le cadre de collaborations avec des clients.

Contrôleurs de pression pour minimiser la consommation des pompes à eau de climatiseurs – Yokogawa Electric

On dit qu'à chaque dollar dépensé pour alimenter un serveur correspond un dollar dépensé pour le refroidir (Mehta, 2006). Étant donné les quantités d'électricité consommées par les serveurs, les projets de gestion de l'énergie s'intéressent de près au refroidissement des serveurs. La même règle s'applique aux climatiseurs qui consomment de grandes quantités d'énergie pour maintenir les températures à niveau constant.

Le principe d'un système de climatisation est de faire circuler de l'eau chaude ou froide dans des canalisations vers des unités situées à chaque étage d'un bâtiment. La quantité d'eau froide varie en fonction de la différence souhaitée entre la température intérieure et la température extérieure. Cependant, en dépit des variations des volumes d'eau requis, les systèmes de climatisation traditionnels fonctionnent toujours à la pression calculée pour les

demandes de refroidissement ou de chauffage maximales. En conséquence, de grandes quantités d'énergie sont gaspillées. À titre d'exemple, l'Association japonaise des gestionnaires de l'énergie du bâtiment (*Building Energy Managers Association of Japan*) a calculé que la moitié de l'énergie consommée dans les bureaux japonais servait au conditionnement de l'air (Yoshida, 2006). Avec la climatisation de plus en plus fréquente des bâtiments, les quantités d'énergie destinées au conditionnement de l'air et les émissions de CO_2 associées augmentent rapidement.

Pour contribuer à réduire les besoins en énergie des climatiseurs, le fabricant japonais Yokogawa Electric a mis au point une nouvelle technologie, appelée Econo-Pilot, dont le principe est de contrôler de façon intelligente la pression à laquelle l'eau est pompée dans les systèmes de climatisation. Comme cette innovation peut être appliquée aux systèmes existants, sans nécessité d'achat de nouveaux appareils de climatisation, elle a permis de réaliser facilement d'importantes économies d'énergie. Elle a fait l'objet d'une large mise en œuvre dans des usines, des hôpitaux, des hôtels, des supermarchés et des bureaux (voir la figure 2.3).

Figure 2.3. Contrôleur Econo-Pilot destiné à minimiser la consommation des pompes à eau de climatiseurs



Source : Yokogawa Electric Corporation.

D'une puissance de traitement comparable à celle d'un ordinateur personnel, le contrôleur calcule la pression minimale requise en fonction des variations du débit. Le contrôle de la pression par l'Econo-Pilot diminue l'énergie excédante consommée lorsque la pression élevée est maintenue en continu et réduit donc de manière significative la consommation de l'électricité par la pompe. Dans bien des cas, la baisse de la consommation d'électricité annuelle peut atteindre 90 %. Le pourcentage exact dépend bien sûr de plusieurs facteurs dont le type d'appareil de climatisation en place et le type de système utilisé pour contrôler la pompe avant l'installation d'Econo-Pilot.

À l'origine de l'éco-innovation de Yokogawa figurent les engagements publics de l'entreprise en matière de lutte contre le réchauffement planétaire et de respect des exigences de gestion environnementale de la certification ISO 14001, par l'atteinte d'objectifs d'amélioration annuels. La durée de la récession qu'a connue le Japon a fortement incité les consommateurs à réaliser des économies dans le domaine de l'énergie, mais les propriétaires immobiliers n'étaient pas financièrement capables de procéder à un vaste renouvellement des équipements. Dans ces conditions, Yokogawa a jugé opportun de trouver un moyen de réduire radicalement les coûts sans nécessiter de mise de fonds importante.

Compte tenu des recherches indiquant que la moitié de la consommation énergétique totale d'un bâtiment est imputable à sa climatisation, l'entreprise a cherché à créer un moyen simple, peu coûteux et sans risque d'éliminer les gaspillages d'énergie. Il en est résulté le produit Econo-Pilot qui peut être installé facilement et sans surcoût et permet à l'acheteur une baisse substantielle de sa consommation d'électricité.

La technologie à l'origine d'Econo-Pilot a été conçue par Yokogawa en partenariat avec Asahi Industries Co. et First Energy Service Company. Elle a été développée et testée dans le cadre d'un projet de recherche conjoint mis au point avec NEDO (Organisation pour le développement des énergies nouvelles et des technologies industrielles), un organisme public créé par le gouvernement japonais pour coordonner les activités de R-D de l'industrie, des universités et de l'État. NEDO effectue des recherches sur le développement de nouvelles technologies de production d'énergie ou de maîtrise de la consommation d'énergie, puis valide et met en application ces nouvelles technologies. Après les phases de démonstration et d'essai pilote, plusieurs fonctions ont été ajoutées à la technologie pour finaliser le produit.

La conception d'Econo-Pilot par Yokogawa s'apparente à la création d'une éco-innovation à partir d'avancées techniques. Cependant, à plus large échelle, il s'agit plutôt d'une modification des appareils de climatisation existants. En effet, le système Econo-Pilot s'installe sur des unités en

fonctionnement et, en tant que tel, ne constitue pas un moyen différent ou nouveau de refroidir l'air.

Les avancées éco-innovantes de Yokogawa ont aussi pris d'autres formes et suivi d'autres mécanismes, comme l'illustre l'engagement de l'entreprise qui l'a conduite, dans le cadre de la certification ISO 14001, à poursuivre ses améliorations écologiques de façon beaucoup plus ciblée. Pour développer sa technologie éco-innovante, l'entreprise a également mené avec d'autres entreprises des projets de recherche. De plus, ses engagements institutionnels, notamment auprès d'un organisme de recherche public, ont été essentiels aux phases de démonstration et d'essai pilote de la technologie.

Un meilleur recyclage des appareils électroniques – Sharp

Depuis quelques années, les affichages à cristaux liquides (LCD) remplacent les tubes cathodiques conventionnels dans un certain nombre d'appareils. En conséquence, un nombre croissant de LCD arrivent en fin de vie et la gestion de ces écrans usagés pose un problème environnemental de plus en plus sérieux. Les seules méthodes dont on dispose actuellement pour s'en débarrasser sont l'incinération ou la mise en décharge – deux options qui présentent des dangers à la fois sanitaires et environnementaux. L'incinération des écrans LCD émet des résidus et des composés volatils. Des recherches indiquent que beaucoup d'anciens écrans LCD de grande taille sont équipés d'un rétroéclairage à base de mercure qui présente un effet cumulatif toxique pour le corps humain et pour l'environnement. Pour les mêmes raisons, la mise en décharge est également dangereuse sur le plan écologique.

Aux États-Unis, seuls 18 % des 2.25 millions de tonnes de télévisions, téléphones portables et ordinateurs arrivés en fin de vie sont collectés pour être recyclés, les 82 % restants étant principalement mis en décharge[12]. Selon une étude de Stanford Resources (San Jose, Californie), plus de 2.5 milliards d'écrans LCD ont été mis au rebut en 2003 et l'augmentation annuelle est estimée à +15 %. Le besoin de technologies permettant d'atténuer leur empreinte environnementale se fait donc urgent.

En 2002, le fabricant japonais Sharp a lancé à l'échelle de toute son organisation un projet d'étude visant à développer une technologie de recyclage des téléviseurs et d'autres applications à écran LCD. Il a également défini des principes directeurs expliquant comment retirer en toute sûreté les rétroéclairages à base de mercure des télévisions et panneaux LCD. En 2007, Sharp a démonté des téléviseurs LCD de toutes tailles pour identifier les éventuels problèmes liés au démontage. À partir des connaissances obtenues, il a procédé à des études de faisabilité de concepts

de recyclage en 2008. La mise en route d'une chaîne sûre et efficiente de démontage et de recyclage de téléviseurs à écran plat s'est faite en avril 2009.

Sharp étudie également des technologies de récupération et de recyclage des matières plastiques. La société s'est lancée en 1999 dans le développement d'une technologie de recyclage en boucle fermée dont l'originalité tient au fait que le plastique récupéré à partir des téléviseurs, climatiseurs, réfrigérateurs et lave-linge est réintégré dans les pièces de nouveaux appareils électroniques de grande consommation destinés au marché japonais. Cette technologie a été mise en pratique en 2001, date depuis laquelle le groupe utilise chaque année de plus en plus de plastique recyclé. En 2008, la masse de plastique recyclé a ainsi atteint 1 050 tonnes, soit 100 % de plus qu'en 2005.

En partenariat avec Aqua Tech Co., Sharp a également mis au point une technique « maison » de récupération et de recyclage du métal rare indium contenu dans les électrodes transparents des écrans LCD. Le procédé est simple et utilise des composés chimiques communs, ce qui évite toute dépense énergétique importante. Le groupe a achevé des études de faisabilité sur un prototype à grande échelle, puis démarré effectivement son activité de récupération.

Tout en développant une technologie de recyclage, Sharp s'est associé à cinq autres entreprises[13] dans le cadre d'un projet collaboratif de collecte et de recyclage d'appareils électriques usagés. Les partenaires ont formé un consortium pour faciliter la collecte et la récupération des quatre types d'appareils mentionnés dans la loi japonaise sur le recyclage des appareils électroménagers (télévisions, climatiseurs, réfrigérateurs et lave-linge)[14]. Le consortium exploite aujourd'hui 190 sites dédiés à la collecte d'anciens appareils et 18 sites dédiés au recyclage. En 2005, quelque 1 300 000 appareils électroménagers Sharp ont été récupérés et recyclés grâce à ce dispositif. Dans le même ordre d'idée, Sharp et d'autres fabricants d'ordinateurs se sont associés à Japan Post Service Co. pour récupérer les PC mis au rebut de plus de 20 000 bureaux de poste du pays. Parallèlement à ses efforts au Japon, Sharp agit aussi à l'étranger : Sharp USA, Panasonic et Toshiba ont lancé un grand programme de recyclage national aux États-Unis. Depuis janvier 2009, les consommateurs ont accès à 280 sites de recyclage dans tout le pays et plusieurs centaines d'autres sites doivent ouvrir au cours des trois prochaines années.

Les activités éco-innovantes de Sharp visant à améliorer les taux de recyclage des divers appareils électroniques découlent en partie de l'engagement pris par l'entreprise de mettre la protection de l'environnement au premier plan de l'ensemble de ses activités, et de la stratégie mise en

place à cet effet. Cette « stratégie éco-positive » couvre quatre domaines : technologies, produits, exploitation et relations.

Dans le cadre du volet « produits » de sa stratégie environnementale, le groupe travaille au développement de procédés de recyclage des produits en fin de vie en s'appuyant sur trois objectifs : *i)* augmenter le taux de recyclage et viser l'absence totale de mise en décharge ; *ii)* améliorer l'efficience du dispositif de recyclage pour réduire les coûts de recyclage ; et *iii)* intégrer les technologies de recyclage au développement et à la conception des produits. Ces principes ont orienté une grande partie des efforts de R-D et des activités de collaboration que le groupe a déployés pour concevoir des programmes de recyclage ou des composants et produits électroniques.

Cependant, il est important de noter que les travaux de Sharp sur le recyclage ont également été fortement influencés par les réformes de la réglementation. La loi sur le recyclage des appareils électroménagers, entrée en vigueur en 2001, a poussé les grands acteurs japonais de l'électronique à construire des usines de recyclage ainsi que les infrastructures nécessaires à l'exploitation efficience de ces usines.

Les développements technologiques de Sharp pour améliorer ou permettre le recyclage de divers matériaux et composants peuvent essentiellement être considérés comme des modifications de procédés. En même temps, ces modifications de procédés ont été à l'origine d'un engagement plus actif du groupe dans des activités de recyclage éco-innovantes orientées vers d'autres objectifs et selon d'autres mécanismes. On citera à titre d'exemple la construction d'une infrastructure pour augmenter le recyclage.

Le partenariat du secteur électronique japonais avec Japan Post Service Co. destiné à collecter des équipements informatiques en fin de vie montre que l'entreprise s'investit également dans des dispositifs institutionnels éco-innovants. La même conclusion peut être tirée de la collaboration de Sharp avec d'autres sociétés d'électronique, à la fois au Japon et aux États-Unis, afin d'établir un réseau plus étendu de recyclage des appareils électriques.

Services de gestion d'impression – Xerox

En dépit de la multiplication des communications électroniques et des promesses de bureaux dématérialisés, les documents imprimés continuent de jouer un rôle majeur dans les activités quotidiennes de nombreuses entreprises. Les volumes imprimés augmentent chaque année depuis très longtemps, tout comme l'inefficience des travaux d'impression. Pour répondre à la demande des entreprises, qui souhaitent mieux contrôler les coûts et mieux gérer des parcs d'impression toujours plus complexes, le fabricant d'imprimantes Xerox a mis en place le service MPS (*Managed Print Services*). En fait, il s'agit pour Xerox de passer d'un modèle

économique traditionnel centré sur la vente d'imprimantes à un modèle axé sur la vente de services de documentation, en fournissant à ses clients des solutions personnalisées de gestion de leurs documents et de leur infrastructure d'impression.

Le modèle économique MPS s'articule autour d'un service de gestion des parcs d'impression à l'échelle de l'entreprise, destiné à réduire les coûts en minimisant la consommation électrique des imprimantes, en optimisant la maintenance des équipements et en réduisant les capitaux qu'immobilise la propriété des matériels. Xerox cherche aussi à centraliser l'administration des services d'impression afin de faciliter l'amélioration continue des infrastructures et d'aider ses clients à contrôler leurs coûts d'impression plus efficacement, par le biais d'un système de facturation à l'utilisation leur permettant de conserver la trace de toutes leurs dépenses d'impression. L'offre de services comprend quatre phases clés : évaluation, optimisation, déploiement et mise à niveau de maintenance.

La première étape du dispositif MPS consiste à calculer les « coûts en matériels » (matériels de copie ou d'impression par exemple) et les « coûts en consommables » (électricité, encre, support et maintenance par exemple). Pour cela, Xerox évalue les flux de travaux et de documents dans les bureaux et détermine le coût total des activités d'impression et des équipements possédés par le client. Xerox s'attache ensuite à identifier les principales possibilités d'amélioration, à détecter les matériels trop ou trop peu souvent utilisés et à identifier les dépenses superflues qu'il est possible d'éviter. La société conçoit ensuite un plan d'optimisation pour réorganiser l'espace de travail de la façon la plus efficiente possible, en termes de consommation d'énergie comme en termes de rendement. Parmi les solutions envisagées peuvent figurer le remplacement de matériels anciens par des matériels plus économes en énergie, ou la réduction et la redistribution des matériels existants dans un souci de simplicité et d'optimisation de l'utilisation. Xerox est responsable de chaque étape de la mise en œuvre du plan de mise à niveau, afin d'assurer la centralisation de la gestion et de la surveillance des équipements. L'entreprise a en outre la charge de la maintenance de tous les matériels et logiciels, du réapprovisionnement en consommables et de la surveillance continue destinée à vérifier que le parc d'impression est utilisé de la façon la plus productive et viable possible.

Xerox a également développé des logiciels pour améliorer la surveillance des imprimantes et des unités multifonctions en réseau. Ces logiciels envoient des rapports électroniques spécifiant le nombre de documents créés par chaque unité, les niveaux d'encre ou de toner, et les échéances des prochaines opérations de maintenance planifiée. Pour permettre à ses clients de prendre conscience de l'impact environnemental

des travaux d'impression et de surveiller cet impact, Xerox a créé un « calculateur de durabilité » qui mesure les quantités de déchets et les émissions de CO_2 générées par l'alimentation des imprimantes, des photocopieuses, des télécopieurs et des unités multifonctions. Ce calculateur permet aussi de comparer l'impact environnemental de différents travaux, par exemple l'impression simple et l'impression recto-verso, ou encore l'impression avec plusieurs types d'encre.

Parallèlement au système MPS, Xerox a conçu plusieurs technologies pour réduire les coûts et l'impact environnemental des travaux de copie et d'impression. Par exemple, la technologie « couleur encre solide » (*Solid Ink Colour*), qui supprime les cartouches des imprimantes laser, réduit de 90 % la quantité de déchets tout en diminuant les coûts et en rendant les imprimantes plus fiables. D'autres avancées concernent le toner : l'agrégation d'émulsion facilite le broyage des particules de toner et nécessite donc 40 % à 45 % de masse de toner de moins par page, tout en réduisant la consommation globale d'électricité de 15 % à 22 % par livre de toner fabriqué. Enfin, parmi les innovations les plus révolutionnaires, encore indisponibles sur le marché, citons le papier effaçable qui peut être réutilisé une fois que les images se sont effacées, 16 à 24 heures après leur impression.

Les entreprises sont désormais de plus en plus contraintes de réduire les coûts associés à leur infrastructure informatique. C'est dans ce contexte et en partie pour cette raison que Xerox a mis au point et propose sa solution spécialisée de gestion des parcs d'impression. En effet, les entreprises ont le plus souvent cherché à améliorer leurs réseaux, serveurs, capacités de stockage, solutions logicielles et ordinateurs, mais en oubliant de prendre en compte les infrastructures de copie et d'impression. Comme les activités d'impression et de copie sont, dans la plupart des entreprises, disséminées dans l'ensemble des entités et des sites, elles forment au sein de l'infrastructure informatique des îlots fragmentaires et indépendants, ce qui crée des débouchés commerciaux non négligeables. De fait, la plupart des entreprises sont incapables d'indiquer exactement combien d'imprimantes elles possèdent, combien de pages elles impriment chaque jour et combien les travaux d'impression leur coûtent au total. En conséquence, beaucoup d'entre elles possèdes des unités sous-utilisées ou obsolètes, et coûteuses à entretenir. Les coûts peuvent d'ailleurs être considérables si l'on tient compte de la consommation électrique, de la maintenance, du remplacement des têtes d'impression, de l'assistance technique, etc.

Un grand nombre d'éco-innovations de Xerox, à l'instar de la technologie de l'encre solide, trouvent leur origine au moins partiellement dans le nouveau modèle économique du groupe qui a essentiellement consisté à internaliser une part des coûts de copie et d'impression. En d'autres termes, moins les coûts d'installation, d'exploitation, de maintenance, d'assistance et de

remplacement sont élevés, plus l'entreprise peut espérer faire de bénéfices. C'est pour l'entreprise une raison importante de minimiser les flux de déchets, l'utilisation des matériels et la consommation électrique, et de concevoir des produits faciles à refabriquer et à recycler.

La démarche de Xerox et son offre de services de gestion de parcs d'impression constituent un exemple de modèle économique éco-innovant puisque les avantages environnementaux découlent de l'internalisation des coûts d'utilisation, de maintenance et de remplacement des unités de copie et d'impression, qui viennent s'ajouter aux coûts de fabrication des matériels eux-mêmes. Contrairement au modèle économique conventionnel de vente d'unités physiques de copie et d'impression, ce nouveau modèle s'articule autour du mécanisme éco-innovant de substitution que constituent les services de gestion de documentation.

Synthèse des initiatives prises dans le domaine de l'électronique

Le secteur de l'électronique a jusqu'à présent consacré la plupart de ses efforts en matière d'éco-innovation à la réduction de la consommation électrique. Cependant, avec la poursuite de la croissance de la consommation d'appareils électroniques, les entreprises cherchent de nouveaux moyens plus efficaces de gérer les déchets générés.

Comme les secteurs de l'automobile, des transports et de la sidérurgie, l'industrie électronique a centré la plupart de ses éco-innovations sur des améliorations technologiques prenant la forme de modifications ou de reconceptions de produits ou de procédés. Comme eux aussi, elle s'est appuyée sur un certain nombre de dispositifs organisationnels ou institutionnels éco-innovants. Certains de ces dispositifs sont, peut-être sans surprise, parmi les plus novateurs et les plus précurseurs en termes d'éco-innovation, et pourraient servir d'exemple pour l'avenir. Citons en particulier les groupes de discussion en ligne à très grande échelle qui ont permis à IBM de mettre à profit les idées innovantes et le savoir de milliers de personnes.

Des modèles économiques de substitution tels que la fourniture de solutions produits-services au lieu de produits physiques sont également de plus en plus souvent appliqués dans ce secteur, comme en témoignent les nouveaux services destinés à améliorer la gestion de la consommation d'électricité des centres de données ou des infrastructures de copie et d'impression.

Conclusions

Nous avons présenté dans ce chapitre des exemples de solutions éco-innovantes mises au point dans les secteurs de l'automobile et des transports, de la sidérurgie et de l'électronique, afin d'illustrer la façon dont l'éco-innovation s'inscrit dans l'activité des entreprises. Ces exemples ont été détaillés selon la typologie de l'éco-innovation développée au chapitre 1 (voir également la figure 2.1).

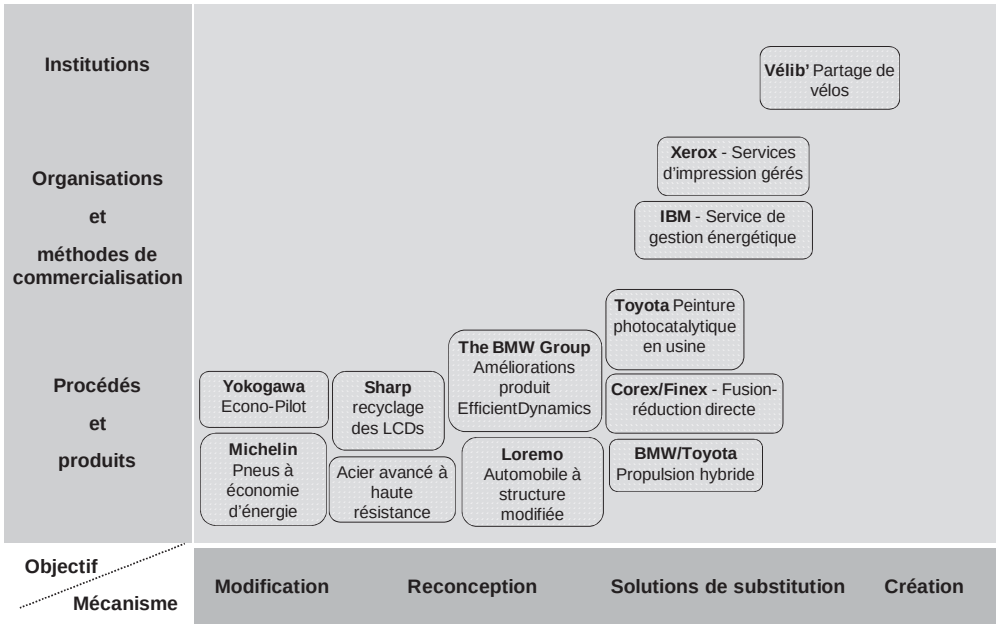
Les solutions éco-innovantes du secteur de l'automobile et des transports visent en général à réduire les émissions de CO_2 et d'autres polluants issus de la combustion des carburants, sous la pression des inquiétudes croissantes autour du changement climatique, et de la hausse de la demande de mobilité dans les pays en développement. La plupart des éco-innovations du secteur sont donc des améliorations technologiques de produits ou de procédés, qui prennent la forme de modifications ou de reconceptions. Toutefois, on voit aussi émerger des éco-innovations de nature organisationnelle ou institutionnelle fondées sur des moyens alternatifs ou nouveaux. Ces derniers types d'éco-innovations sont désormais pris en compte de façon plus explicite dans la stratégie de durabilité du secteur.

Le secteur de la sidérurgie est confronté à des difficultés d'approvisionnement en matières premières et au problème de son impact sur l'environnement. Dans ce contexte, les objectifs de l'éco-innovation ont principalement été des optimisations de produits ou procédés, selon des mécanismes qui tiennent généralement de la modification ou de la reconception. Cependant, le secteur prend aussi activement part à des dispositifs institutionnels innovants, par exemple avec les acteurs du secteur automobile ou divers instituts de recherche.

Dans le secteur de l'électronique, les premiers efforts en matière d'éco-innovation ont été orientés vers la phase d'utilisation des produits, et ont souvent été des modifications ou de reconceptions de ces produits visant à réduire leur consommation électrique. Ces activités ont été motivées par la forte exposition commerciale du secteur et ses liens directs avec les consommateurs, ainsi que par les inquiétudes croissantes concernant son impact environnemental. Poussé par la hausse de la consommation de matériels électroniques, le secteur s'intéresse davantage à la conception des produits et procédés et s'investit plus souvent dans des dispositifs institutionnels, notamment pour élargir les possibilités de recyclage. Certains acteurs du secteur ont également adopté des modèles économiques de substitution, et on a vu apparaître des dispositifs institutionnels de collaboration créatifs tels que les groupes de discussion en ligne à grande échelle.

Si ce chapitre montre bien la complexité des processus d'éco-innovation et de leurs caractéristiques, la figure 2.4 tente néanmoins de cartographier les exemples étudiés selon la typologie de l'éco-innovation.

Figure 2.4. Cartographie des principaux mécanismes et objectifs des exemples d'éco-innovation



Note : ce graphique n'indique que les objectifs et mécanismes principaux des exemples d'éco-innovation cités. Chaque initiative présentée a en fait bénéficié de plusieurs processus d'innovation appliqués à plusieurs objectifs et selon plusieurs mécanismes.

On peut dire de manière générale que la principale tendance des éco-innovations intervenues dans ces secteurs est la recherche d'évolutions ou d'avancées technologiques, et concerne le plus souvent des produits ou des procédés, en faisant appel principalement à des modifications ou des reconceptions. Toutefois, même si l'accent est mis fortement sur ces avancées technologiques, il est clair que différents changements – qui sont, dans les exemples pris dans ce chapitre, soit organisationnels, soit institutionnels – ont aussi été les moteurs de la progression de l'éco-innovation. Il s'agit par exemple de la création de divisions environnementales distinctes ayant pour mission de surveiller et d'améliorer les performances environnementales et d'orienter les travaux de recherche et développement, ou encore de la création de réseaux de recherche en collaboration entre plusieurs parties prenantes ou plusieurs secteurs.

Les solutions éco-innovantes prennent des formes très diverses, car les entreprises adoptent des démarches très variées pour penser et appliquer l'éco-innovation. C'est pourquoi il n'est pas toujours possible d'associer avec justesse une éco-innovation à un objectif et un mécanisme uniques. Au contraire, il semble plus judicieux d'analyser les éco-innovations à l'aide d'une matrice de caractéristiques allant de la modification à la création et s'appliquant aux produits, procédés, organisations ou institutions.

Compte tenu des facteurs en interaction les uns avec les autres et des perspectives associées à l'éco-innovation, la typologie de l'éco-innovation illustrée à la figure 2.1 peut être considérée comme une première tentative d'analyse plus systématique de l'éco-innovation. Elle constitue un point de départ méthodologique utile et propose une taxinomie commune en fonction de laquelle évaluer les activités éco-innovantes et poursuivre les travaux d'analyse.

Notes

1. Les exemples choisis résultent de l'axe sectoriel donné d'emblée à ce projet et à des travaux antérieurs de la Division de la politique structurelle menés sous l'égide du Comité de l'acier de l'OCDE. Les données proviennent pour l'essentiel d'une enquête par questionnaire conduite par l'OCDE auprès des entreprises entre juillet et septembre 2008 en coopération avec le Comité consultatif économique et industriel auprès de l'OCDE (BIAC) et le Groupe consultatif d'experts constitué pour ce projet. Elles ont été complétées par les apports de réunions de groupes de réflexion rassemblant des experts d'entreprises électroniques, automobiles et de transport organisées par l'OCDE au cours de la Conférence internationale sur la production durable qui s'est tenue en septembre 2008 à Rochester (État de New York), ainsi qu'à la DG Entreprises et industrie de la Commission européenne, à Bruxelles, en novembre 2008. D'autres éléments ont été tirés de sources publiques telles que des sites Internet et des rapports de durabilité environnementale d'entreprises. S'agissant du secteur sidérurgique, nous nous sommes principalement inspirés du rapport de l'OCDE sur les défis environnementaux de l'industrie élaboré pour le Comité de l'acier de l'Organisation (OCDE, 2007).
2. World Resources Institute (WRI), Climate Analysis Indicators Tool (CAIT), *http://cait.wri.org*.
3. Air Transport Action group (ATAG), *www.atag.org*.
4. Association du transport aérien international (IATA), *www.iata.org*.
5. Sur la base du test ISO effectué par l'organisme allemand TÜV SÜD Automotive en 2007 sur des pneus de cinq grandes marques, de dimensions 175/65 R14 et 205/55 R16, achetés dans le commerce.
6. Estimations tirées de *www.compteur-vert-michelin.com.*
7. Common Information to European Air (CITEAIR), *www.airqualitynow.eu.*
8. Entretiens personnels avec la Ville de Paris et JC Decaux.
9. Bien que Paris ait déployé des efforts importants pour mieux prendre en compte la pratique du vélo, par exemple en installant 400 km de pistes cyclables (600 km d'ici fin 2013), ses habitants n'ont pas de pratique bien établie ni de civisme en matière de cyclisme, et le développement rapide du Vélib' s'est révélé accidentogène. En outre, la société JC Decaux s'est plainte auprès de la Ville de Paris d'un vandalisme important et, partant, du niveau élevé des coûts d'entretien. La municipalité a enregistré 16 000 actes de vandalisme et 8 000 disparitions depuis le démarrage du dispositif en 2007 (Ville de Paris, 2009). Pour régler ces problèmes, elle a lancé une

campagne de sécurité routière fin 2008, ainsi qu'une campagne de lutte contre le vandalisme en mai 2009.

10. Les hauts fourneaux Martin-Siemens très polluants sont encore utilisés – ils représentent 2 % environ de la production mondiale – mais sont désormais obsolètes dans la plupart des pays.

11. Pour une description plus complète des défis environnementaux que doit relever le secteur de la sidérurgie, voir OCDE (2007).

12. US Environmental Protection Agency (EPA), « Statistics on the Management of Used and End-of-Life Electronics », *www.epa.gov/waste/conserve/materials/ecycling/manage.htm*.

13. Ces cinq entreprises sont Fujitsu General, Hitachi Appliances, Mitsubishi Electric, Sanyo Electric et Sony.

14. Cette loi impose aux fabricants et importateurs le recyclage des appareils de climatisation, postes de télévision, réfrigérateurs et lave-linge usagés. Elle exige aussi des détaillants qu'ils récupèrent ces appareils et les envoient au fabricant ou à l'importateur pour recyclage. Le consommateur est tenu d'acquitter une redevance finançant ces activités soit avant la mise au rebut de l'appareil usagé, soit au moment de celle-ci.

Bibliographie

American Iron and Steel Institute (AISI) (2005), « ULSAB-Advanced Vehicle Concepts (ULSAB-AVC) Recognized with Energy Efficiency Award », communiqué de presse, 13 octobre, AISI, Detroit, MI.

Chatterjee, A. (2005), « A critical appraisal of the present status of smelting reduction », Steel Times International, vol. 29, n° 5, p. 36-42.

Conseil mondial des entreprises pour le développement durable (WBCSD) (2008), IBM: Data center energy efficiency, Case study, WBCSD, Genève.

Davies, J. (2007), *Big Green: IBM and the ROI of Environmental Leadership*, AMR Research Report, AMR Research, Inc., Boston, MA.

Economist Intelligence Unit (EIU) (2007), *IT and the Environment: A New Item on the CIO's Agenda?*, EIU, Londres, *www-05.ibm.com/no/ibm/environment/pdf/grennit_oktober2007.pdf.*

Environmental Protection Agency, États-Unis (EPA) (2007), *Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency*, EPA, Washington, DC.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (2007), « Résumé à l'intention des décideurs », *in* B. Metz *et al.* (dir. pub.) *Bilan 2007 des changements climatiques : L'atténuation des changements climatiques, Contribution du Groupe de travail III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, Cambridge University Press, Cambridge, *www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-spm-fr.pdf*.

Gupta, S. K. (2004), *Corex Process: One of the dynamic routes for gel making with special reference to the success of JVSL*, Indian Steel Joint Plant Committee, Kolkata, *http://jpcindiansteel.nic.in/corex.asp*.

Institut international du fer et de l'acier (IISI) (2002), *Industry as a Partner for Sustainable Development*, IISI, Bruxelles.

IISI (2006), *Steel: The Foundation of a Sustainable Future Steel – Sustainability Report of the World Steel Industry 2005*, IISI, Bruxelles.

Kastner, W. (2007), « Next Generation Corex Technology », *Metals & Mining*, février, p. 24-25, Siemens VAI, Linz.

Mehta, S. N. (2006), « Server Mania », *Fortune*, 7 août, p. 69-75.

Michelin (2008), *Michelin Energy Saver : dossier de presse*, présenté au Salon international de l'automobile de Genève, mars, Genève.

OCDE (2006), « Present Policy Approaches to Reduce CO_2 Emissions in the Iron and Steel Sector », document de travail interne destiné au Comité de l'acier.

OCDE (2007), « Les défis environnementaux dans le secteur de la sidérurgie », document de travail interne destiné au Comité de l'acier.

Schipper, L. (2007), *Automobile Fuel Economy and CO2 Emissions in Industrialized Countries: Troubling trends through 2005/6*, EMBARQ, World Resources Institute, Washington, DC, *http://pdf.wri.org/automobile-fuel-economy-co2-industrialized-countries.pdf.*

Schipper, L., M. Cordeiro et W. Ng (2007), « Measuring the Carbon Dioxide Impacts of Urban Transport Projects in Developing Countries », article présenté lors de la 87e réunion annuelle du Transportation Research Board, 13-17 janvier, Washington, DC.

Ville de Paris (2009), « Un Vélib', ça se protège ! », 28 mai, Ville de Paris, France, *www.paris.fr*.

Wegener, D. (2007), « Emission reduction in industry and infrastructure will be driven mostly by energy savings », présentation au Siemens Media Summit, Siemens, Munich.

World Steel Association (worldsteel) (2008), An Advanced High-Strength Steel Family Car, Environmental Case Study: Automotive, WSA, Bruxelles, *www.worldsteel.org*.

Yoshida, Y. (2006), « Development of Air Conditioning Technologies to Reduce CO2 Emissions in the Commercial Sector », *Carbon Balance Management*, vol. 1, n° 12.

Chapitre 3

Suivre les performances : les indicateurs de la production durable

Les mesures aident les entreprises manufacturières à définir des objectifs spécifiques et à suivre les progrès accomplis en faveur d'une production durable. Le présent chapitre analyse les séries d'indicateurs existantes qui les aident à suivre et étalonner leur performance environnementale. Il n'existe pas de série idéale d'indicateurs capable de couvrir tous les aspects que les entreprises doivent traiter pour faire évoluer leurs processus et procédés de production et leurs produits et services. Une panoplie adaptée d'éléments issus de séries existantes d'indicateurs pourrait les aider à se faire une idée plus complète et plus juste de l'impact qu'elles exercent au plan économique, environnemental et social tout au long de la chaîne de valeur et du cycle de vie des produits.

Introduction

Le concept de production durable, apparu comme un aspect du développement durable lors de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED) de Rio de Janeiro en 1992[1], est devenu ces dernières années l'un des éléments clés des stratégies d'entreprise. Nombreux sont les producteurs qui ont été confrontés à des mesures de réglementation environnementale toujours plus nombreuses, mais qui ont aussi réalisé des gains économiques en réduisant les ressources utilisées et la production de déchets, en gérant leurs processus de production de façon plus efficiente et en promouvant des produits et services respectueux de l'environnement.

Pour promouvoir la production durable et l'éco-innovation, les entreprises et les pouvoirs publics ont besoin de données qui leur permettent de bien appréhender les problèmes que posent les systèmes de production en place, de définir des objectifs précis et de mesurer les progrès réalisés. Leur désir de mesure se fonde sur l'affirmation selon laquelle dans un milieu d'affaires, « on ne peut gérer que ce que l'on peut mesurer ». Cela dit, il n'est pas forcément aisé de mesurer et de suivre les activités industrielles et commerciales au niveau pratique. En effet, le concept de développement durable est trop multiple pour se contenter de mesures quantitatives, et la mise en avant des aspects environnementaux et sociaux entre souvent en conflit avec les préoccupations classiques de croissance économique qui animent la puissance publique et le monde de l'entreprise.

Nous passons en revue dans ce chapitre les séries existantes d'indicateurs qui ont été mises à contribution pour aider les industriels et les entreprises à suivre et étalonner différents aspects de leur performance en vue de faire évoluer leurs processus de production et leurs produits ou services dans le sens d'un développement durable. Ce chapitre :

- Présente les séries d'indicateurs sur la production durable généralement utilisées par les entreprises et les associations professionnelles dans les secteurs de la fabrication.
- Analyse l'efficacité des séries d'indicateurs en termes d'instauration et de promotion de la production durable et de l'éco-innovation sur la base des critères définis.
- Fournit des informations générales sur la manière dont l'OCDE pourrait, en s'appuyant sur la présente analyse, contribuer à l'amélioration des indicateurs de production durable dans les pays de l'OCDE et les économies non membres.

La première section explique pourquoi les indicateurs sont nécessaires à l'exploitation des entreprises et au processus décisionnel de leur management. La section suivante classe les séries d'indicateurs, puis présente les caractéristiques de chaque catégorie assorties d'exemples pertinents et analysées en fonction de critères prédéfinis. Suivent la description d'utilisations actuelles de ces indicateurs dans l'industrie manufacturière, et des idées émises par les entreprises pour les faire évoluer, recueillies par l'entremise d'une enquête par questionnaire et de réunions de groupes. Le chapitre se termine sur une synthèse des indicateurs de la production durable.

Il convient de noter que nous nous limitons ici à la mise en œuvre d'indicateurs de la production durable dans l'industrie manufacturière (il s'agit donc d'indicateurs de la fabrication durable), même si la taxinomie et l'analyse des séries existantes d'indicateurs peuvent s'appliquer à d'autres secteurs économiques. L'accent est par ailleurs mis sur les aspects environnementaux de la production durable.

Contribution des indicateurs à la production durable

Fonction des indicateurs

Compte tenu de la complexité des questions gérées dans les organisations, il est nécessaire de disposer de méthodes les représentant à l'aide d'unités de mesure simples, pour permettre une prise de décision opportune. Ces informations condensées sont appelées indicateurs (Olsthoorn *et al.*, 2001). La température du corps est un exemple d'indicateur que nous utilisons régulièrement, car elle fournit des informations essentielles sur notre état physique. Dans le même ordre d'idées, les indicateurs fournissent des informations sur les phénomènes jugés caractéristiques ou essentiels pour la teneur des problèmes visés.

Les entreprises se servent d'indicateurs pour établir des objectifs, puis suivre l'avancement de leur réalisation. Leur interprétation est plus facile s'il s'avère possible de fixer des objectifs aux indicateurs eux-mêmes, car les décideurs peuvent alors mieux visualiser les actions qu'ils vont devoir privilégier. Au-delà de données simples, les indicateurs peuvent illustrer des tendances ou des relations de cause à effet entre différents phénomènes. Généralement, ils poursuivent les trois grands objectifs suivants :

- **Faire mieux connaître et comprendre** : les indicateurs sont utiles pour décrire l'état initial et actuel (le nombre ou l'importance de quelque chose, par exemple) d'un système et ses performances. Ils peuvent constituer le langage commun permettant de décrire un système particulier, nécessaire à une communication claire et efficace entre les parties intéressées (McCool et Stankey, 2004).

- **Éclairer la prise de décision** : les indicateurs aident à prendre des décisions et font basculer l'analyse dans un mode diagnostique, car ils peuvent être une source d'indications immédiates sur la performance. Ils peuvent faire apparaître quelles analyses complémentaires pourraient permettre de mieux comprendre un phénomène. Par exemple, il se peut qu'un changement observé constitue une aberration ou provient d'un changement systémique : dans un cas comme dans l'autre, il faudra conduire d'autres actions de surveillance et de recherche pour en comprendre les causes sous-jacentes.

- **Mesurer les progrès accomplis vers la réalisation des objectifs fixés** : les indicateurs permettent de mesurer l'efficacité des actions destinées à faire évoluer un système vers un état plus souhaitable. Par exemple, si la température du corps baisse après la prise d'un médicament, nous en concluons qu'il a été efficace contre la maladie. Pour atteindre cet objectif, les indicateurs doivent permettre d'évaluer les relations de cause à effet.

Émergence d'indicateurs de la production durable

Au cours des dernières décennies, des indicateurs de développement durable ont été élaborés à l'échelon mondial, régional, national et local. Ils aident les responsables politiques et le grand public à comprendre les liens et les compromis entre les valeurs économiques, environnementales et sociales, et ainsi à évaluer les implications à long terme des décisions et des comportements du moment, mais aussi à suivre les progrès accomplis dans la réalisation des objectifs de développement durable par comparaison avec les conditions et tendances initiales définies.

Alors que le comportement des entreprises par rapport au développement durable était par le passé essentiellement dicté par les pouvoirs publics, certaines d'entre elles ont commencé à prendre conscience des possibles avantages commerciaux, notamment concurrentiels, que comportait l'adoption d'une approche plus réfléchie et anticipative par rapport au développement durable. La compréhension et la gestion des performances environnementales et sociales sont indispensables pour que les entreprises parviennent à un développement durable ; elles devraient donc constituer pour chacune d'elles un atout essentiel de la compétitivité. Simultanément, après une série de scandales imputables à des entreprises (déversements d'hydrocarbures, ateliers clandestins, etc.), l'opinion publique a exercé sur ces dernières une pression considérable pour qu'elles témoignent de plus de transparence et soient davantage comptables de leurs activités. Les actionnaires deviennent par ailleurs de plus en plus prompts à exiger des informations non financières concernant les activités industrielles et commerciales des entreprises. L'idée selon laquelle les organisations doivent être tenues responsables de leurs

impacts sur l'économie, l'environnement et la société est souvent désignée par le terme « responsabilité sociale des entreprises » (RSE).

Le besoin de méthodes permettant de mesurer de manière objective et d'évaluer la performance des entreprises en termes d'environnement et de développement durable se fait de plus en plus sentir. Une fois que les entreprises ont reconnu la nécessité d'intégrer le développement durable, il leur faut apprendre comment l'instaurer. L'élaboration d'indicateurs de durabilité se rapportant aux produits ou services et aux processus de production est un bon moyen pour elles d'inclure l'objectif de développement durable dans le processus décisionnel de gestion (Schwarz *et al.*, 2002). Une meilleure compréhension des liens entre la performance en matière de développement durable, la compétitivité et le succès commercial de l'entreprise pourrait aider les organisations à but lucratif à concrétiser un potentiel de « triple gain » (Schaltegger et Wagner, 2006).

Les séries existantes d'indicateurs de la production durable

Catégories d'indicateurs et critères d'examen

Un certain nombre d'entreprises manufacturières ont déjà commencé à utiliser quelques séries d'indicateurs pour évaluer l'état et suivre les progrès de leurs activités (sites/installations, produits/services) et de leur management (entreprise toute entière) vers la mise en œuvre et la promotion d'une production durable. Ces séries d'indicateurs ont été élaborées par diverses entités – pouvoirs publics, associations industrielles et organisations non gouvernementales (ONG) – et de nombreuses entreprises ont également élaboré leurs propres séries d'indicateurs conformément à leurs besoins. De ce fait, il existe une multitude et une grande variété de séries d'indicateurs de production durable dans le monde[2]. Cependant, il ne semble pas que ces séries aient fait l'objet d'une taxinomie exhaustive.

Dans sa définition des indicateurs environnementaux, l'OCDE (2005) opère une distinction entre *paramètre*, *indicateur* et *indice*[3]. En réalité cependant, la plupart des entreprises combinent divers paramètres et indicateurs et les utilisent comme un tout afin de comprendre l'état et l'évolution de leur performance en matière de développement durable. Pour permettre l'analyse de l'emploi des différents outils de mesure par les entreprises, nous abordons dans ce chapitre tous les types d'applications de mesure, sous le terme « séries d'indicateurs ». En nous appuyant sur une multitude de séries d'indicateurs tirées d'informations accessibles au public, notamment les ouvrages scientifiques et les rapports annuels de sociétés, nous avons identifié les catégories suivantes (tableau 3.1) :

Tableau 3.1. Séries d'indicateurs de production durable

Catégorie	Description	Indicateurs similaires ou exemples
Indicateurs ponctuels	Mesure isolée d'aspects spécifiques	Jeu de base d'indicateurs Jeu minimal d'indicateurs
Indicateurs clés de performance (ICP)	Nombre limité d'indicateurs servant à mesurer des aspects essentiels définis en fonction des objectifs organisationnels	
Indices composites	Synthèse de groupes d'indicateurs ponctuels exprimée par seulement quelques indices	
Analyse des flux de matières (AFM)	Mesure quantitative des flux de matière et d'énergie dans un processus de production	Bilan matières Analyse des entrées/sorties Comptabilité matières Exergie ; MIPS ; sac à dos écologique
Comptabilité environnementale	Calcul des coûts et avantages liés à l'environnement de manière similaire à un système comptable	Comptabilité de la gestion environnementale Évaluation des coûts complets Analyse coûts-avantages Comptabilité analytique du flux des matières
Indicateurs d'éco-efficience	Rapport entre les impacts sur l'environnement et la création de valeur économique	Facteur
Analyse du cycle de vie (ACV)	Mesure des impacts sur l'environnement de toutes les phases de production et de consommation d'un produit/service	Bilan carbone Empreinte eau
Indicateurs d'établissement de rapports de développement durable	Série d'indicateurs délivrant des informations de performance non financières aux actionnaires	Lignes directrices de la GRI *Carbon Disclosure Project*
Indices d'investissement socialement responsable (ISR)	Indices définis et utilisés par les milieux financiers pour comparer les performances des entreprises en matière de développement durable	Indices de durabilité Dow Jones FTSE4Good

- Indicateurs ponctuels.
- Grands indicateurs de performance (ICP).
- Indices composites.
- Analyse des flux de matières (AFM).
- Comptabilité environnementale.
- Indicateurs d'éco-efficience.
- Analyse du cycle de vie (ACV).
- Indicateurs d'établissement de rapports de développement durable.
- Indices d'investissement socialement responsable (ISR).

Cette classification s'attache à la façon dont les entreprises peuvent organiser les données et les mesures de manière à comprendre la performance globale de leurs processus de fabrication et de leurs produits ou services. Les catégories ci-dessus ont été choisies pace qu'elles : *i)* sont axées sur la production durable dans les industries manufacturières ; *ii)* sont utilisées concrètement par de nombreuses entreprises ; et *iii)* ne s'appuient pas fortement sur une autre série d'indicateurs. Cette classification est essentiellement fondée sur la manière dont les entreprises nomment différentes séries d'indicateurs et les différencient d'autres séries d'indicateurs aux caractéristiques différentes.

La section ci-après décrit les principales caractéristiques de chaque catégorie de séries d'indicateurs, et propose des exemples d'application dans différents encadrés. Chaque catégorie fait l'objet d'une analyse détaillée permettant d'évaluer sa capacité à instaurer et promouvoir des pratiques de production durable dans l'entreprise. Chaque entreprise évolue dans un cadre unique. Aussi, pour garantir une analyse objective, nous avons identifié les critères de référence qu'il convient d'ordinaire de rechercher au sein des entreprises souhaitant utiliser des séries d'indicateurs :

- **Comparabilité pour l'évaluation externe.** Les entreprises font face à une concurrence acharnée et doivent obtenir de meilleurs résultats que leurs concurrentes et que la moyenne de leur secteur, et améliorer leurs performances dans la durée. En l'absence de références, elles appréhendent mal à quel point elles soutiennent la comparaison avec leurs concurrentes (Matthews et Lave, 2003). Ceci s'applique également à la performance environnementale en matière de durabilité. En fait, l'absence de mesures communes concernant la production durable a entravé l'adoption et la diffusion de pratiques de production durable (OCDE, 2006). Certaines entreprises ont fixé leurs propres références pour

pouvoir s'améliorer en permanence. Or ces références ont tendance à être adaptées à chaque entreprise et peuvent ne pas autoriser de comparaison au sein d'un même secteur ou d'un secteur à l'autre. Une étude récente démontre que la comparabilité est la caractéristique la plus importante pour les indicateurs de performance environnementale. Les investisseurs, les communautés locales et les consommateurs ont de plus en plus besoin d'indicateurs de durabilité normalisés comparables permettant de procéder à des comparaisons entre les différentes entreprises et les différents produits ou services (Veleva et Ellenbecker, 2001).

- **Applicabilité par les PME.** S'agissant des petites et moyennes entreprises (PME), il faut que les indicateurs de la production durable soient faciles à appliquer en termes de coût et de travail de collecte des données, mais aussi faciles à comprendre et utiliser. Les industriels de la chaîne d'approvisionnement sont en grande majorité des PME, qui sont généralement beaucoup moins susceptibles de s'engager dans des programmes d'amélioration environnementale que les entreprises plus grandes. Une enquête auprès d'un groupe représentatif de PME australiennes montre que les PME ont tendance à considérer les questions environnementales comme un coût potentiel et non comme des opportunités de marché. Elles ont aussi tendance à prendre des mesures en faveur de l'environnement uniquement lorsque les autorités les menacent de leur infliger des amendes, et elles réagissent généralement avec des techniques de lutte contre la pollution de bout de chaîne (Rao *et al.*, 2006). Nombre d'entre elles n'ont pas établi de systèmes d'indicateurs à cause d'un manque de ressources (finances, personnel, temps, connaissances techniques), mais aussi faute de motivation et de prise de conscience.

- **Utilité pour la prise de décision par le management** : les indicateurs de production durable doivent pouvoir fournir des informations utiles et adaptées à la prise de décision par le management. Il faut pour cela que les indicateurs soient faciles à interpréter et comprendre, et soient utiles à la prise de décision parce qu'ils reflètent les objectifs et les mécanismes de l'organisation. De la même manière, les indicateurs peuvent servir à évaluer les résultats obtenus par l'équipe de direction.

- **Efficacité pour l'amélioration opérationnelle** : les indicateurs de production durable doivent également pouvoir délivrer des informations traduisant une amélioration au niveau opérationnel, c'est-à-dire au niveau des processus de production et de la création de produits et de services. Cela nécessite une intégrité des informations relatives à toutes les opérations importantes. Lorsqu'ils aident à comprendre le fonctionnement quotidien, les indicateurs peuvent guider les améliorations. Ce critère

suppose par ailleurs clarté et rapidité dans la mise en œuvre des améliorations possibles.

- **Possibilité d'agrégation et de normalisation** : cette caractéristique suppose que l'on puisse superposer les indicateurs sous une forme normalisée, afin que les informations collectées au niveau du processus de production, d'un site ou d'une entreprise puissent être utilisées à des niveaux plus larges, notamment à l'intérieur d'un secteur, au sein d'un pays ou autour du globe. Les données réunies en unités superposables peuvent être agrégées pour comparer et évaluer divers aspects des entreprises. Comme les chaînes d'approvisionnement englobent des périmètres successifs (sites, entreprises, pays), des indicateurs cumulables seraient également utiles pour évaluer les effets tout au long de la chaîne de valeur.
- **Efficacité de la recherche de produits et solutions innovants.** Dans le contexte de l'éco-innovation, l'idéal serait que les séries d'indicateurs permettent aussi aux entreprises de trouver, pour faire face aux différents enjeux écologiques, davantage de produits et de solutions innovants. La comparaison de résultats expérimentaux et les données amassées peuvent révéler quels sont les produits et solutions les plus durables.

Analyse des séries d'indicateurs : caractéristiques et efficacité

Indicateurs ponctuels – la mesure d'éléments isolés

Une série d'indicateurs ponctuels est une simple compilation d'indicateurs mesurant divers aspects du développement durable soit de manière quantitative par des unités standard telles que le dollar ou l'euro, le gramme ou la tonne, le litre ou le mètre cube, ou encore des taux (pourcentages), soit de manière qualitative à l'aide de descriptions. Ces indicateurs mesurent des aspects isolés du système tels que la quantité d'eau utilisée, la consommation d'énergie, la production de déchets et le taux de recyclage. Chaque indicateur est indépendant et référencé séparément. C'est cette série d'indicateurs que les entreprises emploient le plus couramment lorsqu'elles commencent à élaborer et appliquer des indicateurs de développement durable pour chaque site ou entité. On peut également appliquer une série d'indicateurs ponctuels à un secteur, à un pays ou à la planète.

Tableau 3.2. Exemples d'indicateurs ponctuels

Indicateur de performance opérationnelle (IPO)	Indicateur de performance de management (IPM)	Indicateur de condition environnementale (ICE)
Matières premières utilisées par unité de produit (kg/unité)	Coûts environnementaux ou budget environnemental (USD/an)	Concentration de contaminants dans l'air ambiant ($\mu g/m^3$)
Énergie utilisée chaque année par unité de produit (MJ/1 000 l de produit)	Pourcentage d'objectifs environnementaux atteint (%)	Fréquence des smogs photochimiques (par an)
Énergie conservée (MJ)	Nombre de salariés formés (% de formés/nombre à former)	Concentration de contaminants dans les eaux souterraines ou de surface (mg/l)
Nombre de situations d'urgence ou d'arrêts non prévus (par an)	Nombre de constats d'audit	Variations du niveau des eaux souterraines (m)
Nombre d'heures de maintenance préventive (par an)	Nombre de constats d'audit pris en compte	Nombre de colibacilles par litre d'eau potable
Consommation moyenne de carburant de la flotte de véhicules (l/100 km)	Temps passé pour corriger les constats d'audit (heures-homme)	Concentration de contaminants dans les sols de surface (mg/kg)
Pourcentage du produit recyclable (%)	Nombre d'incidents écologiques (par an)	Terres contaminées réhabilitées (hectares/an)
Production de déchets dangereux par unité de produit (kg/unité)	Temps passé à réagir aux incidents écologiques (heures-homme par an)	Concentration de contaminant dans les tissus d'une espèce locale donnée ($\mu g/kg$)
Rejets de polluants spécifiques dans l'atmosphère (tonnes de CO_2/an)	Nombre de plaintes du public ou de salariés (par an)	Population d'une espèce animale donnée dans une zone déterminée (par m^2)
Bruit mesuré en un point donné (dB)	Nombre d'amendes ou d'avis d'infraction (par an)	Hausse de la prolifération d'algues (%)
Eaux usées rejetées par unité de produit (1 000 l/unité)	Nombre de fournisseurs contactés à propos du management environnemental (par an)	Nombre d'admissions hospitalières pour asthme durant la saison des smogs (par an)
Déchets dangereux éliminés grâce à la prévention des pollutions (kg/an)	Coût des projets de prévention des pollutions (USD/an)	Nombre de poissons morts dans un cours d'eau donné (par an)
Nombre annuel de jours durant lesquels les limites de rejets dans l'atmosphère sont dépassées (jours/an)	Nombre de cadres chargés spécifiquement de responsabilités environnementales	Plombémie des salariés (μg/100 ml)

Source : Putnam et Keen (2002), « ISO 14031: Environmental Performance Evaluation », projet soumis au *Journal of the Confederation of Indian Industry*, Altech Environmental Consulting, Toronto.

Encadré 3.1. Jeu de base d'indicateurs ponctuels

Une série concrète standard d'indicateurs ponctuels de la production durable peut s'avérer utile. Ainsi, le *Lowell Centre for Sustainable Development* (LCSD) de l'Université du Massachusetts (UMass Lowell) propose un jeu de base de 22 indicateurs ponctuels pouvant être utilisés couramment par toute entreprise manufacturière. Ces indicateurs ne couvrent pas seulement des aspects environnementaux, mais aussi certains aspects sociaux, notamment les questions liées aux communautés locales et au travail :

Aspect	Indicateur	Unité de mesure	Niveau
1. Utilisation de l'énergie et de matières	(1) Consommation de déchets frais	litres	Niveau 2
	(2) Matières utilisées (total et par unité de produit)	kg	Niveau 2
	(3) Consommation d'énergie (total et par unité de produit)	kWh	Niveau 2
	(4) Pourcentage d'énergies renouvelables	%	Niveau 2
2. Environnement naturel (y compris santé humaine)	(5) Masse de déchets générés avant recyclage (émission, déchets solides et liquides)	kg	Niveau 2
	(6) Potentiel de réchauffement climatique	tonnes équivalent CO_2	Niveau 3
	(7) Potentiel d'acidification	tonnes équivalent SO_2	Niveau 3
	(8) Masse de polybromoterphényles (PBT) utilisés	kg	Niveau 3
3. Performance économique	(9) Coûts liés au respect des prescriptions EHS (par exemple amendes, obligations financières, indemnisation de salariés, traitement et mise au rebut de déchets, remise en état)	USD	Niveau 1
	(10) Taux de plainte des consommateurs et retours	nombre de plaintes/ retours par vente	Niveau 2
	(11) Ouverture de l'organisation aux examens par les parties prenantes et participation au processus décisionnel (échelle de 1 à 5)	chiffre (1 à 5)	Niveau 2
4. Développement local et justice sociale	(12) Dépenses des communautés locales et contributions caritatives en pourcentage des recettes	USD	Niveau 2
	(13) Nombre de salariés par unité de produit ou de vente en USD	nombre/USD	Niveau 2
	(14) Nombre de partenariats communautés locales-entreprises	nombre	Niveau 2
5. Travailleurs	(15) Taux de journées de travail perdues pour blessures et maladies	taux	Niveau 2
	(16) Taux des améliorations suggérées par les salariés pour la performance qualitative, sociale et EHS	nombre de suggestions par salarié	Niveau 2
	(17) Taux de rotation ou durée moyenne de service des salariés	taux (années))	Niveau 2
	(18) Nombre moyen d'heures de formation par an et par salarié	heures	Niveau 2
	(19) Pourcentage de salariés se déclarant tout à fait satisfait de leur travail (questionnaire)	%	Niveau 3
6. Produits	(20) Pourcentage de produits conçus pour être démontés, réutilisés et recyclés	%	Niveau 4
	(21) Pourcentage de produits biodégradables	%	Niveau 4
	(22) Pourcentage de produits auxquels s'applique une politique de reprise	%	Niveau 4

…/…

Encadré 3.1. Jeu de base d'indicateurs ponctuels *(suite)*

Le *Lowell Center* définit en outre une hiérarchie à cinq niveaux d'indicateurs liés aux principes de base de développement durable, qui donne aux organisations un outil permettant de mesurer l'efficacité de leurs efforts en la matière. Les niveaux inférieurs couvrent les éléments de base du développement durable. Si le niveau 1 concerne la conformité aux réglementations et normes industrielles, le niveau 2 mesure l'efficience et la productivité individuelles de l'entreprise. Aux niveaux 3 et 4, les entreprises doivent porter le regard au-delà des limites de leur propre organisation de manière à prendre en compte les impacts liés à leurs fournisseurs et distributeurs. Cette hiérarchie montre bien que l'élaboration d'indicateurs de production durable n'est pas statique, mais constitue plutôt un processus continu et dynamique de détermination d'objectifs et de mesure de la performance.

Source : Veleva et Ellenbecker (2001), « Indicators of sustainable production: framework and methodology », *Journal of Cleaner Production*, vol. 9.

La norme internationale ISO 14031 d'évaluation de la performance environnementale (EPE) fournit un processus normalisé pour mesurer la performance environnementale d'une organisation au regard de sa politique, de ses objectifs et de ses cibles en matière d'environnement, ainsi que d'autres critères, dans le droit fil de la norme ISO 14001 sur les systèmes de management environnemental. Cette norme prévoit également la classification de différents types d'indicateurs ponctuels. Elle distingue entre indicateurs des conditions environnementales et indicateurs de performances environnementales et subdivise ces derniers en indicateurs de performance de management et indicateurs de performance opérationnelle (Putnam et Keen, 2002). Le tableau 3.2 donne des exemples de ces indicateurs.

Le nombre d'indicateurs ponctuels utilisés n'est pas limité tant que les entreprises concernées jugent ce nombre approprié pour avoir un aperçu de leur performance en termes de développement durable. Cela étant, comme il peut falloir beaucoup de ressources pour mesurer un grand nombre d'aspects et s'avérer difficile de se faire une opinion objective et rapide, on peut retenir un petit nombre d'indicateurs ponctuels comme jeu de base ou minimal d'indicateurs (encadré 3.1).

Au plan de la comparabilité, ces indicateurs sont en principe inadaptés, car ils s'appliquent à un grand nombre de procédures routinières d'entreprise, et peuvent être créés suivant les besoins de chaque entreprise. Si un secteur s'accordait sur un jeu de base d'indicateurs, l'évaluation comparative des entreprises de ce secteur serait grandement facilitée.

Dans les PME, les indicateurs ponctuels sont les plus courants et peuvent aisément être utilisés pour l'évaluation interne. On peut les adopter sans procéder à l'analyse organisationnelle et aux calculs complexes qu'exigent les indicateurs clés de performance ou les indices composites. Toutefois, comme

les PME auraient du mal à réunir des données pour une grande quantité d'éléments, le nombre d'indicateurs doit être limité.

Du point de vue de la prise de décision par le management, les indicateurs ponctuels ne sauraient aider ce dernier à se faire une idée complète de la situation, car ils présentent de façon indépendante une large palette de données différentes. Pour que les indicateurs ponctuels servent aux décisions de la direction, il convient de limiter leur nombre et de préciser les questions prioritaires pour le management. Les indicateurs ponctuels ne permettent pas d'identifier les liens entre performance environnementale et résultats financiers, dont l'équipe de direction a généralement besoin pour décider des investissements en faveur de l'environnement.

Quant à l'amélioration au niveau opérationnel, les indicateurs ponctuels peuvent être utilisés uniquement pour l'amélioration d'un petit nombre d'aspects environnementaux. Comme les indicateurs sont suivis indépendamment les uns des autres, le fait qu'une amélioration dans un domaine puisse entraîner une dégradation dans d'autres domaines peut rendre cette question difficile à gérer.

Si les parties concernées (membres d'une association sectorielle, par exemple) s'entendent sur les unités des données et si le périmètre de l'organisation ainsi qu'un système permettant d'éviter le double comptage sont correctement fixés, les indicateurs ponctuels peuvent être utilisés pour l'agrégation et la normalisation des données.

S'agissant de la recherche de produits et solutions innovants, on peut utiliser les indicateurs ponctuels uniquement si les entreprises se concentrent sur quelques caractéristiques environnementales. Le fait de se concentrer sur un élément isolé pouvant entraîner une détérioration globale de la performance environnementale, il n'est pas conseillé d'utiliser des indicateurs ponctuels pour l'élaboration des produits et des processus.

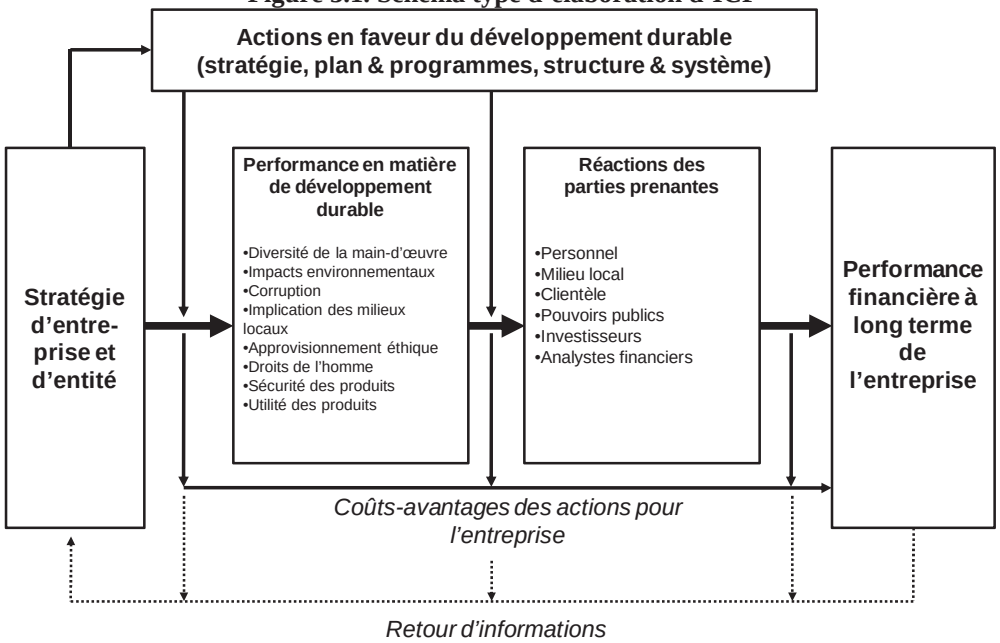
Indicateurs clés de performance – suivre l'état d'avancement des objectifs de l'entreprise

Les indicateurs clés de performance (ICP) forment un corps de mesures quantitatives et qualitatives, définies par l'organisation pour mesurer les progrès accomplis dans la réalisation de ses objectifs. Les ICP sont exprimés sous la forme de nombres ou de valeurs comparables à des cibles internes ou externes d'une évaluation comparative et sont destinés à donner une indication des performances de l'organisation. Ces valeurs peuvent être liées à des données collectées ou calculées dans le cadre d'un processus ou d'une activité quelconque (Ahmad et Dhafr, 2002). Les ICP se distinguent des autres séries d'indicateurs en ce qu'ils sont axés sur les objectifs de l'organisation. S'ils sont définis de manière appropriée, ils peuvent

constituer un outil de diagnostic intéressant pour découvrir quelles sont les mesures les plus efficaces. On peut choisir n'importe quel système de mesure pour illustrer les facteurs essentiels dans l'évaluation de la réussite de l'organisation. Les ICP sont en principe applicables à toute organisation désireuse d'améliorer ses performances en matière de développement durable. Ils peuvent varier selon la structure et la stratégie de l'entité.

Les ICP font le plus souvent appel à des considérations à long terme pour lesquelles il est nécessaire d'analyser la vocation de l'organisation et d'identifier ses parties prenantes et ses objectifs. Les ICP peuvent être utiles aux responsables devant gérer des questions complexes liées au développement durable. Une bonne compréhension des moteurs de la performance et des effets de cette dernière sur diverses parties prenantes peut contribuer à mieux intégrer l'information dans le travail décisionnel habituel et à institutionnaliser les préoccupations sociales dans l'ensemble de l'organisation (Epstein et Roy, 2001).

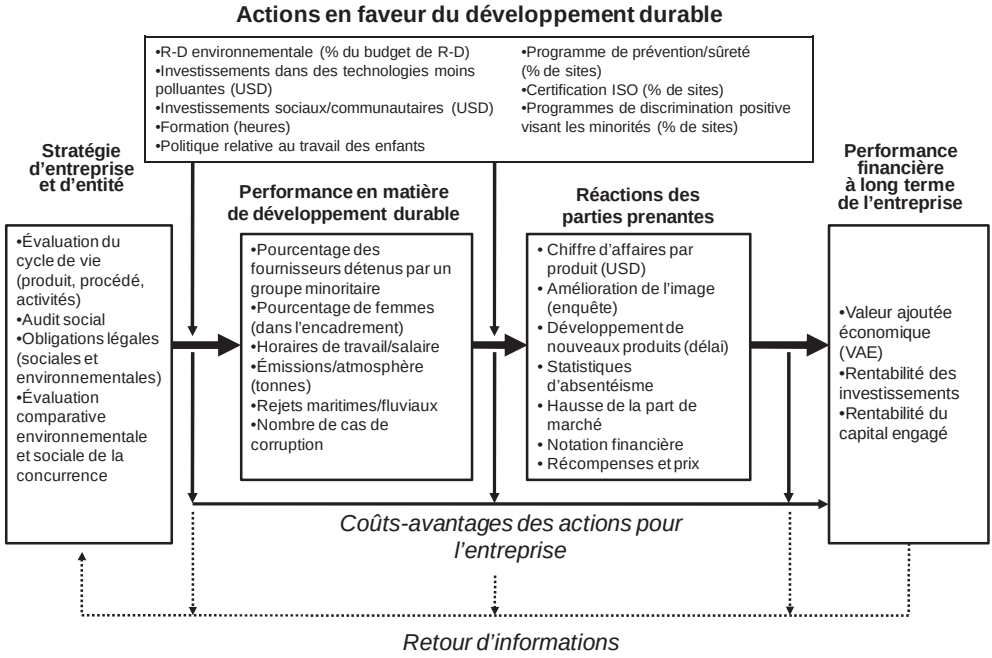
Figure 3.1. Schéma type d'élaboration d'ICP



Source : Epstein et Roy (2001), « Sustainability in action: identifying and measuring the key performance drivers », *Long Range Planning*, vol. 34.

Epstein et Roy (2001) présentent un schéma type d'élaboration d'ICP (figure 3.1) qui est axé sur les liens entre la stratégie et les actions de l'entreprise en faveur d'un développement durable, ses performances en la matière, les réactions des parties prenantes et les performances financières à long terme (encadré 3.2). Les auteurs proposent de définir des ICP dans chacun des cinq domaines cités, de sorte que l'entreprise puisse contrôler dans quelle mesure ses actions en faveur d'un développement durable peuvent le cas échéant renforcer le développement durable et améliorer sa performance financière. La figure 3.2 donne un exemple d'ICP élaborés à l'aide de ce modèle.

Figure 3.2. Exemple de série d'ICP établie à partir du modèle



Source : Epstein et Roy (2001), « Sustainability in action: identifying and measuring the key performance drivers », *Long Range Planning*, vol. 34.

En termes de comparabilité pour l'évaluation externe, les ICP ne sont pas adaptés, car ils sont le plus souvent personnalisés pour les besoins de chaque entreprise à partir d'une étude systémique portant sur la mission de l'organisation, ainsi que les attentes et objectifs des parties prenantes. Ils ne pourraient convenir à une évaluation comparative externe que si un groupe d'entreprises ou un secteur industriel avec des structures organisationnelles, des missions, des parties prenantes et des stratégies similaires s'accordaient sur les caractéristiques des ICP à employer.

Encadré 3.2. Indice de durabilité du produit chez Ford Europe

Parmi les solutions adoptées pour faire face aux défis liés au développement durable, dont notamment le changement climatique, la dépendance pétrolière et la qualité de l'air, la filiale européenne de Ford a mis en place une nouvelle gestion de la conception de ses produits. Elle a ainsi élaboré l'indice de durabilité du produit (PSI) de Ford Europe, dans lequel divers aspects de la durabilité sont combinés en un système de mesures complet devant permettre d'organiser le développement des véhicules. Le développement des produits automobiles nécessite de très longs délais de mise en œuvre et les changements prennent plusieurs années à se propager, de leur acceptation jusqu'à leur lancement, en passant par la planification du cycle, le démarrage et le développement. C'est pourquoi l'élaboration des produits revêt chez les constructeurs automobiles une plus grande importance pour la prise de décision que dans d'autres industries. Le PSI a donc été soigneusement formulé de manière à refléter l'incidence globale des différentes caractéristiques des véhicules et à faire apparaître les compromis (par exemple entre le potentiel de réchauffement de la planète et le coût de possession sur l'ensemble du cycle de vie).

Les indicateurs du PSI sont les suivants :

- Potentiel de réchauffement de la planète (émissions de gaz à effet de serre tout au long du cycle de vie).
- Potentiel de qualité de l'air tout au long du cycle de vie [potentiel de création de smog tout au long du cycle de vie (composés organiques volatils, oxydes d'azote)].
- Matières écologiquement viables (utilisation de matières recyclées et naturelles).
- Substances d'usage restreint.
- Niveau de bruit extérieur d'un véhicule.
- Sécurité (piétons et passager).
- Capacités de transport (volume du coffre et nombre pondéré de sièges rapportés à la taille du véhicule).
- Coût de possession sur l'ensemble du cycle de vie (prix du véhicule + trois ans de carburant + coûts de maintenance + taxes + assurance – valeur résiduelle).

La mise en œuvre du PSI a suivi une démarche axée sur les processus. Dans les grandes entreprises complexes, il est primordial de clarifier le contexte organisationnel de manière à rendre les différents départements directement responsables des aspects de la durabilité susceptibles d'être influencés par leur domaine de responsabilité.

Source : Schmidt (2008), « Developing a Product Sustainability Index », dans *Measuring Sustainable Production*, OECD Sustainable Development Studies, p. 115-126, OCDE, Paris.

S'agissant des PME, le travail de préparation à l'analyse organisationnelle peut constituer un obstacle. Dans la pratique, les équipes dirigeantes des PME qui envisagent d'adopter des ICP comme outil de gestion trouvent souvent que les ICP sont trop onéreux et que la mesure exacte de la performance requise pour une entreprise donnée ou un objectif de processus donné est un exercice trop ardu. Comme les ICP sont généralement définis par rapport à des considérations à long terme, ils ne conviennent pas forcément aux PME, qui ont besoin quant à elles de changer fréquemment leurs structures, leurs modèles opérationnels et leur clientèle cible, ainsi que leurs stratégies. Néanmoins, il existe des possibilités de développer à l'intention des PME des ICP simplifiés facilitant leur compréhension de la performance globale.

Les ICP apportent à la prise de décision managériale des jalons quantifiables qui traduisent l'état d'avancement des objectifs et missions de l'organisation, et renseignent sur sa structure et ses mécanismes. Ils peuvent donc fournir à l'équipe de direction des informations adaptées à la prise de décision sur le long terme.

En termes d'amélioration opérationnelle, les ICP peuvent s'avérer moins efficaces dans la mesure où ils s'appuient sur un nombre restreint d'indicateurs qui, choisis pour leur aptitude à traduire les principaux enjeux organisationnels, manquent d'informations sur le niveau opérationnel. Lorsque des indicateurs de l'échelon opérationnel sont intégrés aux ICP, ces derniers peuvent s'appliquer à l'amélioration opérationnelle, comme on le constate chez Ford Europe (encadré 3.2).

Les ICP peuvent difficilement être agrégés ou normalisés, car ils sont spécialement conçus pour les besoins de chaque entreprise. Ils ne sont pas non plus obligatoirement adaptés à la recherche de produits ou de solutions innovants, car ils sont surtout conçus pour l'évaluation stratégique. Cela dit, lorsqu'ils intègrent des indicateurs de gestion fixant des objectifs en termes de produits et solutions innovants (nombre de produits dotés d'un label écologique, par exemple), ils peuvent inciter les salariés à trouver des idées innovantes et à les mettre sur le marché.

Indices composites – synthétiser des indicateurs pour faire passer un message unique

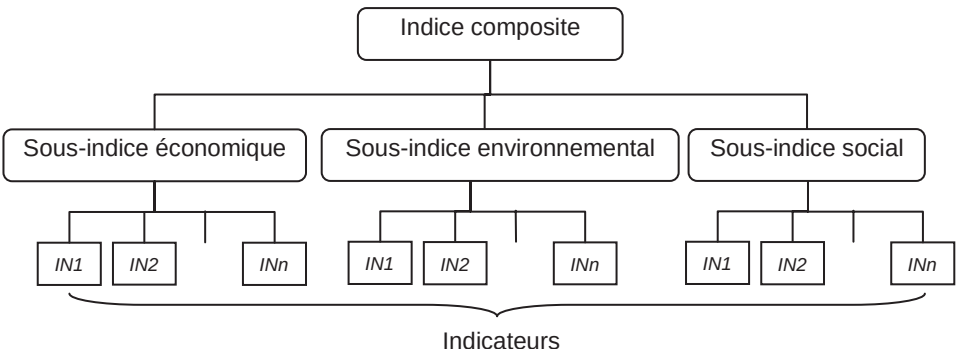
Les indices composites font la synthèse d'indicateurs ponctuels quantitatifs et qualitatifs pour retracer un phénomène complexe au moyen d'indices en nombre limité. Ces indices sont tout particulièrement efficaces pour présenter une grande quantité d'informations à la direction ou aux clients sous un format aisément compréhensible. Ils réduisent le nombre de statistiques et servent d'indicateurs résumés, ce qui permet d'interpréter et de

comparer rapidement des performances relatives[4]. L'élaboration d'un indice composite comprend généralement les étapes suivantes (OCDE, 2003) :

- Développement d'un cadre théorique pour l'indice composite.
- Identification et élaboration des variables pertinentes.
- Normalisation des variables pour permettre des comparaisons.
- Pondération des variables et groupes de variables.
- Réalisation de tests de sensibilité concernant la robustesse des variables agrégées.

On trouvera à la figure 3.3 un modèle d'indice composite de la performance en matière de développement durable (Krajnc et Glavič, 2005a ; 2005b). Il s'agit d'une procédure pas à pas consistant à grouper, pour chaque groupe d'indicateurs de durabilité, divers indicateurs de base en sous-indices. La combinaison des sous-indices permet d'obtenir les indices composites.

Figure 3.3. Structuration d'un indice composite



Source : Krajnc et Glavič (2005), « A model for integrated assessment of sustainable development », *Resources Conservation and Recycling*, vol. 43.

Les principaux problèmes relatifs à l'agrégation des indicateurs concernent la normalisation et la pondération. La normalisation de chaque indicateur est indispensable, car les indicateurs sont parfois exprimés en différentes unités. La note Z, méthode de normalisation la plus courante, convertit les indicateurs à la même échelle, avec une moyenne de 0 et un écart type égal à 1. Une bonne pondération des indicateurs est elle aussi essentielle, car elle équilibre la portée des différentes caractéristiques de durabilité, en tenant compte de toute une série de priorités stratégiques selon l'entreprise et le secteur.

Les indices composites peuvent convenir à l'évaluation comparative externe car ils fournissent des expressions à la fois simplifiées et quantifiées d'une combinaison plus complexe de plusieurs indicateurs. Ils peuvent être utilisés pour comparer et classer les entreprises au sein d'un secteur spécifique. Cela dit, l'élaboration d'indices composites suppose des consultations et des négociations interentreprises sérieuses portant sur la sélection et la pondération d'indicateurs objectifs.

En termes d'applicabilité aux PME, les étapes nécessaires à l'agrégation d'indicateurs pourraient faire obstacle. Les indices composites conviennent davantage aux secteurs capables de convaincre les entreprises membres de leur chaîne d'approvisionnement d'adopter des séries identiques d'indicateurs. La mise à disposition de logiciels facilitant la collecte et le traitement des données peut encourager les PME à choisir cette approche.

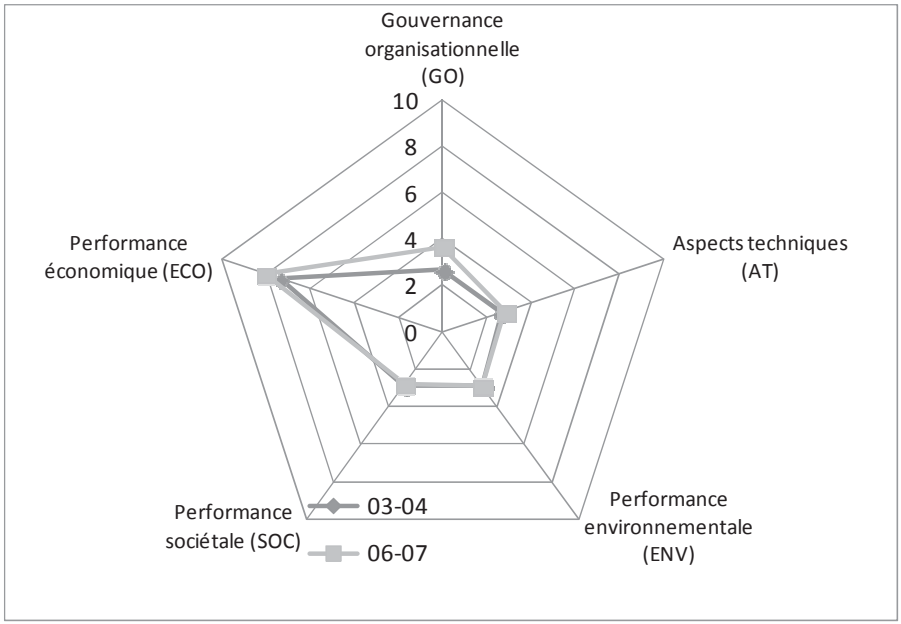
Les indices composites peuvent s'avérer utiles pour la prise de décision managériale car ils simplifient les informations issues d'un ensemble complexe d'indicateurs couvrant différents aspects de l'activité de l'entreprise. L'interprétation des indices composites et de leurs sous-indices est une tâche aisée pour les décideurs dès lors que ceux-ci n'ont pas à dégager eux-mêmes une tendance en se penchant sur de nombreux indicateurs ponctuels. Cependant, le fait de réduire le nombre d'indicateurs en condensant l'information comporte le risque d'erreurs d'interprétation, car les utilisateurs ne sont pas toujours conscients du champ d'application et des limitations de cette méthodologie indicielle et le message peut être faussé par des données lacunaires et par le mode de sélection et de pondération des indicateurs.

Pour ce qui est de l'amélioration au niveau opérationnel, les indices composites peuvent s'avérer efficaces s'ils combinent suffisamment d'informations sur les opérations. Par exemple, l'indice composite sectoriel présenté à l'encadré 3.3 a été spécialement élaboré pour démontrer la contribution de la sidérurgie au développement durable en termes tant de prise de décision managériale que de performance opérationnelle (Krajnc et Glavič, 2005b).

Une fois le consensus obtenu, les indices composites peuvent faciliter l'agrégation et la normalisation des données d'un secteur. Idéalement, ils peuvent faire apparaître les performances sectorielles aux côtés d'une évaluation comparative objective de chaque entreprise. Il est toutefois peu probable que l'on puisse utiliser ces indices pour l'agrégation et la normalisation des données hors du secteur.

Encadré 3.3. Indice composite de performance du secteur sidérurgique en matière de développement durable

Singh *et al.* (2007) évaluent l'efficacité d'un indice composite pour la sidérurgie en utilisant une étude de cas de la Steel Authority of India Limited (SAIL) dans l'aciérie Bhilai Steel Plant. En plus des trois piliers classiques de la performance, d'autres piliers tels que la gouvernance organisationnelle, ainsi que des aspects techniques, ont été pris en compte pour évaluer la performance des aciéries en matière de développement durable. Une enquête menée par des experts de différents domaines fonctionnels de l'entreprise sidérurgique a permis d'identifier, pour l'indice composite de performance en matière de durabilité, un cadre combinant 60 indicateurs de cinq catégories différentes. Son objectif est de proposer une méthodologie uniformisée permettant d'évaluer les entreprises sidérurgiques au moyen de comparaisons et d'autoriser ainsi une prise de décision efficace.



Le score total et les sous-indices des différents aspects de durabilité sont évalués en multipliant les poids totaux et en additionnant les valeurs des différents aspects étudiés. Ces scores sont normalisés sur 10 points en fonction des données réunies pour l'entreprise ; la valeur moyenne des données est évaluée pour chaque indicateur. Les valeurs réelles des différents sous-indices pour l'année d'évaluation sont portées sur les axes correspondants, le tracé reliant les points entre eux formant un nouveau polygone à cinq côtés.

Source : Singh (2008), « Developing a Composite Sustainability Index », dans *Measuring Sustainable Production*, OCDE, Paris.

À condition de choisir les indicateurs appropriés, on peut utiliser les indices composites pour favoriser la recherche de produits et solutions innovants. Cela étant, ils ne peuvent aider à élaborer des produits et solutions particuliers, sauf si les utilisateurs reviennent aux indicateurs et aux sous-indices initiaux avant agrégation. Ils peuvent en revanche souligner les possibilités d'amélioration et répondre aux nouveaux problèmes et pressions émergents (Krajnc et Glavič, 2005b).

Analyse des flux de matières – comptabiliser les intrants et les extrants de ressources

Depuis de nombreuses années, le recours à presque toutes les matières importantes s'est accru dans le monde entier, ce qui a conduit à se préoccuper régulièrement de la pénurie des stocks de ressources naturelles, de la sécurité énergétique et de l'impact environnemental (OCDE, 2008a). Forme particulière de l'analyse du bilan matières, l'analyse des flux de matières (AFM) a pour objectif de suivre le mouvement des matières de l'extraction à la fabrication, de l'utilisation dans un produit, à la réutilisation, au recyclage et à l'éventuelle mise au rebut, et de faire apparaître les effets sur l'environnement au cours de chacune de ces phases. Les études AFM peuvent porter sur l'ensemble de l'économie, sur des secteurs ou des entreprises, ou encore sur des matières, produits ou substances particuliers.

L'AFM permet d'observer que la mise en œuvre d'une certaine quantité de matières est nécessaire dans toute activité économique, et de s'interroger sur le fait de savoir si le flux de matières est écologiquement viable compte tenu du fardeau qu'il constitue pour l'environnement. L'AFM rend compte de toutes les matières et de toute l'énergie utilisées par la production et la consommation, et notamment des flux cachés de matières qui sont extraites au cours du cycle de production et ne font pas partie du produit final. L'ampleur de ces flux cachés est souvent supérieure à celle des flux des produits résultants.

En fait, l'AFM se compose de deux éléments essentiels. Premièrement, la comptabilité matières – système de comptabilité des matières exprimées quantitativement en unités physiques (tonnes, kilogrammes, etc.) – décrit le flux des matières extraites, produites, transformées, consommées et recyclées, ou encore mises au rebut ou rejetées dans l'air ou l'eau (Peele, 2005). La comptabilité matières englobe les intrants, les extrants et les accumulations de matières sous forme de stocks. Deuxièmement, les indicateurs de flux de matières – intrants matériels directs, ensemble des besoins matières et consommation totale de matières – sont dérivés des comptes précédents et font passer à un public de non-spécialistes des messages pertinents pour l'action publique sur l'importance des flux de matières dans les questions économiques et environnementales.

Au sein des entreprises, le bilan physique des intrants et des extrants est de plus en plus utilisé comme un élément des rapports de performance environnementale, et fournit d'importantes informations pour le management environnemental. L'AFM est utile pour suivre l'évolution de la productivité des ressources et de la performance environnementale au niveau de l'entreprise ou de l'usine. Elle contribue également à définir les stratégies de l'entreprise en matière d'investissements et d'émissions, et à surveiller la disponibilité des ressources essentielles et la vulnérabilité d'une entreprise ou d'une usine face aux perturbations de la chaîne d'approvisionnement. L'analyse des flux de matières industrielles particulières comme les métaux peut permettre de mieux comprendre des notions telles que la productivité des ressources et leurs liens avec la productivité du travail, le prix des matières premières et la compétitivité (voir encadré 3.4) (Bringezu, 2003).

Encadré 3.4. Intensité de matière par unité de service

Concept développé à l'origine par l'institut allemand Wuppertal dans les années 90, l'intensité de matière par unité de service (MIPS) mesure la masse totale de matières nécessaires en entrée pour créer une unité de service en sortie. La MIPS peut être appliquée à l'échelle de toute une économie, de différents secteurs d'une économie ou d'entreprises, ou encore à des produits et services isolés ou à des types de matières ou de catégories de matières, suivant une approche axée sur les problèmes ou sur les systèmes. La méthodologie MIPS a été conçue pour fournir « un indicateur simple de l'intensité de matière d'un produit ou d'un service ».

L'indice MIPS couvre toutes les entrées matières pour toutes les phases du cycle de vie du produit ou du service considéré, à savoir l'extraction des matières, la fabrication, le transport, l'utilisation, la maintenance et la fin de vie. La masse totale des entrées matières tout au long du cycle de vie est agrégée pour donner un score unique pour un produit donné, représenté par unité de service fournie par ce même produit. Les résultats d'une étude MIPS peuvent servir d'indicateur unique représentant l'intensité de matière pour les cinq catégories suivantes : matières premières abiotiques, matières premières biotiques, mouvements de sol dans l'agriculture et la sylviculture, eau, air.

Les points forts de la méthodologie MIPS résident dans le fait qu'elle prend en compte le large éventail des entrées matières d'un bout à l'autre du cycle de vie du produit et aussi dans le fait qu'elle procure un indicateur aisément compréhensible. L'un de ses défauts tient à ce qu'elle traite toutes les matières de la même manière et qu'elle ne rend donc pas compte des caractéristiques des flux de matières ou des incidences sur l'environnement de différents types de matières, de leur toxicité, de leur transport ou de leurs voies d'exposition. Elle ne prend pas davantage en compte la rareté ou l'abondance relative des matières.

Source : OCDE (2007), « A Study on Methodologies Relevant to the OECD Approach on Sustainable Materials Management », OCDE, Direction de l'environnement.

Encadré 3.5. Comptabilité analytique des flux de matières

La comptabilité analytique des flux de matières (MFCA[1]) est un outil de gestion élaboré en vue de réduire la consommation relative de ressources et les coûts matières. Elle est applicable aux industries de service comme aux industries manufacturières. Il s'agit de l'un des grands outils de la comptabilité de gestion environnementale, qui est destiné à une utilisation en interne au sein d'une organisation.

La MFCA permet de déterminer et de gérer les données de quantité et de coût concernant les pertes intervenues durant le processus de fabrication. Les produits finaux livrés résultant du processus de fabrication sont considérés comme des « produits positifs », alors que les émissions et les déchets en cours de fabrication sont considérés comme des « produits négatifs ». Les coûts matières associés aux produits négatifs – de transformation et de traitement des déchets – sont des « coûts produits négatifs ». En analysant la quantité de « produits négatifs » et en réduisant leur nombre, on peut réduire le fardeau et le coût environnemental.

Canon, fabricant japonais d'appareils photo et d'équipements optiques, a instauré la MFCA sur une ligne de fabrication dans une importante usine de lentilles optiques. Du point de vue de la comptabilité des coûts des flux de matières, les résidus de meulage des lentilles constituaient une perte matérielle. Dans le cadre d'un projet de MFCA conjoint entre Canon et ses fournisseurs de matières premières lancé en 2004, les deux parties s'attachent de concert à en réduire le fardeau et le coût environnemental. C'est ainsi qu'a été élaboré un nouveau verre plus fin qui réduit les résidus de meulage. Fort de ce succès, Canon déploie aujourd'hui la MFCA dans l'ensemble de l'entreprise. En 2006, les comptes environnementaux de Canon faisaient apparaître un investissement de 19.1 milliards JPY pour la protection de l'environnement, dont 5.8 milliards JPY concernant des améliorations destinées à retirer des avantages économiques de la protection de l'environnement. Cet investissement a généré 6.2 milliards JPY de bénéfices (Canon, 2007).

Le ministère japonais de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie (METI) a soumis la méthodologie MFCA au Comité technique sur le management environnemental de l'Organisation internationale de normalisation (ISO/TC 207) sous forme de proposition d'étude d'une nouvelle question (NWIP, *New Work Item Proposal*). En mars 2008, cette proposition a été acceptée et le groupe de travail 8 de ce Comité a été constitué avec pour mission d'élaborer une norme ISO dans un délai de trois ans.

1. La MFCA peut être considérée comme un hybride entre l'analyse des flux de matières et la comptabilité environnementale.

Source : (METI, 2008a), réponse du METI au questionnaire de l'OCDE sur les outils de la production durable.

L'identification des déchets est un aspect essentiel de l'AFM, qui permet de surveiller les déchets qui ne sont généralement pas pris en compte dans les analyses économiques classiques. C'est donc une méthode qui permet d'évaluer avec quelle efficacité les ressources matérielles sont utilisées. Le suivi des valeurs des matières et de leurs débits peut faire apparaître les points où se produisent des pertes de valeur et de matières (encadré 3.5). Même si l'AFM s'appuie en cela sur les données de production, de consommation et de vente, combinées aux statistiques environnementales, elle ne permet pas forcément l'analyse d'une entreprise en particulier.

L'« empreinte » écologique est une autre variante d'outil de gestion des ressources d'usage courant. Elle utilise l'analyse des entrées-sorties pour mesurer la superficie de terre et d'eau dont une population a besoin pour produire les ressources qu'elle consomme et pour absorber les déchets résultant des techniques courantes. Au niveau de l'entreprise, par exemple, SITA, une entreprise française de gestion de déchets, a créé un outil pour calculer l'empreinte écologique de la partie de ses activités consacrée à la collecte des déchets, et l'utilise pour trouver la manière de réduire son incidence écologique et d'accroître l'efficacité de ses actions, mais aussi pour communiquer avec ses clients (Wackernagel, 2008).

Au regard de la comparabilité pour l'évaluation externe, l'AFM est utilisable car elle est essentiellement destinée à fournir des informations générales agrégées sur la composition et les changements de la structure physique des systèmes. Les indicateurs fondés sur le flux des matières peuvent être agrégés à partir du niveau microéconomique. Dans ce cas, il est souhaitable de fixer les objectifs à comparer et de réajuster les dimensions et périmètres organisationnels au sein des entreprises ou des secteurs.

L'AFM peut s'appliquer aux PME, tout particulièrement lorsque l'analyse du bilan matières des procédures de fabrication est réalisée à l'aide de mesures de base, comme les intrants matières et la production de déchets. Cela étant, l'appui d'un expert peut être nécessaire pour identifier les flux cachés de matières en dehors des flux de matières concrets qui traversent l'entreprise.

L'AFM peut utilement servir la prise de décision managériale car les questions liées aux matières ont gagné en importance pour les responsables à la suite de la rapide augmentation du prix du brut et des matières premières ces toutes dernières années. L'AFM peut être plus efficace pour une prise de décision si elle est combinée à un calcul des coûts des matières, cette dernière mesure aidant à détecter les endroits où l'entreprise peut réduire les coûts (encadré 3.5).

S'agissant de l'amélioration opérationnelle, l'AFM peut être très utile pour identifier les moyens de réduire au maximum les entrées et sorties matières, ce qui peut renforcer considérablement l'efficience des processus de production.

L'AFM peut être utilisée avec profit pour agréger et normaliser les données, car elle a pour but principal la fourniture de renseignements agrégés sur la composition et les mutations de la structure physique. La comptabilité des flux matières à l'échelle de l'entreprise ou des installations peut être établie assez facilement, suivant la fin à laquelle ces informations sont utilisées. Les données de base peuvent être faciles à obtenir auprès de sources d'information internes. Le principal défi consiste à garantir un minimum de cohérence avec la comptabilité des flux matières aux niveaux mésoéconomique et macroéconomique (OCDE, 2008b).

L'AFM peut être largement utilisée pour la recherche de produits et solutions innovants, car elle aide à trouver la manière de réduire au maximum les entrées et les sorties matières pour la création des produits ou services. Si l'on dispose des références adaptées, l'AFM peut contribuer à souligner les possibilités d'amélioration et à répondre aux nouvelles questions et pressions émergentes.

Comptabilité environnementale – évaluer la rentabilité des investissements environnementaux

La comptabilité environnementale permet de mesurer de façon méthodique d'importants facteurs environnementaux en s'appuyant sur un système comptable courant (Jónsdóttir *et al.*, 2005). Dans le cas le plus simple, elle consiste à rendre les coûts liés à l'environnement plus transparents dans les plans et les rapports comptables de l'entreprise. C'est aussi un outil qui permet d'évaluer l'effet (économique et physique) des frais (investissement et charges) requis ou engagés pour la protection de l'environnement. Elle peut être appliquée à la gestion d'entreprise en vue de relier les questions environnementales à la comptabilité financière, et d'évaluer les possibilités de solutions « gagnant-gagnant » entre protection de l'environnement et rentabilité financière. Cette méthode peut aussi s'appliquer à l'échelon local et national.

Le concept de comptabilité environnementale a été introduit vers les années 90 dans le cadre d'une approche anticipative du développement durable. Il a fait recette auprès des entreprises ces dernières années, dans la mesure où l'identification et la conscience plus forte des coûts liés à l'environnement sont l'occasion de trouver des moyens de réduire ou d'éviter ces coûts, et d'améliorer la performance environnementale (Palme et Tillman, 2008).

Il est important pour le management d'identifier et de prendre en compte les coûts environnementaux associés à la production. Mais il n'est pas toujours très évident de savoir si un coût est « environnemental » ou non. Les coûts suivants sont de façon certaine de type environnemental : coûts liés à la mise en conformité aux réglementations environnementales et coûts de réparation des dommages causés à l'environnement. D'autres coûts sont des cas limites ou peuvent être considérés comme partiellement environnementaux. On peut par exemple juger que le coût d'un équipement de production est environnemental si l'équipement considéré s'inscrit dans le cadre d'une technologie propre. Le développement de produits ou de services respectueux de l'environnement peut également être considéré comme faisant partie des coûts environnementaux. Certaines entreprises prennent même en compte les coûts de sensibilisation à l'environnement, les campagnes de protection de l'environnement, les dons et les activités résultant de la propre initiative de l'entreprise. Il peut également s'avérer difficile de distinguer les coûts environnementaux des coûts pour la santé et la sécurité, ou des coûts de gestion du risque. Certaines administrations (ministère japonais de l'Environnement, 2005, par exemple) fournissent pour la comptabilité environnementale d'entreprise des lignes directrices nationales qui contribuent à la normalisation des coûts pouvant être considérés comme environnementaux.

Cela dit, le fait qu'un coût soit ou ne soit pas « environnemental » n'a qu'une importance relative, sauf si la distinction sert à comparer une entreprise à une autre, car le principal objectif de la comptabilité environnementale est de veiller à ce que les coûts appropriés bénéficient au sein d'une entreprise donnée de l'attention souhaitable. Pour traiter les cas limites, certaines entreprises peuvent considérer (EPA, 1995) :

- Qu'un élément de coût est « environnemental » pour une certaine fin mais pas pour une autre.
- Qu'une partie seulement du coût d'un poste ou d'une activité est de type « environnemental ».
- Qu'un coût est de type « environnemental » au plan comptable si l'entreprise décide s'il l'est à plus de 50 % par nature.

Les choses sont plus difficiles lorsque des entreprises souhaitent évaluer les avantages économiques qu'elles peuvent tirer d'investissements en faveur de l'environnement. Mais de nombreux gains peuvent nécessiter un horizon de moyen ou long terme, alors que les démarches disponibles s'intéressent plus aux gains concrets immédiats. Le recours à des méthodologies de type analyse coûts-avantages ou évaluation du coût total peut permettre de tenir compte des coûts indirects supportés par des parties extérieures telles que les consommateurs, les communautés locales ou la biodiversité.

La comptabilité environnementale peut être utilisée pour l'évaluation comparative externe si l'on prête bien attention au critère de comparabilité dans la composition des données utilisées. Les lignes directrices élaborées par certaines administrations, qui précisent ce que l'on peut comptabiliser dans les coûts et les avantages, peuvent aider les entreprises à fournir des données cohérentes.

Les PME peuvent utiliser la comptabilité environnementale, car cette dernière se fonde sur le cadre comptable existant qu'elles adoptent habituellement. Cependant, le coût initial de la comptabilité environnementale est relativement élevé et une aide extérieure s'impose. Des entrepreneurs proactifs peuvent tirer parti de la comptabilité environnementale pour réduire considérablement les coûts liés à l'environnement.

S'agissant de la prise de décision managériale, la comptabilité environnementale peut être utile dans la mesure où elle est centrée sur le calcul de coûts, et formule ses résultats en termes monétaires simples. Elle peut fournir à la direction des données utiles qui prennent l'environnement en considération et incitent à renforcer constamment l'effort écologique. Elle peut également aider à prendre des décisions en matière d'investissement dans de nouveaux procédés de fabrication et de reconception de produits ou services.

Au niveau opérationnel, la comptabilité environnementale peut s'avérer efficace, car elle met en évidence les coûts environnementaux à réduire ou à éliminer dans l'exploitation, la gestion et l'amélioration de processus ou de produits. En recourant à la comptabilité environnementale sur l'un de ses sites, l'entreprise peut aussi obtenir des informations favorisant la mise en place d'activités efficaces et efficientes qui visent à résoudre des problèmes environnementaux locaux.

Pour ce qui est de l'agrégation et de la normalisation des données, la comptabilité environnementale semble prometteuse, parce qu'elle est conçue sur le modèle du système comptable. Au regard de la normalisation internationale, la comptabilité environnementale à l'échelle nationale a été formalisée dans le Système de comptabilité économique et environnementale intégrée (ONU *et al.*, 2003), et certaines lignes directrices ont été proposées pour la comptabilité de gestion environnementale (IFAC, 2005 ; UNDSD, 2001). Actuellement toutefois, les liens entre les systèmes comptables au niveau national et au niveau de l'entreprise sont fragiles.

La comptabilité environnementale peut être utilisée pour la recherche de produits ou de solutions innovants, car elle permet à la direction de prendre des décisions pragmatiques concernant les investissements dans des procédés ou produits innovants, le contrôle des résultats s'effectuant en termes monétaires. Si l'on dispose des références appropriées, la comptabilité

environnementale peut servir d'orientation efficace à une politique pionnière en matière d'éco-innovation.

Indicateurs d'éco-efficience – mesurer les progrès environnementaux par rapport à une valeur économique

Les indicateurs d'éco-efficience sont des indicateurs quantitatifs qui précisent le lien entre la valeur économique créée et les incidences environnementales d'une même activité économique ou unité comptable institutionnelle ou géographique. Axés sur les interactions entre aspects économiques et environnementaux, ils sont en principe à deux dimensions. Ils peuvent s'appliquer à une activité économique spécifique, comme un processus de production, ou à une série d'activités, comme un système de production, ou encore à une entreprise, un secteur, une région, un pays, ou même à l'économie mondiale.

Le terme d'éco-efficience s'est imposé depuis le début des années 90 à la suite des activités du Conseil mondial des entreprises pour le développement durable (CMDD) (Schmidheiny, 1992). Le CMDD définit l'éco-efficience comme « une philosophie de gestion qui encourage l'entreprise à rechercher des améliorations de l'environnement qui s'accompagnent de retombées économiques » (CMDD, 2000, p. 8).

L'éco-efficience pouvant être considérée sous de nombreux angles et utilisée à différents niveaux, aucune méthodologie unique et normalisée n'a encore été élaborée concernant les systèmes d'indicateurs. Deux grands types de méthodologie sont utilisés pour l'analyser : la comptabilité axée sur la valeur et la comptabilité axée sur les coûts.

Dans la première de ces méthodologies, les relations entre la valeur économique et les incidences environnementales sont souvent résumées par un rapport algébrique, qui mesure la valeur économique créée par unité d'incidence environnementale (« productivité environnementale ») ou rend compte de l'incidence environnementale par unité de valeur économique (« intensité environnementale »). Le taux de productivité environnementale est l'inverse du taux d'intensité environnementale.

La méthodologie axée sur les coûts traite les données de manière similaire. L'amélioration de l'environnement par unité de coût est désignée comme le « rapport coûts-avantages pour l'environnement ». L'inverse de ce ratio, qui véhicule des informations similaires, est le « coût de l'amélioration de l'environnement » (coût marginal de la réduction des émissions, par exemple) (Huppes, 2007).

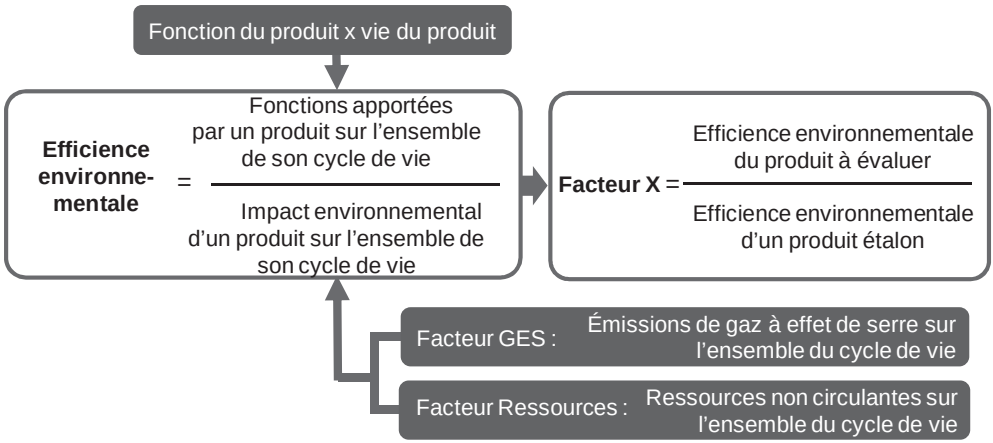
On commence à appliquer le concept d'éco-efficience à l'exploitation quotidienne des sociétés et diverses entreprises manufacturières ont élaboré

des mesures internes de l'éco-efficience (Figge et Hahn, 2004). Ces mesures permettent aux gestionnaires de détecter très tôt et de manière systématique les opportunités et les risques économiques et environnementaux des activités industrielles et commerciales existantes et à venir. Application pratique de l'éco-efficience à l'amélioration des produits et services en faveur de l'environnement, le concept de « Facteur X » a été utilisé par les entreprises d'électronique japonaises (voir encadré 3.6)[5]. La formule du « Facteur X » s'exprime essentiellement comme suit :

$$(Facteur\ X) = \frac{(Éco\text{-}efficience\ du\ produit\ à\ évaluer)}{(Éco\text{-}efficience\ du\ produit\ de\ référence)}$$

Encadré 3.6. Application chez Panasonic d'un système d'indicateurs d'éco-efficience

Le constructeur japonais de produits électroniques Panasonic applique le concept du « Facteur X » en tant que système d'indicateurs d'éco-efficience « pour quantifier la manière dont la valeur produit peut être améliorée tout en réduisant l'impact sur l'environnement ». Le processus consiste à comparer l'éco-efficience d'un nouveau modèle et d'un ancien modèle d'un même produit en faisant le rapport entre l'éco-efficience du nouveau modèle et celle de l'ancien, dont le résultat quantifie l'amélioration intervenue.



Panasonic applique le Facteur X à deux grands aspects écologiques : la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) et l'utilisation efficiente des ressources. Le facteur GES et le facteur Ressources sont définis dans le graphique ci-dessus. Le Facteur X utilise des valeurs arithmétiques simples pour indiquer le niveau d'amélioration de ces critères d'éco-efficience. Ces valeurs sont utilisées dans des évaluations ultérieures ou comme objectifs numériques dans la phase de développement des produits.

Panasonic détermine ainsi si les efforts accomplis suffisent à réduire le plus possible les risques de pollution environnementale dans le système de production et de distribution.

Source : http://panasonic.net/eco/products/factor_x.

Les indicateurs d'éco-efficience peuvent être utilisés de différentes manières. Compte tenu de l'expansion des cadres conceptuels et opérationnels fondés sur ce concept, la comparabilité fonctionnelle des performances des entreprises en matière d'éco-efficience n'est pas encore possible. Les entreprises continuent d'élaborer leur analyse d'éco-efficience en interne ou de publier des indicateurs d'éco-efficience de leur propre initiative, dans le cadre de rapports de développement durable. Si la méthodologie et les points de référence de l'industrie étaient unifiés, les indicateurs d'éco-efficience pourraient constituer un outil très performant à même de favoriser une saine concurrence et de générer des produits ou services et des processus plus efficients grâce à l'évaluation comparative externe.

Techniquement, les indicateurs d'éco-efficience peuvent être mis en œuvre par les PME dans le cadre de la comptabilité ou de l'établissement de rapports. Cela dit, dans la pratique, les PME n'ont pas les ressources managériales et financières ou la conscience nécessaires, ou rien ne les incite à adopter des systèmes d'indicateurs aussi élaborés.

En principe, on peut appliquer les indicateurs d'éco-efficience aux produits et services tout comme aux processus de production, ainsi qu'à la performance globale de l'entreprise. Néanmoins, ils sont le plus souvent utilisés au niveau opérationnel.

Les indicateurs d'éco-efficience fournissent des informations utilisables dans les opérations et les décisions courantes de l'entreprise. Certaines entreprises ayant élaboré des systèmes de mesure internes ont commencé à intégrer des évaluations d'éco-efficience dans leur gestion opérationnelle. Les indicateurs d'éco-efficience peuvent donc être utilisés pour réduire les coûts marginaux et accroître la valeur économique à long terme. Les indicateurs d'éco-efficience peuvent donner aux responsables la possibilité de détecter systématiquement et d'identifier très tôt les opportunités et les risques économiques et environnementaux des activités industrielles et commerciales actuelles et futures.

Les indicateurs d'éco-efficience peuvent être agrégés et normalisés de diverses manières suivant leur contexte conceptuel, institutionnel et opérationnel. La plupart des indicateurs sont cependant utilisés au niveau des produits ou services et des processus de production.

De manière générale, les indicateurs d'éco-efficience peuvent soutenir l'innovation progressive des produits et processus, et pourraient le cas échéant faciliter l'innovation radicale si elle s'applique à l'ensemble de l'entreprise.

Analyse du cycle de vie – une gestion « du berceau au tombeau »

Par définition, l'analyse du cycle de vie (ACV) est une « méthode qui étudie les aspects environnementaux et les impacts potentiels tout au long de la vie d'un produit (c'est-à-dire du berceau au tombeau), de l'acquisition de la matière première à sa production, son utilisation et sa disposition » (ISO, 1997). L'expression indique que l'évaluation du produit est réalisée sur la totalité de son cycle de vie, « du berceau au tombeau », autrement dit de l'extraction des ressources de base à la mise au rebut du produit lui-même, en passant par les phases de production, de transport et d'utilisation. La méthodologie de l'ACV peut traiter sous l'angle du cycle de vie les aspects tant quantitatifs que qualitatifs d'un produit donné, d'une matière ou d'une catégorie de matières, ou encore de services.

L'ACV sert souvent à comparer des produits aux fonctions équivalentes ou à déterminer quels sont au cours du cycle de vie de ces produits les principaux « points chauds » de l'incidence globale sur l'environnement. Pour un produit donné, on ne voit qu'une petite partie des flux totaux de matières mobilisés pour le processus de production. Les flux « cachés », comme les combustibles fossiles utilisés pour la fabrication et le transport, devraient être pris en compte dans l'impact global du produit sur l'environnement. L'ACV peut aider les entreprises à identifier les aspects importants d'un processus de production dans une perspective de développement durable.

La série de normes ISO 14040 est une méthode internationale normalisée d'ACV. Ces normes conseillent aux entreprises d'appliquer l'ACV en quatre phases distinctes : *i)* définition de l'objectif et du champ d'étude ; *ii)* analyse de l'inventaire du cycle de vie (ISO 14041); *iii)* évaluation de l'impact du cycle de vie (ISO 14042) ; *iv)* interprétation des résultats de l'évaluation (ISO 14043).

L'ACV fournit également une large gamme d'outils de gestion de l'environnement prenant en compte le concept de cycle de vie. Ces outils permettent d'analyser les problèmes liés à un produit ou service particulier, de comparer les versions améliorées d'un produit ou service, de concevoir des produits ou services et de choisir entre produits ou services comparables. L'écoconception est une démarche d'évaluation des aspects environnementaux d'un produit ou service, et s'appuie souvent sur l'ACV. L'objectif de cette démarche est de faire en sorte que les produits ou services soient conçus de façon à causer le moins d'atteintes possibles à l'environnement sur toute la durée de leur cycle de vie.

L'ACV peut aussi aider les consommateurs – particuliers ou personnes morales – à prendre des décisions d'achat. Les labels écologiques ont été largement appliqués aux produits pour signaler aux consommateurs

l'incidence de ces derniers sur l'environnement tout au long de leur cycle de vie, telle que calculée grâce à l'ACV, et les aider ainsi dans le choix de produits et services plus respectueux de l'environnement.

Le « bilan carbone » est un usage récent de l'ACV qui vise à rendre la production plus durable (encadré 3.7). On peut définir le bilan carbone comme la quantité d'émissions de dioxyde de carbone (CO_2) (directes ou induites) exclusivement causées par l'activité liée au produit ou cumulées au cours de la vie de ce dernier.

On peut en principe comparer des résultats d'ACV, car la méthodologie a suscité les normes internationales ISO 14040-44 et autorise la comparaison des impacts environnementaux, sur l'ensemble du cycle de vie, de l'utilisation de matières et des émissions et besoins énergétiques associés. On peut présenter les résultats de l'ACV à l'aide d'unités comparables courantes. Toutefois, dans la pratique, les utilisateurs de données d'ACV ont tendance à partir de bases différentes et à fixer des limites de système conformes à leurs besoins propres, ce qui rend de fait difficile la comparaison de produits similaires fabriqués par des entreprises différentes.

Encadré 3.7. Le bilan carbone

Le « bilan carbone » a été appliqué sous forme de label écologique à différents produits pour désigner les émissions de CO_2 générées sur l'ensemble de leur cycle de vie. Un certain nombre de méthodes ont été proposées pour établir des estimations, depuis les simples calculatrices en ligne jusqu'aux méthodes et outils élaborés reposant sur l'ACV ou les entrées-sorties. Ce concept permet non seulement aux entreprises de faire la preuve de leurs efforts en vue de réduire les émissions de CO_2 ; il sensibilise également davantage le consommateur à la question.

L'organisation britannique de normalisation BSI (*British Standards Institution*) supervise actuellement des travaux sur l'élaboration d'une spécification accessible au public (PAS, *Publicly Available Specification*) afin de mesurer les émissions intrinsèques de GES de biens et services sur l'ensemble de leur cycle de vie. Cette méthode a été mise au point par Carbon Trust, une entreprise indépendante créée par les autorités britanniques. Le PAS 2050 a été lancé en octobre 2008.

Le ministère japonais de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie (METI) a constitué un groupe d'étude chargé d'étudier les programmes et les méthodologies envisageables en matière de bilan carbone. Participent à ce groupe les responsables de la gestion de l'environnement de plus de dix entreprises, notamment manufacturières. Le METI, qui prévoit d'instituer des lignes directrices pour le calcul et la présentation des bilans carbones, propose que ce concept fasse l'objet d'une norme ISO.

Source : site Internet de Carbon Trust *www.carbontrust.co.uk/carbon/briefing/pre-measurement.htm* ; et METI (2008a), réponse du METI au questionnaire de l'OCDE sur les outils de production durable.

L'ACV est utilisable par les PME en raison de la disponibilité de divers outils logiciels. Ces derniers peuvent aussi les aider à fournir la base de données nécessaire au bilan du cycle de vie, qui représente le plus gros obstacle à l'utilisation de l'ACV. Cependant, on considère généralement que l'utilisation de l'ACV est trop gourmande en ressources pour les PME.

Des expressions assez simples des résultats de l'ACV servent en outre à informer l'équipe de direction des effets environnementaux indirects d'activités sortant du périmètre organisationnel de l'entreprise, et l'encourage par conséquent à développer la réflexion systémique. L'ACV ne s'applique toutefois qu'au niveau des produits et des services, et pas au niveau global de l'entreprise.

L'ACV est aussi en mesure d'améliorer la capacité opérationnelle, car la comparaison de résultats d'ACV facilite le repérage des pans des processus de production qu'il convient d'améliorer. Il est possible d'identifier les étapes du processus de production ayant le plus fort impact sur l'environnement, et donc de les améliorer.

Pour ce qui est de l'agrégation et de la normalisation des données, les données de l'ACV peuvent être agrégées et normalisées si leurs résultats sont présentés en unités courantes comparables, comme l'équivalent kg de CO_2, par exemple. Une fois qu'un consensus a été atteint entre toutes les parties concernées sur les limites systémiques et l'expression des résultats, on peut utiliser les ACV pour l'agrégation et la normalisation des données pour tous les produits et services.

Les ACV peuvent contribuer largement à l'identification de produits et solutions innovants du « berceau au tombeau ». Le fait que l'ACV fournisse des informations sur les impacts d'un produit tout au long de son cycle de vie permet aux entreprises d'évaluer les nouveaux processus et produits de manière holistique. On peut utiliser l'ACV pour évaluer la faisabilité de futurs produits en termes d'impact environnemental par le biais de tests de prototypes ou de simulations.

Si l'ACV est un outil performant pour réfléchir sur le cycle de vie car elle aide à penser en termes de cycle de vie, elle a rencontré de nombreux problèmes : difficultés à définir des limites système cohérentes pour que les comparaisons établies soient équitables, problèmes de fiabilité des données et de qualité de l'inventaire du cycle de vie, ou encore soucis de cohérence de la pondération des données dans l'évaluation des incidences sur l'environnement. Ces problèmes doivent être résolus pour que les consommateurs puissent prendre les bonnes décisions concernant le choix de produits et de services respectueux de l'environnement et au final pour que les entreprises puissent comparer leurs initiatives de production durable avec d'autres grâce à l'ACV. Les défis sont plus grands encore dans les

secteurs aux chaînes d'approvisionnement complexes (Hauschild *et al.*, 2005). Si l'on veut permettre des évaluations et des comparaisons constructives, il sera essentiel de poursuivre la normalisation de la méthodologie de l'ACV.

Indicateurs d'établissement de rapports de développement durable – donner aux parties prenantes des informations sur les activités et les progrès réalisés

Les indicateurs d'établissement de rapports de développement durable sont un ensemble d'indicateurs utilisables par les organisations pour rendre publiques des informations sur les performances des aspects économiques, environnementaux et sociaux de leurs activités et processus. Ils peuvent concerner toute une série d'unités institutionnelles ou géographiques à divers niveaux, mais ont le plus souvent été utilisés aux niveaux de l'unité de production, de l'entreprise et de l'ensemble du secteur.

On trouve les premiers exemples d'indicateurs d'établissement de rapports de développement durable dans les initiatives d'information environnementale des entreprises chimiques qui souffraient de graves problèmes d'image vers la fin des années 80[6]. Aujourd'hui, les entreprises peuvent y recourir pour identifier et gérer les risques et opportunités non financiers et intangibles liés à leurs activités, grâce à des mesures et à la collecte de données. Un nombre croissant de ministères et d'administrations locales publient également des rapports de développement durable.

Les autorités du Danemark, des Pays-Bas et du Portugal ont rendu l'établissement de rapports sur le développement durable obligatoire pour les organismes publics et les sociétés privées. On voit même certaines actions visant à mieux intégrer ces rapports, comme en France avec la NRE (Nouvelle réglementation économique), qui exige que des informations non financières figurent dans les comptes annuels obligatoires. L'Australie, l'Autriche et le Japon font partie des pays qui adoptent une démarche volontaire en proposant des lignes directrices qui normalisent les indicateurs d'établissement de rapports de développement durable. Cela dit, les lignes directrices de la *Global Reporting Initiative* (GRI) pour l'établissement de rapports de développement durables sont utilisées par les entreprises du monde entier et sont en train, à ce titre, de devenir rapidement le cadre international de référence pour les rapports de ce type (encadré 3.8). Ces indicateurs combinent des données quantitatives et qualitatives. Ils sont souvent classés en fonction des trois éléments clés du développement durable. La plupart des lignes directrices exigent également que des renseignements soient donnés sur la mission, la gouvernance et le système de gestion que l'organisation a mis en place en matière de développement durable. Malgré

le caractère multidimensionnel du sujet, tous les indicateurs sont indépendants les uns des autres.

Encadré 3.8. La *Global Reporting Initiative*

La *Global Reporting Initiative* (GRI) a été créée en 1997 par la *Coalition for Environmentally Responsible Economies* (CERES), une ONG installée à Boston, dans l'idée que « les rapports sur les performances économiques, environnementales et sociales établis par toutes les organisations deviennent tout aussi courants et comparables que les rapports financiers ». Elle est vite devenue une organisation internationale à plusieurs parties prenantes, avec le soutien du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE).

Le travail de la GRI vise les entreprises et autres organisations de tous les secteurs et de toutes les tailles qui souhaitent rendre publics les aspects de leurs activités ayant trait au développement durable. Outre les *Sustainability Reporting Guidelines* concernant de manière générique toutes les entreprises, la GRI propose des lignes directrices annexes applicables à tel ou tel secteur. Les lignes directrices de la GRI résultent d'un processus continu de consultation avec les parties prenantes, notamment les organisations utilisant ces lignes directrices et d'autres experts.

Les lignes directrices se subdivisent en trois parties. La première partie contient les principes d'établissement de rapports de développement durable sur le plan du contenu et du champ d'application. L'organisation établissant les rapports est censée respecter certains principes, à savoir pertinence, exhaustivité, comparabilité, exactitude et transparence. La deuxième partie répertorie les indicateurs pertinents en matière de performance économique, environnementale et sociale dans l'entreprise ou l'organisation. La troisième partie contient des conseils concernant des questions plus générales, notamment sur la manière d'utiliser les lignes directrices et d'assurer la crédibilité d'un rapport. Les lignes directrices recensent 13 indicateurs de performance économique, notamment la valeur économique créée, ainsi que les dépenses réalisées avec les fournisseurs locaux, 35 indicateurs couvrant la performance environnementale de l'organisation par rapport à l'eau, l'énergie, la biodiversité et d'autres modalités environnementales importantes, et 49 indicateurs sociaux couvrant des éléments d'information sur l'approche managériale et la lutte contre le travail des enfants, ainsi que la corruption et l'engagement communautaire.

En 2008, plus d'un millier d'organisations de 54 pays ont publié un rapport de développement durable inspiré des lignes directrices de la GRI.

Source : site Internet de la GRI, *www.globalreporting.org.*

Bien que les indicateurs utilisés dans ce processus aient été élaborés essentiellement pour la communication externe, l'établissement de rapports de développement durable constitue pour de nombreuses entreprises une façon de commencer à réunir des données environnementales et sociales et de suivre leur évolution en vue d'améliorer la performance en matière de durabilité au niveau du site et de l'entreprise. Si l'établissement de rapports de développement durable reste essentiellement l'apanage d'entreprises assez importantes, la GRI publie un manuel pour encourager les PME à rendre compte de leurs performances en la matière. La GRI élabore par ailleurs actuellement une série d'indicateurs à caractère sectoriel, de manière à compléter l'ensemble d'indicateurs généraux et répondre aux exigences de l'industrie. Elle propose également des protocoles techniques destinés à unifier les unités de mesure et les méthodologies ainsi que les périmètres organisationnels.

L'exigence de plus de transparence et de communication en matière de gouvernance d'entreprise dont les marchés boursiers et les organismes de réglementation financière assortissent les conditions d'introduction en bourse est un autre exemple de contexte dans lequel s'inscrit l'établissement de rapports de développement durable. Les règles d'appartenance à un milieu professionnel peuvent aussi peser sur l'obligation d'établissement de rapports de cette nature, comme le montre très bien l'exemple du cadre de développement durable des entreprises membres du Conseil international des mines et métaux (ICMM). Le Pacte mondial des Nations Unies exige désormais de ses signataires qu'ils communiquent chaque année leurs performances en matière de durabilité, en faisant référence à ses dix principes universellement reconnus dans le domaine des droits de l'Homme, ainsi qu'aux normes du travail, de l'environnement et de la lutte contre la corruption. Certaines associations sectorielles, notamment dans les secteurs de la chimie, de l'acier et de l'aluminium proposent leurs propres séries d'indicateurs et de lignes directrices, et recueillent les données communiquées par leurs entreprises membres (CEFIC, 2007 ; IISI, 2005 ; et EAA, 2006, par exemple).

La comparabilité est un principe établi par les lignes directrices de la GRI, et les fournisseurs de logiciels proposent des solutions standard de traitement de données pour l'établissement de rapports de développement durable. La comparabilité des données entre entreprises établissant des rapports reste cependant perfectible, notamment parce que l'établissement de rapports de développement durable relève de l'initiative personnelle et parce qu'il est difficile de définir un périmètre organisationnel cohérent.

Les cadres d'établissement de rapports de développement durable donnent aux PME des moyens qui leur facilitent la tâche. La plupart des lignes directrices sont gratuites et les PME bénéficient de services d'information

fournis par des plateformes à but non lucratif, des agences publiques ou des initiatives mondiales. La GRI dispose d'un manuel pour les PME ; celles-ci ont cependant publié peu de rapports de développement durable.

L'établissement de rapports de développement durable permet à l'entreprise de présenter sa vision et sa stratégie globales concernant la gestion des grands défis associés à la performance économique, environnementale et sociale. Un rapport qualité permet de montrer aux parties prenantes et aux investisseurs les mesures qu'elle a prises pour réduire les risques et saisir les opportunités. Ces rapports peuvent donc s'avérer importants pour gérer les décisions et les activités d'une entreprise dans une perspective plus stratégique et de plus longue haleine. Leur publication peut faciliter l'intégration des questions correspondant aux activités générales de gestion, dans la mesure où ce type de communication exige un engagement sans faille de l'équipe dirigeante.

De nombreux cadres d'établissement de rapports de développement durable sont suffisamment développés pour englober la gestion opérationnelle globale des entreprises. Leurs caractéristiques – actualité, exhaustivité, équilibre informationnel – peuvent assister les entreprises pour la mesure des enchaînements et de la chronologie de leurs activités. Mais la présentation d'indicateurs ponctuels dans les rapports de développement durable ne les aide en revanche pas nécessairement à hiérarchiser des aspects précis ou à envisager des solutions de substitution de manière intégrée en vue d'améliorer leur performance environnementale globale. Les lignes directrices de la GRI recommandent d'identifier les thèmes « pertinents » grâce à l'implication des parties prenantes, au lieu d'exiger des entreprises qu'elles rendent compte de tous les indicateurs recensés dans les lignes directrices.

Pour que l'agrégation et la normalisation des données soient possibles, il convient de définir un périmètre organisationnel cohérent, afin d'éviter le double comptage. La GRI fournit un protocole de détermination du périmètre, mais ne propose pas des limites aussi strictes que dans la comptabilité financière. Les indicateurs d'établissement de rapports de développement durable comportent par ailleurs des données qualitatives qui ne peuvent être agrégées.

L'établissement de rapports de développement durable ne concourt pas en tant que tel à la découverte de solutions ou de produits innovants, car l'objectif est d'informer sur les performances de l'entreprise. Toutefois, comme de nombreux rapports intègrent aussi des informations sur les produits et services et sur les processus de production, ils peuvent contribuer indirectement à une amélioration de la production.

Indices d'investissement socialement responsable – procéder à l'évaluation comparative des performances à l'intention des marchés financiers

L'investissement socialement responsable (ISR) fait référence à une stratégie d'investissement visant à maximiser simultanément un rendement financier et des bienfaits sociaux et environnementaux. Les indices d'ISR sont génériques, le plus souvent de type composite, et intègrent un certain nombre d'indicateurs quantitatifs et qualitatifs. Les démarches et les méthodologies utilisées sur le marché croissant de l'ISR traduisent les critères des investisseurs en matière de durabilité économique, environnementale ou sociale. Les indices ISR sont utilisés par certains groupes d'investisseurs financiers pour analyser et évaluer des entreprises ou des secteurs d'activité suivant des critères prédéfinis. Quelques grandes banques publient également des critères de durabilité que les emprunteurs doivent remplir pour obtenir le financement de certains projets.

Grâce à la participation d'investisseurs institutionnels tels que les compagnies d'assurance, les fonds de pension et les associations religieuses ou motivées par d'autres missions, l'ISR est devenu un marché financier florissant dans le monde. Les actifs des portefeuilles d'investissement éthique ont fortement progressé, atteignant 2 710 milliards USD en 2007 dans la zone OCDE, soit quelque 11 % des services tirés du capital gérés de façon professionnelle (Social Investment Forum, 2008). Le marché européen de l'ISR est passé à 1 600 milliards EUR en 2007 (Celent, 2007).

Dans les premiers temps, les indices d'ISR reposaient simplement sur l'application de critères de sélection négatifs consistant à éviter les investissements dans certains secteurs non souhaitables comme le tabac, les paris, la traite d'êtres humains et les industries de défense (« sélection négative »). Ces dernières années, une nouvelle approche consiste à rechercher les meilleures pratiques parmi les entreprises concurrentes pour encourager les entreprises à améliorer leur performance par une évaluation comparative (« sélection positive »). De nombreux investisseurs considèrent désormais le changement climatique comme l'un des principaux risques auxquels les entreprises et les investissements sont confrontés (Richardson, 2008).

Les critères de développement durable ont été organisés, pour l'essentiel, par les grandes agences pourvoyeuses d'indices financiers : Dow Jones, FTSE et les agences de notation (encadré 3.9). Les sociétés financières et les investisseurs institutionnels élaborent leurs propres critères ou achètent les notations de ces prestataires pour prendre leurs décisions. Au mois d'octobre 2004, il existait au moins 12 « familles » d'indices boursiers

d'entreprises tournées vers le développement durable, et plus de 35 indices distincts dans au moins sept pays (Hamner, 2005).

Encadré 3.9. Les indices de durabilité Dow Jones

Depuis leur création en 1999, les indices de durabilité Dow Jones (DJSI) rendent compte des performances des grandes entreprises du monde entier. Avec les indices STOXX et SAM (*Sustainable Asset Management*), ils fournissent une référence à différents niveaux : mondial, européen, nord-américain, asiatique (Asie-Pacifique) et états-unien.

Pour établir un indice de durabilité composite, les critères de durabilité au niveau de l'entreprise sont tout d'abord identifiés à partir de l'évaluation des éléments moteurs et des tendances aux niveaux économique, environnemental et social. Les critères de durabilité peuvent être définis en référence à des critères généraux ou à des critères spécifiques au secteur d'activité. Tous les critères sont fondés sur des normes et procédures comptables, statistiques et informationnelles largement reconnues. Les pondérations sont fixées en conséquence.

Quatre grandes sources d'information permettent d'obtenir des données : questionnaire d'entreprise ; documentation d'entreprise ; médias et parties prenantes ; contacts directs avec les entreprises. Dans la phase finale, le score global de durabilité de l'entreprise est calculé à partir d'une structure de notation et de pondération prédéfinie.

Critères d'évaluation du développement durable par les entreprises et pondérations des indices mondiaux de durabilité Dow Jones

Dimension	Critères	Pondération (%)
Économique	Gouvernement d'entreprise	6.0
	Gestion des risques et de crise	6.0
	Codes de conduite/conformité/corruption	5.5
	Critères sectoriels	Dépend du secteur
Environnementale	Performance environnementale (éco-efficience)	7.0
	Établissement de rapports environnementaux*	3.0
	Critères sectoriels	Dépend du secteur
Sociale	Valorisation du capital humain	5.5
	Attraction et fidélisation des talents	5.5
	Indicateurs relatifs aux pratiques du travail	5.0
	Citoyenneté/philanthropie d'entreprise	3.5
	Établissement de rapports sociaux*	3.0
	Critères sectoriels	Dépend du secteur

* Critères évalués sur la base d'informations publiques seulement.

Source : Dow Jones Indexes and Sustainable Asset Management (SAM) (2009), *Sustainability World Index Guide Book* (version 11.1), septembre, SAM, Zurich.

Les critères d'ISR ont de fortes chances de peser fortement sur les aspects et les pratiques que les entreprises doivent privilégier en matière de développement durable, car ce sont ceux que les agences de notation suivent de manière régulière, et parce que les résultats de l'évaluation comparative sont évidemment comparables entre entreprises concurrentes et influencent directement les décisions des investisseurs. D'un autre côté, les PME n'ont pas participé à l'éclosion de l'ISR, la plupart des investisseurs se concentrant sur les entreprises mondiales et nationales. Comme certaines banques des pays de l'OCDE ont introduit des critères de durabilité dans leurs décisions de prêt aux PME, la pression des investisseurs éthiques peut les influencer.

Les indices d'ISR fournissent également l'évaluation que font les sociétés financières des stratégies des entreprises et de leur gestion des opportunités, risques et coûts liés au développement durable. L'intégration des facteurs économiques, environnementaux et sociaux aux stratégies des entreprises peut inciter ces dernières à axer leur réflexion sur la valeur dégagée à long terme pour les actionnaires et les parties prenantes.

Toutefois, les indices d'ISR étant définis par des intervenants extérieurs, ils ne sont pas utilisés directement par les entreprises pour améliorer les processus de fabrication et les produits ou services propres sur le plan opérationnel. Ils ne sont pas davantage conçus dans l'optique d'une agrégation et d'une normalisation. Comme chaque institution de notation met en avant ses propres critères d'évaluation comparative, il est difficile de parvenir à une approche unifiée. Par ailleurs, les critères ne peuvent aider ces dernières à identifier des produits ou solutions innovants, sauf s'ils intègrent des indicateurs de gestion fixant des objectifs en termes de produits et solutions innovants (produits assortis d'un label écologique, par exemple).

Évaluation comparative des séries d'indicateurs : principaux constats analytiques

Les disparités de structure et de champ d'application ne facilitent pas la comparaison des diverses catégories de séries d'indicateurs. Il demeure cependant utile de tenter d'établir, sur la base des critères utilisés pour les analyser, le contexte dans lequel ces séries font progresser le plus efficacement la production durable. On trouvera au tableau 3.3 une synthèse des résultats obtenus.

Tableau 3.3. Synthèse de l'analyse des séries d'indicateurs de production durable

Critères / Types de séries d'indicateurs	Comparabilité	Applicabilité par les PME	Prise de décision par le management	Amélioration de la performance au niveau opérationnel	Agrégation et normalisation des données	Recherche de produits ou solutions innovants
Indicateurs ponctuels	*	***	*	**	*	*
Indicateurs clés de performance	*	*	***	*	*	*
Indices composites	**		**	*	**	*
Analyse des flux de matières	*	*	*	***	**	***
Comptabilité environnementale	**	*	**	***	**	**
Indicateurs d'éco-efficience	**	*	**	***	**	***
Analyse du cycle de vie	**	*	*	***	**	***
Indicateurs d'établissement de rapports de développement durable	*	**	**	**	*	*
Indices d'investissement socialement responsable	**		**			*

***: Très adaptés dans ce cadre.
**: Adaptés à certaines conditions.
*: Utilisables mais pas forcément adaptés.

Note : l'utilité de chaque ensemble d'indicateurs peut aussi être fonction de la compétence de l'organisation qui l'applique et du contexte d'application.

Comparabilité pour l'évaluation comparative externe

Les ACV possèdent certains avantages sur le plan de la comparabilité avec les autres catégories de séries d'indicateurs, du fait que la méthodologie présidant à leur élaboration a été définie comme une norme internationale. Cela dit, les indicateurs de l'ACV sont le plus souvent appliqués à un produit ou un service isolé. Par ailleurs, la mise en œuvre de la méthodologie de l'ACV n'est pas unifiée, de sorte que les comparaisons de produits et de services d'entreprises différentes peuvent poser problème. Les indicateurs d'éco-efficience, eux, sont à la traîne en termes de comparabilité, mais une normalisation ouvrant la voie à des comparaisons semble possible à l'avenir. Les indices composites paraissent pouvoir convenir à l'évaluation comparative externe car ils reposent sur un nombre limité de chiffres, mais les entreprises ou les secteurs doivent encore

s'entendre sur une méthodologie. La comptabilité environnementale semble également convenir, même si la méthodologie doit encore être améliorée et s'il faut s'accorder sur la qualification exacte des coûts environnementaux. Bien que les indices d'ISR aient été élaborés à l'origine pour l'évaluation comparative externe, seul un nombre limité d'entreprises les utilise pour l'instant. Enfin, les indicateurs ponctuels peuvent être utilisés pour l'évaluation comparative si les entreprises s'entendent sur une série d'indicateurs de base pour les comparaisons.

Applicabilité aux PME

Les indicateurs ponctuels sont les plus couramment utilisés par les PME, parce qu'ils peuvent être appliqués sans préparation particulière. Même si elle peut exiger beaucoup de ressources, l'utilisation des ACV peut être intéressante parce que divers outils d'assistance existent. Les PME peuvent elles aussi recourir à la comptabilité environnementale pour évaluer leur développement durable. La méthodologie est intéressante parce qu'elle est susceptible de permettre de réduire les coûts environnementaux tout en augmentant les avantages économiques. Les indicateurs d'établissement de rapports de développement durable fournissant une liste d'indicateurs bien conçus, ils peuvent être utiles aux PME qui souhaitent pour la première fois mesurer leurs performances. Techniquement, les indicateurs d'AFM et d'éco-efficience peuvent être mis en œuvre par les PME. Quant aux ICP et aux indices composites, ils nécessitent l'application préalable de procédures.

Utilité pour la prise de décision par le management

Les ICP et les indices composites sont idéaux pour le management. Ils sont conçus pour aider à la prise de décision, même si les indices composites risquent de laisser de côté certains détails utiles. La comptabilité environnementale peut être utile, parce qu'elle se fonde sur le système comptable. L'évaluation économique encouragerait la direction à ne pas voir les investissements environnementaux simplement comme des coûts, mais aussi comme des opportunités de générer des recettes. Les indices d'ISR peuvent fournir à l'équipe dirigeante de bonnes références externes pour leurs stratégies en matière de développement durable et une meilleure compréhension des opportunités, des risques et des coûts. Les ACV peuvent aider la direction à identifier les « points chauds » sur lesquels axer les actions en faveur de l'environnement, et favoriser une réflexion plus systémique et plus centrée sur la chaîne de valeur au-delà du périmètre organisationnel. L'importance des indicateurs d'AFM et d'éco-efficience pour le management s'est accrue à la suite de l'augmentation du prix du brut et d'autres intrants matières. Des indicateurs ponctuels peuvent alimenter la prise de décision si un nombre

restreint d'indicateurs adaptés et assortis d'informations suffisamment pertinentes sont choisis et présentés sous forme de tableau de bord.

Efficacité pour l'amélioration au niveau opérationnel

La comptabilité environnementale est l'une des mesures les plus efficaces pour réduire le coût des opérations de l'entreprise tout en retirant le maximum d'avantages des investissements en faveur de l'environnement. Les ACV sont le meilleur moyen de réduire les incidences environnementales par le biais d'une amélioration effective au niveau opérationnel tout au long de la chaîne de valeur. Les indicateurs d'AFM et d'éco-efficience peuvent également être très utiles pour identifier les moyens d'utiliser les ressources de manière plus efficiente. L'avantage des indicateurs d'éco-efficience réside dans le fait que les mêmes séries d'indicateurs peuvent être utilisées aussi bien pour améliorer le niveau opérationnel (produits ou services et processus) que le niveau managérial (de l'entreprise). Les indicateurs ponctuels et les indicateurs d'établissement de rapports de développement durable peuvent être appliqués efficacement à condition de comporter suffisamment d'informations sur les opérations et d'être compilés de manière que les entreprises puissent comprendre de quelle manière les changements au niveau des produits et des processus influent sur ces indicateurs ponctuels. Les indices composites et les ICP ne seront utiles que si les indicateurs au niveau opérationnel ont été définis comme une partie de ces mêmes indicateurs et judicieusement reliés à d'autres aspects managériaux.

Possibilité d'agrégation et de normalisation des données

L'AFM est essentiellement destinée à fournir des informations agrégées. Il serait souhaitable de normaliser sa méthodologie. La disponibilité de données spécifiques à l'entreprise peut poser problème. Les données de l'ACV peuvent quant à elles servir à obtenir des données agrégées, car il est possible de les présenter en unités courantes comparables, mais il faut un consensus entre les parties concernées sur le périmètre du système et la manière d'exprimer les résultats. Des possibilités de normalisation ont été envisagées. Les indices composites conviennent aussi, compte tenu de leur nombre relativement peu élevé d'indicateurs, mais ils se prêtent mal à la normalisation du fait qu'ils sont spécifiques à l'entreprise. La comptabilité environnementale peut être utilisée pour l'agrégation des données à condition d'unifier et de normaliser la définition des coûts environnementaux et la méthodologie servant à identifier les avantages. Les indicateurs d'éco-efficience peuvent eux aussi être normalisés, leur efficacité dépendant toutefois du contexte conceptuel, institutionnel et opérationnel.

Efficacité pour la recherche de produits et solutions innovants

L'AFM, la comptabilité environnementale, les indicateurs d'éco-efficience et les ACV peuvent servir à la recherche de produits ou de solutions innovants. Il est difficile de juger lesquels parmi ces indicateurs sont les meilleurs, car ils sont axés sur différents aspects des solutions environnementales et économiques. Les indices composites et les ICP peuvent être utilisés dans ce cadre, à condition de choisir des indicateurs appropriés comme référence pour les produits et solutions innovants, mais ils ne peuvent couvrir que l'amélioration d'aspects environnementaux isolés ou de toute la gamme des produits (nombre de produits à label écologique, par exemple). Les indicateurs ponctuels peuvent s'avérer utiles lorsque les liens entre ces derniers sont établis et surveillés. La prise en compte de seulement quelques aspects indépendants les uns des autres fait toutefois naître le risque que d'éventuels compromis entre les différents impacts sur l'environnement soient négligés.

Voici en résumé les principaux constats effectués au cours de cette analyse comparative :

- **La demande d'information augmente.** Les entreprises manufacturières évoluent dans un contexte de pressions croissantes – de la part de la puissance publique, des investisseurs et de la société civile – en faveur de meilleures informations sur la durabilité de leurs produits ou services, de leurs activités et de leurs stratégies. Ces pressions ont été absolument déterminantes dans la création de modèles de mesure et de gestion de la durabilité. Au sein des entreprises, on reconnaît de plus en plus que la mesure de la durabilité peut conduire à des stratégies mieux documentées et à un service client plus réactif, sans compter l'amélioration de la performance environnementale au niveau opérationnel.

- **L'homogénéité des mesures est un défi.** Le concept de développement durable pose un important problème de mesure au niveau de l'entreprise. La demande d'information est variée, change au fil du temps et provient de différentes sources : management de l'entreprise, investisseurs, communautés locales, clientèle. Il est essentiel que les entreprises choisissent la bonne méthodologie et les bons éléments à mesurer pour faire progresser la production durable de manière efficace. La prolifération de séries d'indicateurs transforme ce choix en défi. Les démarches conceptuelles et les cadres opérationnels utilisés pour parvenir à un développement durable restent fragmentaires.

- **Les PME doivent construire une capacité de mesure.** Les pressions concurrentielles accrues liées aux évolutions technologiques et à la mondialisation contraignent les entreprises à restructurer leurs chaînes de valeur. Le processus de production est désormais réparti au sein d'un

réseau étendu d'entreprises de tailles diverses et situées dans des lieux différents. Alors que le champ d'application de la production durable s'étend de la simple usine ou entreprise à un cycle allant du « berceau au tombeau » ou même du « berceau au berceau », l'implication de la chaîne d'approvisionnement et des entreprises intervenant en aval, qui sont souvent des PME, devient inévitable. Cela dit, la plupart des PME n'ont pas suffisamment d'incitations à mettre en œuvre des indicateurs de développement durable et sont confrontées à des goulets d'étranglement structurels et des déficits de capacité. Il serait très souhaitable que les entreprises et les pouvoirs publics prévoient une série de mesures de soutien pour renforcer l'utilisation d'indicateurs au sein des PME.

- **Aucune série d'indicateurs n'est idéale**. En théorie, les indicateurs de développement durable devraient pouvoir servir deux grands objectifs : la prise de décisions par le management et l'amélioration des produits ou services et des processus de production. À l'exception des indicateurs d'éco-efficience, les séries d'indicateurs de chacune des neuf catégories précédemment mentionnées sont principalement destinées à aider l'équipe de direction dans ses prises de décisions, ou à favoriser les améliorations opérationnelles. Chaque catégorie a ses points forts et ses points faibles, et il semble qu'il n'y ait pas de série d'indicateurs idéale.

Application des indicateurs par les entreprises manufacturières

Afin de mieux comprendre la manière dont les indicateurs sont utilisés concrètement pour promouvoir une production durable dans les entreprises manufacturières, l'OCDE a réalisé en entreprise, entre juillet et septembre 2008, une enquête par questionnaire. Le questionnaire a été envoyé aux entreprises manufacturières par le Comité consultatif économique et industriel auprès de l'OCDE (BIAC) et les membres du Groupe consultatif d'experts de ce projet. L'OCDE a reçu 40 réponses, essentiellement en provenance des secteurs de l'électronique, de l'automobile et de la chimie (figure 3.4). En outre, une série de réunions de groupes spécialisés rassemblant des experts d'entreprises du secteur de l'électronique et de celui de l'automobile et des transports a été organisée afin de recueillir des témoignages directs, tout d'abord à Rochester (État de New York) en septembre 2008, puis à Bruxelles en novembre 2008. La section suivante présente les résultats de ces activités.

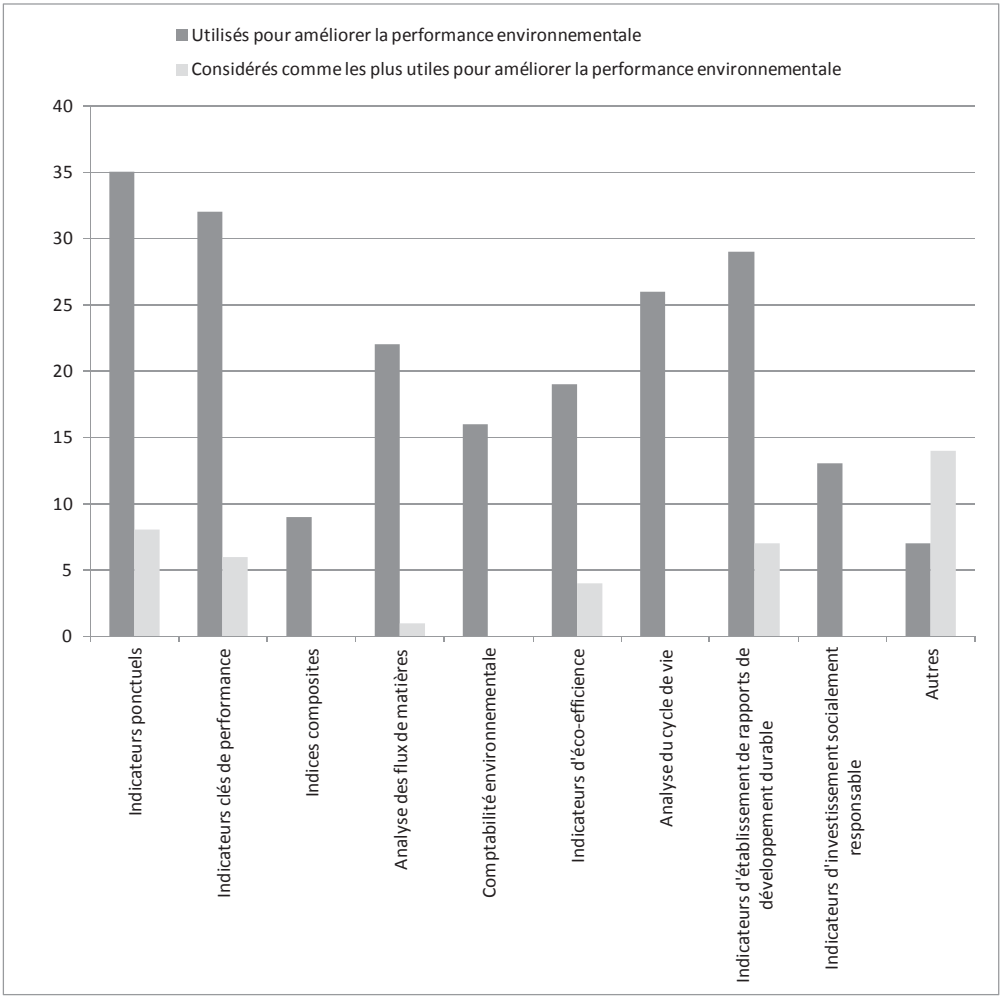
Utilisation actuelle des indicateurs

Il est apparu clairement que toutes les entreprises n'utilisaient pas une seule et même série d'indicateurs, et que l'utilité de ces indicateurs dépendait de la nature des produits ou services et des processus de fabrication. Nombre d'entreprises utilisent des séries d'indicateurs différentes en parallèle, et ces séries ne sont souvent pas comparables d'une activité et d'un secteur à l'autre.

Les séries d'indicateurs les plus largement utilisées dans l'ensemble des secteurs semblent être celles qui sont faciles d'emploi et aisément adaptables à la situation et aux objectifs de chaque entreprise. On doit y ajouter la compilation de données individuelles sur l'environnement (utilisées par 88 % des personnes interrogées) et les ICP (80 %). Par ailleurs, les entreprises interrogées ont en général considéré ces indicateurs comme les plus utiles parce que faciles à adapter aux objectifs de chaque activité particulière. Durant les réunions de groupes spécialisés, cela s'est traduit par l'insistance des participants à souligner combien il était important de disposer d'indicateurs simples et transparents, particulièrement s'ils étaient utilisés pour la communication et l'évaluation comparative externes. Les entreprises interrogées ont également indiqué recourir largement à cette fin à des indicateurs d'établissement de rapports, citant les lignes directrices de la GRI. Globalement, 73 % d'entre elles participent sous une forme ou une autre à un système d'établissement de rapports.

En revanche, pour un usage interne visant à améliorer les processus de fabrication et les produits ou services, des indicateurs fondés sur des méthodologies plus complexes – indicateurs d'AFM, d'éco-efficience et d'ACV – ont été jugés très utiles pour leur capacité à mieux faire comprendre et gérer la performance de l'entreprise. Un certain nombre d'entreprises ont indiqué utiliser ces indicateurs, essentiellement l'ACV (utilisée par 65 % des personnes interrogées) et l'AFM (utilisée par 55 % des personnes interrogées, principalement dans l'industrie chimique). Ceux qui les ont trouvés utiles estiment le plus souvent que l'AFM et l'ACV sont des méthodes bien développées, reconnues à l'échelle internationale, allant au-delà de l'évaluation d'impact individuelle et favorisant par conséquent une progression plus importante et plus systématique vers une production durable. Mais les personnes interrogées, ainsi que les membres des groupes spécialisés, ont cependant également rappelé que ces méthodes de pointe pouvaient être d'un usage difficile pour les PME ou les entreprises manquant d'expérience dans l'utilisation des indicateurs.

Figure 3.4. Utilisation des indicateurs par les entreprises manufacturières



Source : 40 réponses d'industriels à une enquête originale.

Nombre de participants à ces groupes ont fait part d'inquiétudes quant à l'intensité de données de la méthodologie de l'ACV. Il leur a aussi semblé que les informations fournies par l'ACV pouvaient facilement égarer leurs usagers en raison des différences de pondération, d'étendue et de sources de données que l'on observe d'une entreprise à l'autre. Ils ont fait valoir la nécessité d'indicateurs du cycle de vie plus simples et le besoin d'une plus grande transparence concernant les postulats et les sources de données employés par les entreprises dans l'ACV. Il a été avancé qu'une importance

accrue devait être accordée aux informations sur les flux de matières, afin d'envisager l'efficience des ressources dans la perspective de la raréfaction et du renchérissement des matières. Ils ont aussi suggéré que l'impact sur l'environnement devrait s'envisager de manière globale plutôt que sous l'angle de tel ou tel aspect, comme les émissions de CO_2 ou la consommation d'énergie. Les participants ont aussi souligné la nécessité d'étudier le perfectionnement des techniques d'évaluation environnementale, dont la comptabilité environnementale, car cela favoriserait des investissements plus judicieux dans les activités de production durable. Il a été suggéré que les indicateurs fondés sur les ressources comme les indicateurs d'AFM intègrent une évaluation économique reposant sur les coûts et les risques potentiels.

Obstacles à l'adoption d'indicateurs

Les entreprises interrogées ont indiqué que la complexité était le premier obstacle à l'utilisation d'indicateurs du développement durable dans leur production, et ce tout particulièrement dans les PME et les entreprises qui ont peu d'expérience en matière d'évaluation des performances dans ce domaine. Développant ces préoccupations, les participants des groupes spécialisés ont attiré l'attention sur le manque de clarté quant à la teneur et aux modalités des mesures à effectuer, et aussi concernant la manière de rassembler ou d'obtenir les informations requises tout en garantissant un certain niveau de qualité des données. Ce dernier point était particulièrement préoccupant pour les grandes entreprises et pour celles qui dépendaient d'un grand nombre de sous-traitants dans leur chaîne d'approvisionnement.

Autre sujet de préoccupation, peu de séries d'indicateurs sont comparables entre les produits, processus, entreprises ou secteurs. Nombre d'entreprises ne savent souvent pas où elles en sont ou de combien elles ont progressé par rapport à la concurrence. Compte tenu de ces incertitudes, on pourrait considérer les coûts liés à l'élaboration d'indicateurs de durabilité propres comme un obstacle considérable à leur utilisation. De nombreuses entreprises ont également indiqué que l'on ne pouvait pas s'attendre à ce qu'elles viennent seules à bout de tels problèmes. Les membres des groupes spécialisés, notamment ceux de l'industrie électronique, ont également fait observer que les évolutions technologiques rapides pouvaient entraver l'application d'indicateurs de durabilité car le temps manquerait pour élaborer et adopter un système de mesure approprié.

Le rôle des pouvoirs publics et de l'OCDE

Les résultats de l'enquête et des groupes sectoriels spécialisés montrent que la création d'une nouvelle série d'indicateurs suscite peu d'intérêt et que les gouvernements et l'OCDE devraient plutôt s'efforcer d'apporter clarté et cohérence aux indicateurs existants. L'enquête fait apparaître un consensus intersectoriel selon lequel il semblerait que les séries d'indicateurs existantes soit sont trop compliquées ou ne peuvent être comparées, soit suffisent dans l'ensemble pour répondre à la plupart des besoins des entreprises. La nécessité d'harmoniser et de simplifier les indicateurs, mais aussi d'en assurer la promotion, est apparue dans les réunions des groupes sectoriels spécialisés comme un domaine dans lequel les gouvernements et l'OCDE pouvaient jouer un rôle capital. Les personnes interrogées au cours de l'enquête et les participants aux groupes spécialisés ont également souligné que les efforts devaient se porter de préférence sur l'élaboration d'une cartographie des indicateurs existants, sur la mise au point d'une terminologie commune et de méthodologies de mesure normalisées, et sur la fourniture d'instruments d'appui.

Conclusions

Nous avons passé en revue, dans ce chapitre, les séries d'indicateurs existantes qui aident les industriels et les entreprises à suivre et étalonner différents aspects de leur performance, en vue de faire évoluer leurs processus de production et leurs produits ou services dans le sens d'un développement durable. Il existe une multitude de séries de ce type, qui ne font cependant pas l'objet d'une taxinomie et d'une analyse exhaustives. Nous les avons donc réparties en neuf catégories heuristiques : *i)* indicateurs ponctuels ; *ii)* indicateurs clés de performance (ICP); *iii)* indices composites ; *iv)* analyse des flux de matières (AFM) ; *v)* comptabilité environnementale ; *vi)* indicateurs d'éco-efficience ; *vii)* analyse du cycle de vie (ACV) ; *viii)* indicateurs d'établissement de rapports de développement durable ; et *ix)* indices d'investissement socialement responsable (ISR). Nous avons examiné l'efficacité de ces séries d'indicateurs en fonction de critères prédéfinis.

Comme nous l'avons vu plus haut et comme l'ont indiqué les entreprises interrogées dans l'enquête ainsi que les membres des groupes spécialisés, aucune série d'indicateurs parmi les neuf catégories ne couvre tous les éléments que les entreprises manufacturières doivent traiter pour faire évoluer leurs processus de production et leurs produits ou services. Les entreprises gagnent plutôt à combiner plusieurs séries d'indicateurs pour se faire l'idée la plus complète et la plus juste de l'impact qu'elles exercent au plan économique et environnemental tout au long de leur chaîne de valeur et

du cycle de vie de leurs produits. L'élaboration d'indicateurs de la production durable peut être un processus continu et dynamique de détermination d'objectifs et de mesure de la performance.

Il pourrait par exemple être intéressant d'envisager une combinaison d'indicateurs d'AFM, d'ACV et comptabilité environnementale. À eux seuls, les résultats de l'AFM ne peuvent faire apparaître que les grandeurs physiques des flux de matières à travers l'économie (entreprise toute entière, par exemple), mais on pourrait compléter ces résultats par la méthodologie de l'ACV pour intégrer l'aspect cycle de vie des produits. Le recours à la comptabilité environnementale renforcerait la compréhension des liens entre les matières utilisées, les implications financières et l'impact sur l'environnement. Il faut toutefois que les indicateurs, lorsqu'on les utilise pour la prise de décision managériale et la communication externe, soient simples et transparents.

Les indicateurs d'éco-efficience seraient plus utiles si les concepts et les méthodologies étaient unifiés, car ils peuvent servir simultanément des objectifs managériaux et opérationnels. Les indices composites peuvent également garantir que l'équipe de direction de l'entreprise s'engage vis-à-vis de la production durable si les indicateurs opérationnels jouent un rôle central dans le processus indiciel.

Il pourrait en outre s'avérer utile d'affiner et de normaliser les techniques d'évaluation environnementale telles que la comptabilité environnementale. Cela aiderait les entreprises à combiner préoccupations économiques et environnementales, à identifier les synergies positives et à rationaliser la prise de décision concernant les investissements dans des activités de production durable.

La prise en compte du cycle de vie a aidé les entreprises à s'intéresser aux impacts environnementaux au-delà des portes de leurs usines, mais il n'existe à ce jour aucune série d'indicateurs utilisée par ces dernières qui prenne en compte les impacts au niveau du système, au-delà du simple cycle de vie des produits. Pour favoriser « l'innovation systémique » (voir le chapitre 1), il faut une série d'indicateurs permettant d'identifier les impacts des nouveaux processus de production et produits ou services au niveau de l'ensemble du système. L'élaboration au Japon d'un « indicateur de contribution environnementale » par la *Green IT Initiative* est un pas encourageant dans cette direction (encadré 3.10).

Encadré 3.10. Élaboration d'un « indicateur de contribution environnementale » au Japon

La possible contribution des technologies de l'information et des communications (TIC) à la lutte contre les grands problèmes écologiques de la planète a commencé depuis peu à retenir davantage l'attention des industriels et des responsables politiques. Dans son dernier rapport, The Climate Group, organisation à but non lucratif installée au Royaume-Uni, a estimé que le secteur des TIC était actuellement à l'origine d'environ 2 % de l'ensemble des émissions annuelles de CO_2 imputables à l'homme et que ce chiffre doublerait pratiquement d'ici 2020. En modifiant le mode de vie des gens et le mode de fonctionnement des entreprises par une utilisation efficace des TIC, on pourrait réduire les émissions de CO_2 de 15 % durant cette même période. Ces contributions à la sauvegarde de l'environnement passeront par l'utilisation intelligente des TIC dans la conception et l'utilisation des bâtiments, par une logistique intelligente, par des réseaux électriques intelligents et des systèmes de surveillance industrielle, ainsi que par le remplacement des produits et services physiques par leurs équivalents virtuels comme le télétravail, la vidéoconférence et le commerce électronique (The Climate Group, 2008).

Or, si la mesure des impacts sur l'environnement s'intéresse à une entreprise ou un produit unique, de telles contributions à l'échelle du système peuvent passer inaperçues. Pour équilibrer ces impacts négatifs et positifs, l'initiative japonaise *Green IT Initiative* (TI vertes) a commencé à élaborer un « indicateur de contribution environnementale », avec la participation du secteur des TIC. L'initiative a été lancée en 2007 afin d'opérer des changements positifs pour chaque aspect de la production, de la société et de la vie de la nation grâce aux TIC.

L'indicateur de contribution environnementale est défini par la formule suivante :

(Contribution environnementale) =
(ratio d'efficience) × (nombre de ventes) × (ratio de contribution)

Le « ratio d'efficience » est égal à la réduction d'émissions de CO_2 par les produits/activités comparé à la quantité d'émissions sans ces mêmes produits/activités. Le « ratio de contribution » est le ratio de la contribution de l'entreprise à la réduction de CO_2 de ces produits/activités tout au long de leur production et de leur consommation, qui se partage entre les fournisseurs, les fabricants du produit final, les distributeurs et les consommateurs. L'impact net de l'entreprise se calcule en défalquant la contribution environnementale des émissions de CO_2 imputables à l'entreprise:

(Incidence nette) = (émissions de CO_2) - (contribution environnementale)

La création de cet indicateur vise non seulement à encourager le secteur des TIC à envisager plus d'innovation systémique au-delà des coûts et avantages immédiats, mais aussi à faciliter le choix par les consommateurs de produits et services économes en énergie grâce à la prise de conscience de l'incidence nette. L'initiative propose également un mécanisme d'incitation en vertu duquel les administrations et les entreprises peuvent racheter des crédits de réduction d'incidence sur l'environnement aux consommateurs ayant acquis des produits économes en énergie.

Source : ministère japonais de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie (METI) (2008b). « *Green IT Initiative as a policy to provide a solution* », présentation lors de l'atelier de l'OCDE sur les TIC et les défis environnementaux, 22-23 mai 2008, Copenhague.

En général, la plupart des PME et des fournisseurs ne sont pas suffisamment incités à mettre en œuvre des indicateurs de durabilité et font face à des capacités lacunaires dans ce domaine, mais il en va de même pour nombre d'entreprises plus grandes. Toutes ont besoin de commencer par réunir des données pour une série minimale d'indicateurs ponctuels, puis d'élaborer leurs propres indicateurs plus avancés pas à pas. Le *Lowell Centre for Sustainable Production* affirme que les entreprises peuvent commencer par contrôler les questions de conformité, puis entreprendre progressivement de traiter de l'efficience des ressources et d'indicateurs plus complexes portant sur des effets sociaux et sur des considérations touchant à la chaîne d'approvisionnement et au cycle de vie.

Notes

1. Le principe 8 de la déclaration de Rio adopté lors de la CNUED stipule : « Afin de parvenir à un développement durable et à une meilleure qualité de vie pour tous les peuples, les États doivent réduire et éliminer les modes de production non viables et promouvoir des politiques démographiques appropriées ».

2. Singh, par exemple (2008) indique qu'il existe plus de 600 initiatives relatives à l'élaboration d'indicateurs et de cadres pour le développement durable des sociétés.

3. *Paramètre :* propriété mesurée ou observée.

   Indicateur : paramètre ou valeur tirée de paramètres, qui renvoie à un phénomène, un milieu ou un domaine, fournit des informations sur lui ou en décrit l'état, avec une portée qui dépasse celle directement associée à la valeur du paramètre.

   Indice : ensemble de paramètres ou d'indicateurs agrégés ou pondérés.

4. Un guide d'élaboration et d'utilisation d'indicateurs composites à l'intention des pouvoirs publics, des universitaires, des médias et d'autres parties intéressées a été préparé conjointement par l'OCDE et le Centre commun de recherches de la Commission européenne (OCDE, 2003).

5. Un certain nombre d'entreprises d'électronique japonaises appliquant le concept « Facteur X » définissent l'éco-efficience comme le ratio de « valeur produit » (les fonctions dans le cas de Panasonic, par exemple) générée par unité d'incidence environnementale, au lieu d'utiliser la valeur économique ou le coût comme décrit plus haut (Shibaike *et al.*, 2008).

6. Ces préoccupations ont conduit à lancer la *Responsible Care Initiative*, en 1985 au Canada pour répondre aux inquiétudes du grand public sur la fabrication, la distribution et l'utilisation de produits chimiques dans le monde entier.

Bibliographie

Ahmad, M. M. et N. Dhafr (2002), « Establishing and Improving Manufacturing Performance Measures », *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, vol. 18, p. 171-176.

Association européenne de l'aluminium (EAA) (2006), *Sustainability of the European Aluminium Industry 2006*, EAA, Bruxelles.

Bringezu, S. (2003), « Industrial Ecology and Material Flow Analysis: Basic Concepts, Policy Relevance and Some Case Studies », *in* D. Bourg et S. Erkman (dir. pub.), *Perspectives on Industrial Ecology*, p. 20-34, Greenleaf Publishing, Sheffield.

Canon (2007), *Canon Sustainability Report 2007*, Canon Inc., Tokyo.

Celent (2007), *Socially Responsible Investing in the US and Europe: Same goals but different paths*, Celent, Paris.

Conseil européen de l'industrie chimique (CEFIC) (2007), *Responsible Care: Building Trust - Annual Report Europe 2006/2007*, CEFIC, Bruxelles.

Division du développement durable des Nations Unies (UNDSD) (2001), *Environmental Management Accounting Procedures and Principles*, Nations Unies, New York.

Dow Jones Indexes and Sustainable Asset Management (SAM) (2009), *Sustainability World Index Guide Book* (version 11.1), septembre, SAM, Zurich.

Environmental Protection Agency, États-Unis (EPA) (1995), *An Introduction to Environmental Accounting as A Business Management Tool: Key Concepts and Terms*, EPA, Washington, DC.

Epstein, M. J. et M. J. Roy (2001), « Sustainability in action: identifying and measuring the key performance drivers », *Long Range Planning*, vol. 34, p. 585-604.

Fédération internationale des comptables (IFCA) (2005), *Environmental Management Accounting*, IFCA, New York.

Figge, K. et T. Hahn (2004), « Sustainable value added: measuring corporate contributions to sustainability beyond eco-efficiency », *Ecological Economics*, vol. 48, p. 173-187.

Hamner, B. (2005), *Integrating Market-Based Sustainability Indicators and Performance Management Systems*, Cleaner Production International, Seattle, WA.

Hauschild, M. *et al.* (2005), « From life cycle assessment to sustainable production: status and perspectives », *International Academy for Production Engineering (CIRP) Annales*, vol. 54, n° 2, p. 535-555.

Huppes, G. (2007), « Why we need better eco-efficiency analysis: from technological optimism to realism », *Technikfolgenabschätzung: Theorie und Praxis*, vol. 16, n° 3, p. 38-45.

International Iron and Steel Institute (IISI) (2005), *Steel: The Foundation of a Sustainable Future - Sustainability Report of the World Steel Industry 2005*, IISI, Bruxelles.

Jónsdóttir, H. *et al.* (2005), « Environmental benchmarking a tool for continuous environmental improvements in the SME Sector », *NT Technical Report 588*, Nordic Innovation Centre, Oslo.

Krajnc, D. et P. Glavič (2005a), « A model for integrated assessment of sustainable development », *Resources Conservation and Recycling*, vol. 43, p. 189-208.

Krajnc, D. et P. Glavič (2005b), « How to compare companies on relevant dimensions of sustainability », *Ecological Economics*, vol. 55, p. 551-563.

Kytzia, S. (2003), « Material Flow Analysis as a Tool for Sustainable Management of the Built Environment », *in* M. Koll-Schretzenmayr, M. Keiner et G. Nussbaumer (dir. pub.), *The Real and the Virtual World of Spatial Planning*, Springer-Verlag, Berlin.

Matthews, H. S. et L. B. Lave (2003), « Using input-output analysis for corporate benchmarking », *Benchmarking: An International Journal*, vol. 10, n° 2, p. 152-167.

McCool, S. F. et G. H. Stankey (2004), « Indicators of sustainability: challenges and opportunities at the interface of science and policy », *Environmental Management*, vol. 33, n° 3, p. 294-305.

METI (2008b) « Green IT Initiative as a policy to provide a solution », présentation lors de l'atelier de l'OCDE sur les TIC et les défis environnementaux, 22-23 mai, Copenhague.

METI (ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie du Japon) (2008a), « The response from the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) to the OECD questionnaire regarding tools for sustainable manufacturing », METI, Tokyo.

Ministère de l'Environnement, Japon (MoE) (2005), *Environmental Compatibility Guidelines 2005*, MoE, Tokyo.

Nations Unies, Commission européenne, Fonds monétaire international, OCDE et Banque mondiale (2003), *Integrated Environmental and Economic Accounting 2003*, Organisation des Nations Unies, New York.

OCDE (2003), « Composite Indicators of Country Performance: A Critical Assessment », document de travail interne, OCDE, Paris.

OCDE (2005), *Environment at a Glance: OECD Environmental Indicators*, OCDE, Paris.

OCDE (2006), Proposition d'activité sur la production durable, proposition soumise par les États-Unis, document de travail interne destiné au Comité de l'industrie et de l'environnement de l'entreprise.

OCDE (2007), A Study on Methodologies Relevant to the OECD Approach on Sustainable Materials Management, OCDE, Paris. *www.olis.oecd.org/olis/2007doc.nsf/linkto/env-epoc-wgwpr(2007)5-final.*

OCDE (2008a), *Measuring Material Flows and Resource Productivity: Synthesis Report*, OCDE, Paris.

OCDE (2008b), *Measuring Material Flows and Resource Productivity: Volume I. The OECD Guide*, OCDE, Paris.

Olsthoorn, X. *et al.* (2001), « Environmental indicators for business: a review of the literature and standardisation methods », *Journal of Cleaner Production*, vol. 9, p. 453-463.

Organisation internationale de normalisation (ISO) (1997), *ISO 14040: Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre*, ISO, Genève.

Palme, U. et A. M. Tillman (2008), « Sustainable development indicators: how are they used in Swedish water utilities? », *Journal of Cleaner Production*, vol. 16, p. 1346-1357.

Peele, C. (2005), « Substance flow analysis and material flow accounts », document de travail pour l'atelier Framing a Future Chemicals Policy, Boston.

Putnam, D. et Keen, A. (2002), « ISO 14031: environmental performance evaluation », projet soumis au *Journal of the Confederation of Indian Industry*, Altech Environmental Consulting, Toronto.

Rao, P. *et al.* (2006), « Environmental indicators for small and medium enterprises in the Philippines: an empirical research », *Journal of Cleaner Production*, vol. 14, p. 505-515.

Richardson, B. J. (2008), *Socially Responsible Investment Law: Regulating the unseen polluters*, Oxford University Press, Oxford.

Schaltegger, S. et M. Wagner (2006), *Managing and Measuring the Business Case for Sustainability: Capturing the relationship between sustainability performance, business competitiveness and economic performance*, Greenleaf Publishing, Sheffield.

Schmidheiny, S. (1992), *Changing Course*, MIT Press, Cambridge, Massachussetts.

Schmidt, W. P. (2008), « Developing a Product Sustainability Index », *in* OCDE (dir. pub.), *Measuring Sustainable Production*, OECD Sustainable Development Studies, p. 115-126, OCDE, Paris.

Schwarz, J. *et al.* (2002), « Use sustainability metrics to guide decision-making », *Chemical Engineering Progress*, American Institute of Chemical Engineers.

Shibaike, N. *et al.* (2008), « Activity of Japanese Electronics Industry on Environmental Performance Indicator toward Future Standadization », compte-rendu de *Electronics Goes Green 2008+*, p. 473-477, Fraunhofer IZM, Berlin.

Singh, R. K. (2008), « Developing a Composite Sustainability Index », *in* OCDE (dir. pub.), *Measuring Sustainable Production*, p. 97-114.

Singh, R.K. *et al.* (2007), « Development of Composite Sustainability Performance Index for steel industry », *Ecological Indicators*, vol. 7, p. 565-588.

Social Investment Forum (2008), 2007 *Report on Socially Responsible Investing Trends in the United States: Executive summary*, Social Investment Forum, Washington, DC.

The Climate Group (2008) SMART 2020: *Enabling the Low Carbon Economy in the Information Age*, rapport de The Climate Group pour le compte de la Global e-Sustainability Initiative (GeSI), The Climate Group, Londres.

Veleva, V. et M. Ellenbecker (2001), « Indicators of Sustainable Production: Framework and Methodology », *Journal of Cleaner Production*, vol. 9, p. 519-549.

Wackernagel, M. (2008), « Measuring Ecological Footprints », *in* OCDE (dir. pub.), *Measuring Sustainable Production*, p. 49-59.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (2000), *Eco-efficiency: Creating More Value with Less Impact*, WBCSD, Genève.

Chapitre 4

Mesurer l'éco-innovation : les méthodes disponibles pour l'analyse macroéconomique

Les mesures quantitatives peuvent revêtir une grande importance pour comprendre toute la complexité et toute la diversité de l'éco-innovation. Nous passons en revue dans ce chapitre les méthodes de mesure de l'éco-innovation au niveau macroéconomique, et en analysons les forces et les faiblesses. L'appréhension des modalités globales de l'éco-innovation posant de sérieuses difficultés, il importe de recourir à différentes méthodes analytiques – le cas échéant en les combinant – et de s'informer à différentes sources (génériques comme issues d'enquêtes ad hoc*) en tenant bien compte de leur contexte.*

Introduction

L'éco-innovation est un concept nouveau qui revêt une grande importance tant pour l'industrie que pour les responsables de l'action gouvernementale. Elle leur offre un moyen de donner une orientation plus durable à la production industrielle et de réagir de manière systématique aux défis écologiques mondiaux tels que le changement climatique. Comme nous l'avons indiqué au chapitre 1, l'éco-innovation peut concerner tous les types d'innovation qui, par rapport à d'autres solutions possibles, atténuent l'incidence sur l'environnement. Les éco-innovations peuvent être technologiques ou non technologiques (commercialisation, organisation, aspects institutionnels) et motivées par des considérations économiques, environnementales ou mixtes.

La mesure quantitative d'une activité est importante pour éclairer les processus décisionnels des pouvoirs publics et des autres parties prenantes. L'analyse quantitative est de plus en plus utilisée pour appréhender les activités générales d'innovation (voir par exemple OCDE, 2008a ; CE, 2008) et aurait aussi son importance pour comprendre l'éco-innovation. Nous passons donc en revue dans ce chapitre les méthodes existantes de mesure de l'éco-innovation au niveau macroéconomique (sectoriel, régional et national), ainsi que leurs forces et faiblesses, et détaillons les possibilités futures d'amélioration de la mesure de l'éco-innovation.

Pour commencer, ce chapitre fait brièvement le point sur les raisons et les avantages de la mesure de l'éco-innovation (pourquoi mesurer ?). Ensuite, il présente divers aspects de l'éco-innovation qui se prêtent à une mesure quantitative (que mesurer ?). Dans un troisième temps, il expose quatre grandes catégories d'informations qui permettent de cerner l'éco-innovation au travers des statistiques et ensembles de données existants (comment mesurer ?), en citant des exemples des mesures correspondantes, ainsi que leurs avantages et inconvénients. En quatrième lieu, il se penche sur l'utilisation d'enquêtes comme autre vecteur de données sur l'éco-innovation, et examine les enquêtes existantes sur l'éco-innovation, comme le « module » sur l'éco-innovation ajouté à l'Enquête communautaire sur l'innovation 2008 de l'Union européenne (UE), avant de se clore sur une brève conclusion[1].

Avantages de la mesure de l'éco-innovation

Dans un contexte marqué par l'augmentation des coûts d'utilisation des ressources naturelles et de gestion des émissions et des déchets, l'aptitude à l'éco-innovation revêt une importance grandissante pour la compétitivité des

entreprises, des régions et des pays. Pourtant, les technologies environnementales ont été dans une large mesure négligées dans les statistiques économiques, si bien que l'on sait aujourd'hui très peu de choses sur les échanges mondiaux croissants de biens et services bénéfiques pour l'environnement. De même, on manque de connaissances sur l'adoption d'innovations destinées à atténuer l'impact des entreprises, des secteurs et des pays sur l'environnement, et *a fortiori* sur les améliorations environnementales obtenues grâce à la création et à la mise en œuvre d'éco-innovations.

Un travail de mesure pourrait aider à évaluer les avancées qui interviennent dans ce domaine sous divers angles, en permettant par exemple de déterminer quels pays sont les plus en pointe en matière de promotion de l'éco-innovation, ou à quel point ils ont progressé sur la voie du découplage entre croissance économique et dégradation de l'environnement. Elle pourrait aussi permettre d'analyser les moteurs de l'éco-innovation, dont la législation environnementale, ainsi que les conséquences économiques. Mesurer l'éco-innovation peut :

- Aider les décideurs à comprendre, analyser et comparer l'évolution globale des activités d'éco-innovation (hausse, baisse, passage des solutions en bout de chaîne à une production moins polluante et la modification des modèles économiques, etc.), de même que les tendances intéressant des catégories de produits particulières (aérogénérateurs, par exemple).
- Aider les décideurs à identifier les facteurs qui stimulent l'éco-innovation et ceux qui y font obstacle, leur permettant ensuite de mettre à profit cette information pour concevoir des politiques et des conditions-cadres efficaces.
- Permettre de sensibiliser à l'éco-innovation les responsables d'entreprise, les pouvoirs publics et les autres parties prenantes, et d'encourager les entreprises à redoubler d'efforts en la matière en analysant ses avantages.
- Aider la collectivité à faire face aux grands problèmes écologiques mondiaux en rendant les améliorations environnementales qui sont ou peuvent être obtenues par l'éco-innovation plus tangibles pour les producteurs comme pour les consommateurs.

Aspects de l'éco-innovation à mesurer

L'éco-innovation englobe des innovations environnementales tant intentionnelles que fortuites. Les avantages écologiques d'une innovation peuvent ainsi constituer un effet secondaire qui découle d'autres objectifs, tels que la réduction des coûts de production ou la gestion des déchets. Les

éco-innovations peuvent aussi découler de changements institutionnels de valeurs, de savoirs, de normes et de mesures administratives, ainsi que de la mise en place de nouvelles formes de collaboration avec les parties prenantes. Le fait est que quasiment toutes les entreprises peuvent devenir éco-innovantes.

Cette définition large de l'éco-innovation pourrait poser des problèmes aux analystes, qui préfèrent des définitions limitées à un seul type d'activité. Des critiques similaires ont été formulées à l'encontre de la définition de l'innovation présentée dans le *Manuel d'Oslo* (OCDE et Eurostat, 2005) qui couvre un champ tellement vaste que quasiment toutes les entreprises peuvent être innovantes : cela va des entreprises qui achètent pour la première fois une nouvelle technologie « de série » à celles qui mènent des projets de recherche-développement (R-D) sur le long terme et qui englobe à la fois l'innovation technologique et non technologique.

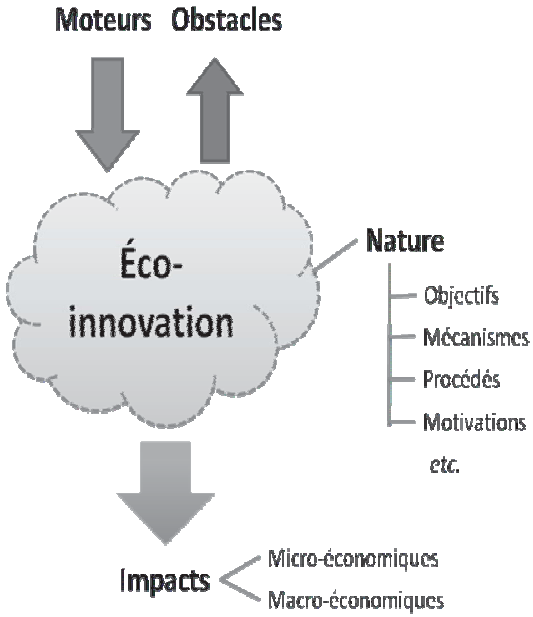
Ce problème de définition tient en partie au fait que l'innovation est une notion relative. Lorsqu'une entreprise utilise pour la première fois un dispositif antipollution, cela représente une innovation pour elle, mais pas pour le fabricant du dispositif. Pour ce dernier, il faudrait que le dispositif soit modifié de façon significative ou qu'une nouvelle technologie soit créée pour que l'on puisse parler d'innovation. Dans le cadre de la mesure de l'innovation, il convient donc de préciser s'il s'agit de mesurer la création d'une innovation ou le premier recours à des produits, des technologies, des services et des pratiques. Une autre distinction importante doit être opérée entre les innovations consistant à améliorer quelque chose qui existe déjà et les innovations débouchant sur quelque chose d'entièrement nouveau.

Ce problème de définition serait résolu par le recueil de données suffisantes pour pouvoir comprendre :

- Comment les entreprises se livrent à l'éco-innovation, ou la nature de l'éco-innovation.
- Les facteurs qui stimulent et ceux qui freinent différents types d'éco-innovation.
- Les impacts de différents types d'éco-innovation.

Les sections ci-après explicitent de manière détaillée chacun de ces trois aspects (figure 4.1).

Figure 4.1. Aspects de l'éco-innovation à mesurer



Nature de l'éco-innovation

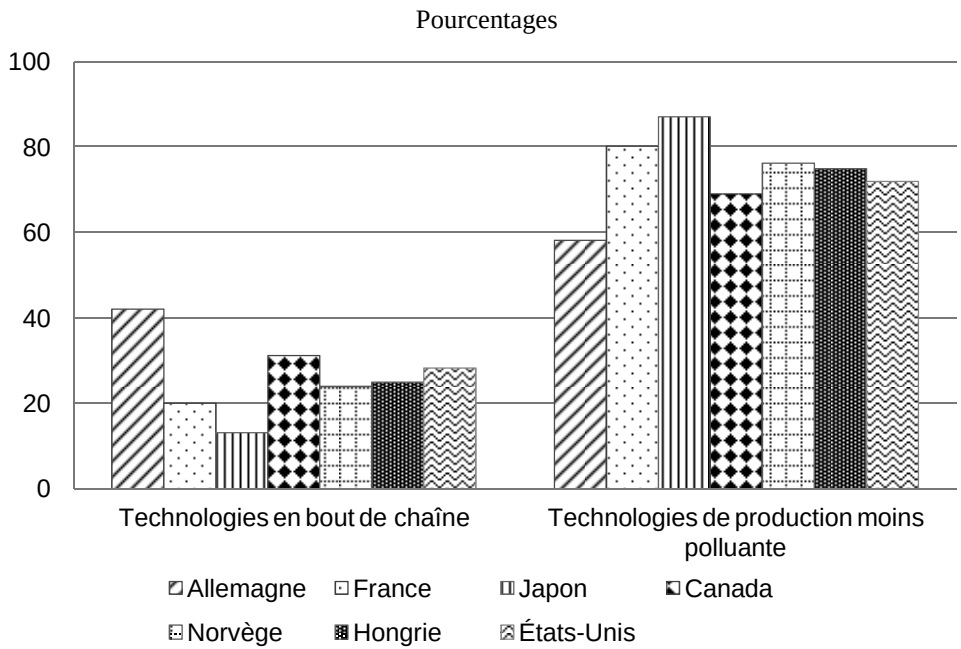
D'une certaine façon, chaque éco-innovation est unique. Plusieurs tentatives ont été faites pour analyser la nature variée de l'éco-innovation en établissant une classification. Sur la base du *Manuel d'Oslo*, le chapitre 1 classe les éco-innovations en catégories en fonction de leurs « objectifs » d'innovation : produits, procédés, méthodes de commercialisation, structures organisationnelles et institutions. Il introduit en plus un deuxième critère de classement, qui est le « mécanisme » utilisé par les entreprises pour introduire l'éco-innovation soit en modifiant des technologies existantes (innovation progressive), soit en créant des solutions entièrement nouvelles voire en transformant le modèle économique (innovation radicale). Le chapitre 1 propose une classification de plusieurs types de processus d'éco-innovation dans les secteurs manufacturiers qui correspondent à différentes combinaisons de ces objectifs et mécanismes – de la lutte antipollution grâce à une production moins polluante et de la démarche du cycle de vie à la production en boucle fermée et à l'écologie industrielle. Enfin, une troisième distinction est opérée entre les éco-innovations à finalité environnementale et celles qui sont réalisées dans un autre but.

Le projet *Measuring Eco-Innovation* (MEI) financé par la Commission européenne (CE) a produit une classification en fonction de la finalité ou de l'objectif des éco-innovations. Celle-ci fait la distinction entre *i)* les technologies environnementales ; *ii)* les innovations d'organisation au service de l'environnement ; *iii)* les innovations de produit et de service porteuses d'avantages environnementaux ; et *iv)* les « innovations systémiques vertes ». Les trois premiers types d'innovation sont en principe mesurables et peuvent donc informer les décideurs sur l'évolution de la nature de l'éco-innovation, comme la perte d'importance des solutions curatives (en bout de chaîne) au profit des solutions préventives (production moins polluante). Les « innovations systémiques vertes » sont les plus difficiles à mesurer, car elles ne renvoient pas à des innovations identifiables, mais à des évolutions systémiques qui mettent en jeu de nombreux changements.

Il est aussi possible de classer certains types d'éco-innovations comme « biens environnementaux ». Cependant, il est difficile d'obtenir un large accord sur la définition des biens environnementaux, ce qui tient principalement au fait que de nombreux biens potentiellement concernés servent à toute une série d'usages autres que la protection de l'environnement. Surtout, les biens environnementaux sont souvent désignés en tant que tels par opposition aux produits de substitution classiques, lesquels peuvent très bien faire l'objet d'un classement strictement identique. Pour l'OCDE (2008b), il est donc impossible d'employer des classifications des marchandises pour élaborer des indicateurs destinés à mesurer l'éco-innovation.

Un autre système simple est axé sur les processus d'innovation et divise ceux-ci selon qu'il s'agit d'innovations tournées vers des solutions en bout de chaîne ou vers la production moins polluante (Frondel *et al.*, 2004). Une enquête menée en 2003 par l'OCDE dans sept pays industrialisés (Allemagne, Canada, États-Unis, France, Hongrie, Japon et Norvège) a montré que les technologies visant une production moins polluante représentaient entre 58 % (Allemagne) et 87 % (Japon) des innovations de procédé bénéfiques pour l'environnement (figure 4.2). En Allemagne, l'investissement dans les technologies en bout de chaîne a chuté. Cela s'explique en partie par une hausse de l'investissement dans les technologies de production moins polluante.

Figure 4.2. Types de technologies environnementales mises en œuvre dans sept pays de l'OCDE



Source : Frondel *et al.* (2004, 2007), « End-of-Pipe or Cleaner Production? An Empirical Comparison of Environmental Innovation Decisions across OECD Countries », *Business Strategy and the Environment*, vol. 16, n° 8, sur la base de données concernant au total 3 100 établissements.

Les travaux de recherche et de mesure antérieurs ont surtout porté sur la lutte antipollution et la limitation des pollutions. Cependant, les activités de recherche et de collecte de données sur l'éco-innovation ne devraient pas se limiter aux produits du secteur des biens et services environnementaux ou aux innovations à finalité environnementale ; elles devraient au contraire prendre en compte toutes les innovations ayant des avantages pour l'environnement. La recherche devrait s'intéresser à la nature de ces avantages et motivations. Comme il existe plusieurs types d'éco-innovation, plusieurs indicateurs sont nécessaires pour rendre pleinement compte des efforts des entreprises en la matière. Par exemple, un indicateur prenant en compte uniquement les innovations tournées vers des solutions en bout de chaîne ne permettrait pas de percevoir le glissement qui s'opère en Allemagne vers des processus intégrés de production moins polluante.

L'éco-innovation : moteurs et obstacles

Rennings et Zwick (2003) recensent cinq moteurs de l'éco-innovation : la réglementation, la demande des utilisateurs, la conquête de nouveaux marchés, la réduction des coûts et l'image. Les moteurs de différents types d'éco-innovation ont aussi été étudiés dans le cadre du projet IMPRESS financé par la CE[2]. Il ressort de cette enquête que les raisons motivant la mise en place de l'éco-innovation sont très loin de se limiter au respect de la réglementation. On peut ainsi citer le désir d'améliorer l'image de l'entreprise, de réduire les coûts, d'obtenir une homologation dans le cadre d'innovations de produit et de service, de sécuriser les marchés existants et d'accroître la part de marché. Le respect de la réglementation environnementale joue un rôle plus important dans les innovations tournées vers la lutte contre la pollution que dans d'autres types d'éco-innovations, en particulier les innovations de service, de distribution et de produit.

S'agissant des obstacles, le Plan d'action de la Commission européenne en faveur des écotechnologies (ETAP) mentionne les facteurs suivants qui freinent l'introduction et la diffusion des écotechnologies (CE, 2004) :

- Les obstacles économiques, qui tiennent au fait que les prix du marché ne reflètent pas les coûts externes des produits et services (tels que les coûts des soins de santé imputables à la pollution atmosphérique urbaine), et que les investissements dans les technologies environnementales ont un coût plus élevé parce qu'ils sont perçus comme risqués, que la mise de fonds initiale est importante ou que le passage des technologies classiques aux écotechnologies est complexe.
- Les règlements et normes, qui peuvent freiner l'innovation lorsqu'ils sont flous ou trop détaillés, alors qu'une législation bien pensée peut au contraire stimuler les écotechnologies.
- L'insuffisance des efforts de recherche, conjuguée au fonctionnement inadapté du système de recherche et aux carences de l'information et de la formation.
- Le manque de capital-risque pour passer du projet à sa concrétisation au niveau de la chaîne de production.
- L'insuffisance de la demande sur le marché, de la part du secteur public aussi bien que des consommateurs.

Ashford (1993) dresse une liste d'obstacles plus complète que l'ETAP. Ces obstacles ont tendance à être imbriqués, ce qui peut les rendre difficiles à surmonter pour les décideurs et les industriels. Ce sont :

- Les obstacles technologiques, comme le manque de technologies disponibles ou l'insuffisance des capacités de fonctionnement.
- Les obstacles financiers, comme le coût élevé de la recherche, l'impossibilité de prévoir les coûts futurs associés à la responsabilité civile, l'impact sur la compétitivité ou l'absence d'économies d'échelle.
- Les obstacles en rapport avec la main-d'œuvre, comme le manque de cadres bien informés ou la réticence à faire appel à des ingénieurs qualifiés.
- Les obstacles réglementaires, comme les dispositions qui dissuadent d'investir dans le recyclage, les incertitudes concernant l'évolution de la réglementation ou l'importance accordée par celle-ci aux traitements en bout de chaîne.
- Les obstacles liés aux consommateurs, comme les spécifications de produits très détaillées ou le risque de perdre des clients en cas de modification des caractéristiques du produit.
- Les obstacles liés aux fournisseurs, comme le manque de prise en charge de l'entretien.
- Les obstacles liés au personnel d'encadrement, comme le manque de coopération entre différents services au sein d'une même entreprise, la réticence à changer de mode opératoire ou l'insuffisance du niveau d'instruction ou de formation du personnel.

Incidences de l'éco-innovation

L'éco-innovation devrait contribuer à découpler la croissance économique de la dégradation de l'environnement et à produire des solutions doublement avantageuses. Cependant, ses incidences économiques en termes de croissance et d'emploi ne sont pas faciles à déterminer et sont susceptibles de varier selon le type d'éco-innovation et le contexte dans lequel elles sont employées. L'éco-innovation peut engendrer une hausse de l'emploi et de la richesse économique dans le secteur producteur, mais aussi augmenter les coûts supportés par les secteurs utilisateurs, auquel cas les créations d'emplois dans le premier peuvent ne pas compenser les destructions d'emplois dans les seconds. L'éco-innovation peut engendrer une hausse de l'emploi et de la richesse économique dans le secteur producteur grâce à la loi sur la priorité aux énergies renouvelables qui impose en Allemagne, par exemple, des tarifs d'achat élevés pour l'électricité d'origine renouvelable ; mais les consommateurs et les industriels, du coup, paient plus cher l'électricité, ce qui peut nuire à la compétitivité des secteurs gros consommateurs d'électricité.

Il n'est pas toujours aisé d'identifier les effets de l'éco-innovation sur l'environnement. Il importe de noter que de nombreuses éco-innovations ont pu jusqu'ici contribuer à un *découplage relatif* dans les pays de l'OCDE, c'est-à-dire à une baisse des niveaux d'émissions par rapport à la croissance économique, mais que l'impact de beaucoup de polluants a quand même continué d'augmenter en termes absolus dans la plupart des pays. Un *découplage total* suppose non seulement que l'éco-innovation réduise les pollutions au niveau microéconomique, mais aussi une absence d'« effets rebonds » au niveau macroéconomique.

Si les entreprises sont surtout préoccupées par les incidences micro-économiques, ce sont généralement les incidences macroéconomiques qui comptent le plus pour les responsables de l'élaboration des politiques. Les liens entre les incidences microéconomiques et macroéconomiques sont complexes et mettent en jeu de nombreux effets intersectoriels et de rétroaction. Ainsi :

- Les éco-innovations qui permettent des économies de coûts créent des richesses, lesquelles sont dépensées pour acquérir des biens et services qui peuvent avoir des répercussions dommageables sur l'environnement, ce qui engendre des pressions environnementales secondaires.
- Les éco-innovations qui augmentent les coûts sont susceptibles de contribuer à un découplage absolu, mais peut-être au prix d'une croissance économique plus faible.
- Même si de nombreux produits nouveaux sont plus respectueux de l'environnement que des produits anciens, les améliorations environnementales qui en découlent sont dans l'ensemble atténuées par la croissance économique que ces innovations suscitent.
- La prise en compte de tous les impacts de l'éco-innovation nécessite une analyse du cycle de vie sur l'ensemble de la chaîne de valeur, de l'extraction des ressources jusqu'à la gestion des déchets.
- Les comportements au niveau microéconomique peuvent être affectés par des facteurs macroéconomiques comme la fiscalité et la réglementation.

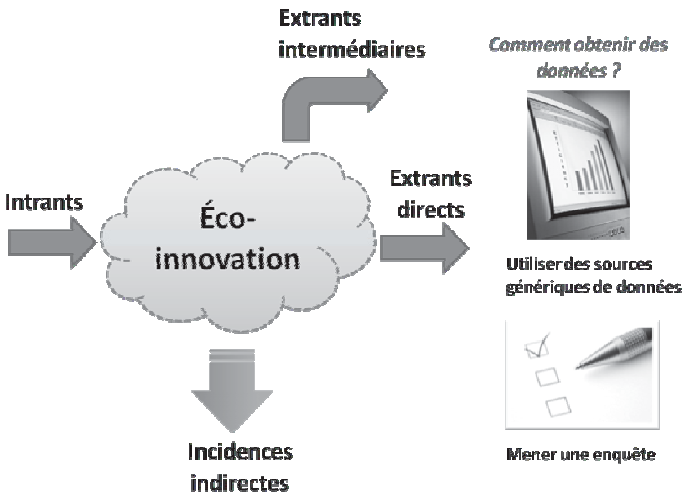
Mesurer l'éco-innovation à l'aide de sources génériques de données

En l'occurrence, les quatre catégories de données ci-dessous, qui renvoient aux « intrants », aux « extrants » et aux « impacts » de l'éco-innovation, peuvent être employées pour la mesure et l'analyse :

- **Mesure des intrants** : par exemple, dépenses de recherche-développement (R-D), personnel de R-D, autres dépenses d'innovation (comme les investissements en biens incorporels, dont les dépenses de conception et les coûts des logiciels et de la commercialisation).
- **Mesure des extrants intermédiaires** : par exemple, nombre de brevets ou nombre et type de publications scientifiques.
- **Mesure des extrants directs** : par exemple, nombre d'innovations, descriptions d'innovations particulières, ventes de nouveaux produits issus de l'innovation.
- **Mesure des incidences indirectes** : par exemple, évolution de la productivité et de l'efficacité de l'utilisation des ressources.

Ces données peuvent être obtenues d'une part en recourant à des sources génériques de données d'accès aisé qui ne sont pas collectées spécifiquement pour mesurer l'éco-innovation, et d'autre part en conduisant des enquêtes conçues expressément à cette fin (figure 4.3). Cette section examine les méthodes qui permettent d'utiliser des sources génériques de données, tandis que la section suivante analyse les méthodes d'enquête. Des exemples tirés d'études existantes sont présentés à l'appui de la description de chaque méthode.

Figure 4.3. Possibilités de mesure de l'éco-innovation



Mesures des intrants

En dépit de certains inconvénients, les statistiques de la R-D sont largement utilisées dans les travaux de recherche sur l'innovation. Ces statistiques ont tendance à rendre compte des activités formelles de R-D, qui sont généralement réalisées à l'intérieur de laboratoires d'entreprises manufacturières, et à sous-estimer les activités de R-D menées par les petites entreprises ou le secteur des services, dont l'exécution a souvent un caractère plus informel (Kleinknecht *et al.*, 2002). En outre, les données relatives à la R-D ne tiennent pas compte des activités d'innovation non technologique et ignorent donc les éco-innovations concernant la commercialisation, l'organisation, les aspects institutionnels, etc.

Les données relatives à la « R-D environnementale » couvrent un champ très limité. Les seules données cohérentes dont on dispose à l'échelle de l'OCDE concernent les crédits budgétaires publics de R-D (CBPRD) qui correspondent à l'objectif « surveillance et protection de l'environnement ». Ces données portent sur les crédits budgétaires et non sur les dépenses effectives. Elles englobent à la fois les dépenses courantes et les dépenses d'investissement, et elles couvrent non seulement la R-D financée sur fonds publics qui est exécutée dans des établissements publics, mais aussi la R-D financée sur fonds publics qui est exécutée dans le secteur des entreprises, dans le secteur associatif, dans le secteur de l'enseignement supérieur et à l'étranger (Wilén, 2008).

S'agissant du secteur privé, la R-D environnementale peut être définie de deux façons : d'un côté pour ses visées environnementales, de l'autre pour ses objectifs d'atténuation des répercussions environnementales dans l'entreprise ou ailleurs (sur le lieu d'utilisation, par exemple). Des statistiques répondant à l'une ou l'autre de ces définitions seraient utiles, mais les sources génériques de données telles que les enquêtes officielles sur la R-D n'en proposent pas de façon systématique. Il ressort d'enquêtes spécialisées que certains types de données sur la R-D environnementale du secteur privé pourraient être recueillis dans le cadre des enquêtes officielles sur la R-D (voir à ce sujet la section suivante).

Mesure des extrants intermédiaires

La mesure des extrants intermédiaires porte sur les brevets et les publications et citations scientifiques. Les données relatives aux brevets sont celles qui sont les plus couramment utilisées pour établir des indicateurs intermédiaires des inventions (Dodgson et Hinze, 2000). Un brevet confère à celui auquel il est accordé le droit exclusif d'exploiter (produire, utiliser, vendre ou importer) une invention pour une durée limitée (20 ans à partir de la date de dépôt) dans le pays où la demande a été déposée. Les brevets sont

accordés sur des inventions qui répondent aux conditions de nouveauté, d'activité inventive et d'application industrielle (OCDE, 2004), mais il n'est pas nécessaire qu'ils fassent l'objet d'une exploitation commerciale. Par conséquent, ils ne constituent pas une mesure directe de l'innovation. En outre, les critères de nouveauté et d'utilité appliqués pour accorder un brevet ne sont pas forcément stricts. L'Office européen des brevets (OEB) accède à environ 70 % des demandes de brevet, et l'Office des brevets et des marques des États-Unis (PTO) à environ 80 %.

Cela étant, les brevets présentent plusieurs avantages par rapport aux dépenses de R-D : *i)* ils donnent explicitement une indication de la production de l'activité d'invention ; *ii)* ils peuvent être ventilés par groupe de technologies ; et *iii)* ils permettent une couverture à la fois large et détaillée des technologies (Lanjouw et Mody, 1996). En outre, ils reposent sur un critère objectif qui évolue petit à petit puisqu'ils sont accordés sur la base de la nouveauté et de l'utilité (Griliches, 1990).

Par conséquent, le nombre de brevets peut servir d'indicateur du niveau des activités d'innovation dans le domaine de l'environnement. Comme on le fait pour l'innovation en général, on peut utiliser les brevets relatifs aux éco-inventions pour mesurer les activités de recherche et d'invention et pour étudier l'orientation de la recherche dans un domaine technologique donné. Étant donné que c'est l'impact environnemental qui détermine si une innovation est une éco-innovation, pour qu'un brevet soit considéré comme un « éco-brevet », il faut que le gain environnemental soit décrit ou qu'il existe déjà des données sur les avantages environnementaux d'une classe de brevets. Sinon, les inventions porteuses d'avantages environnementaux non intentionnels ne sont pas recensées dans le cadre de l'analyse des brevets.

Le projet MEI propose une méthode en quatre étapes pour repérer les « éco-brevets » (MERIT *et al.*, 2008) :

1. Choisir des paramètres pertinents (il peut s'agir par exemple d'un polluant tel que le dioxyde de soufre [SO_2], ou d'une technologie environnementale telle que l'électricité éolienne).

2. Procéder à un premier tri en recherchant dans les brevets des mots-clés qui correspondent aux aspects pertinents des technologies environnementales.

3. Examiner les résumés des brevets ainsi sélectionnés afin de déterminer s'ils sont effectivement pertinents et écarter ceux qui ne le sont pas.

4. Extraire les familles de brevets. Il s'agit de demandes de brevet déposées dans des pays autres que le sien. Cela aide à écarter les brevets de peu d'importance.

Des méthodes similaires peuvent être appliquées aux publications scientifiques des entreprises. Celles-ci peuvent signaler des compétences scientifiques ou un intérêt pour la communication scientifique dans un domaine particulier. La collaboration entre établissements scientifiques et industriels peut être mesurée par la production conjointe de publications ou de brevets (Dodgson et Hinze, 2000).

L'OCDE s'est employée à produire des statistiques de l'éco-innovation sur la base de l'analyse des brevets. Des classes de la Classification internationale des brevets (CIB) correspondant à des écotechnologies particulières ont été identifiées : les autres modes de propulsion des véhicules, les technologies d'atténuation du changement climatique, ainsi qu'un large éventail de technologies environnementales. Auparavant centrée sur les technologies de lutte antipollution, la recherche s'est récemment réorientée vers les technologies des énergies renouvelables et des véhicules à carburants de substitution.

La création par l'OEB et l'OCDE de la base de données PATSTAT représente une évolution importante. Cette base de données, qui contient 70 millions de demandes de brevet déposées dans 80 pays, permet de recenser tout à la fois les inventions « environnementales » qui concernent des solutions en bout de chaîne et les « innovations technologiques plus intégrées » qui sont porteuses d'avantages environnementaux, comme les piles à combustible destinées à alimenter les véhicules à moteur (OCDE, 2008b).

L'analyse des brevets peut aussi être utilisée pour mesurer les transferts de technologie. L'idée est que les données sur les demandes de brevet permettent de « tracer » en partie les trois vecteurs identifiés de transfert de technologie (échanges, investissement direct étranger et concession de licences). L'OCDE (2008b) propose d'utiliser les « doublons » (brevets obtenus dans plusieurs pays) comme mesure des transferts de technologie. Une corrélation positive a été constatée entre les doublons et les exportations de technologies éoliennes.

Le recours aux données relatives aux brevets présente un certain nombre d'inconvénients. Ainsi, toutes les éco-innovations ne peuvent pas être recensées au travers des brevets. Les brevets environnementaux permettent surtout de mesurer les inventions qui sous-tendent certaines – mais pas l'ensemble – des innovations de produit et des technologies en bout de chaîne bénéfiques pour l'environnement. En revanche, leur analyse est moins utile pour mesurer les innovations d'organisation et de procédé, dont beaucoup ne font pas l'objet de brevets.

En outre, la valeur commerciale potentielle des brevets est extrêmement variable. Différentes méthodes permettent d'évaluer cette valeur. On peut par exemple demander aux détenteurs de brevets ce que ceux-ci leur ont rapporté dans le passé et la valeur marchande potentielle de leurs droits, examiner les renouvellements de brevets, ou encore utiliser le nombre de citations comme une mesure indirecte de la valeur commerciale. Dans ce contexte, la base de données de l'OCDE sur les familles triadiques de brevets présente un grand intérêt car elle rassemble des données sur les inventions « de qualité ». L'utilisation de familles de brevets – c'est-à-dire de demandes de brevet assorties de la même date de priorité dans différents pays – permet d'axer l'analyse sur les innovations les plus précieuses. En effet, le dépôt d'un brevet à l'étranger induisant des coûts supplémentaires, les brevets qui n'ont pas une grande valeur ne sont généralement déposés que dans le pays de l'inventeur.

Mesure des extrants directs

La mesure des extrants directs concerne le contenu et l'ampleur des éco-innovations effectives. Les annonces paraissant dans les journaux professionnels[3] et les bases de données d'informations sur les produits sont d'importantes sources génériques de renseignements sur ce contenu et cette ampleur. Parmi les exemples figure la base de données « *Green Cars* » de Yahoo!

Très peu de bases de données sur les produits contiennent des informations environnementales. Pour certains types de produits, une base de données sur les extrants de l'éco-innovation pourrait être créée en rassemblant les annonces de nouveaux produits paraissant dans les revues techniques et professionnelles ou en examinant les informations sur les produits communiquées par les producteurs. Cette méthode présente les avantages suivants :

- Elle mesure les innovations effectivement introduites sur le marché.
- Il n'y a pas de décalage, en ce sens que la publication des annonces est proche de la date de commercialisation.
- La collecte des données est relativement bon marché et ne nécessite pas l'établissement de contacts directs avec les entreprises innovantes.
- La description permet de déduire certaines informations sur l'innovation, comme sa nature (progressive ou radicale) et ses caractéristiques en termes de performances.

La méthode a cependant aussi des inconvénients :

- Il faut disposer d'une sélection de revues adéquate pour assurer une couverture complète.
- Les revues techniques et professionnelles rendent rarement compte des innovations de procédé réalisées en interne.
- Même s'il est possible de dénombrer les innovations, l'évaluation de leur importance est subjective.

Les informations issues des journaux professionnels sont souvent disponibles sous forme électronique. Les informations concernant les produits peuvent aussi se trouver sur Internet. Les chercheurs peuvent ainsi suivre l'évolution des caractéristiques des produits en termes de performances. Les bases de données contenant des informations destinées aux consommateurs et les annonces disponibles sous forme numérique sont négligées, alors qu'elles représentent une source d'indicateurs sur les extrants de l'innovation que l'on pourrait exploiter de manière plus approfondie pour obtenir des mesures utiles.

Il importe de noter que ces sources génériques ne fournissent que rarement, voire jamais, des informations permettant de mesurer les extrants en termes de revenus ou d'effet des éco-innovations sur les coûts de production. De telles indications nécessitent des enquêtes spécialisées (abordées dans la section suivante).

Mesure des incidences indirectes

L'éco-innovation peut être mesurée indirectement sur la base de données sur l'évolution de l'impact environnemental absolu ou sur les changements intervenus dans la productivité des ressources. L'« éco-efficience » est l'un des indicateurs les plus courants de la productivité des ressources ; elle est généralement mesurée au niveau des produits ou services (voir le chapitre 3). Elle désigne communément une « réduction de l'impact environnemental par unité de valeur des produits ou services », selon la formule ci-après (WBCSD, 2000) :

$$\textit{Éco-efficience} = \frac{\textit{impact environnemental}}{\textit{valeur des produits ou services}}$$

Une amélioration du ratio d'éco-efficience est un signe d'éco-innovation. Ce ratio peut être calculé pour les procédés des entreprises, les produits, les secteurs d'activité et les nations, à partir de données génériques sur la valeur ajoutée ou sur les émissions au niveau sectoriel ou national, qui proviennent des systèmes de comptabilité nationale et d'enquêtes spécialisées. On peut aussi de plus en plus souvent mettre au point des évaluations comparatives

pour telle ou telle entreprise en partant des microdonnées de ses rapports de développement durable. Dans le cadre d'une telle évaluation des performances à partir de données microéconomiques, la difficulté consiste notamment à faire entrer en ligne de compte les paramètres environnementaux dans l'ensemble de la chaîne de valeur, car cela nécessite de combiner les données de différentes entreprises. Pour être utiles à l'évaluation comparative, les données d'entreprises individuelles doivent être ventilées par unité fonctionnelle (produit ou procédé de production).

Il existe d'autres méthodes que les indicateurs d'éco-efficience pour suivre la productivité des ressources, dont l'empreinte écologique, l'analyse des flux de matières (AFM), l'intensité de matière par unité de service (MIPS) et le sac à dos écologique (Mill et Gee, 1999 ; voir le chapitre 3). Il importe cependant de noter l'absence de lien causal simple entre éco-innovations et éco-efficience, dans la mesure où la variation de l'éco-efficience peut refléter des facteurs tels que des changements sectoriels et des substitutions liées aux prix et non à l'innovation.

Évaluation d'ensemble et suggestions

Les sources génériques de données sont les mieux à même de fournir des données sur certains aspects de l'éco-innovation tels que la typologie des investissements qui lui sont consacrés, ou sur le nombre de types différents d'éco-innovations intermédiaires et mises sur le marché. En revanche, aucune de ces sources ne donne d'informations sur les facteurs qui stimulent l'éco-innovation et ceux qui y font obstacle, sur les revenus qu'elle génère ou sur ses effets sur les coûts de production, et seules quelques-unes sont capables de renseigner sur les impacts de l'éco-innovation. Même si toutes les méthodes ne se valent pas forcément, il n'existe pas d'indicateur dérivé de sources génériques de données qui soit idéal pour la mesure de l'éco-innovation, car chacun présente des avantages et des inconvénients. Pour comprendre les principaux schémas d'éco-innovation et leurs moteurs, il importe d'envisager ensemble des indicateurs différents, éventuellement en recourant à la mise en correspondance de données, à l'établissement d'une liste d'indicateurs phares ou à l'élaboration d'un indice composite.

On pourrait redoubler d'efforts pour obtenir des mesures directes des extrants de l'éco-innovation en faisant appel aux sources génériques d'informations documentaires et numériques, en complément des mesures des intrants de l'innovation (comme les dépenses de R-D) ou des extrants intermédiaires (comme les délivrances de brevets). L'éco-innovation peut aussi être suivie indirectement, sur la base de l'évolution de l'efficacité de l'utilisation et de la productivité des ressources. Ces deux pistes n'ont pas été

suffisamment explorées et pourraient être utilisées afin d'étoffer une base de connaissances pour l'instant assez étroite.

Il conviendrait de combiner les méthodes de mesure de l'éco-innovation. Voici comment on pourrait procéder concrètement :

- Prendre contact avec un échantillon d'inventeurs et les interroger sur les brevets, pour déterminer par exemple à quel point leurs efforts sont stimulés par des règlements particuliers, des préoccupations environnementales, les gains économiques, etc.
- Comparer les grandes tendances en matière de brevets à celles caractérisant la R-D et aux données sur les extrants de l'innovation recueillies via l'analyse des sources documentaires et numériques, ce qui aiderait à apprécier la valeur de l'analyse des brevets et à obtenir des résultats de recherche plus fiables reposant sur plusieurs sources de données.
- Combiner des informations macroéconomiques sur l'éco-efficience avec des microdonnées provenant des entreprises sur l'éco-innovation technologique et non technologique, afin de mieux cerner les liens entre mesures microéconomiques et macroéconomiques.
- Combiner des informations sur les investissements dans l'innovation en général avec des informations sur l'éco-innovation et la performance environnementale.

Si l'on pouvait relier les données de différentes bases de données, l'étude de l'éco-innovation pourrait s'en trouver sensiblement améliorée. Par exemple, l'OCDE (2008b) estime qu'il devrait être possible de mettre en rapport les informations sur les entreprises figurant dans la base de données PATSTAT et d'autres ensembles de données sur l'emploi dans les entreprises et leur rentabilité. Cela permettrait d'analyser l'impact de l'éco-innovation (mesurée indirectement par l'activité en matière de brevets) sur la performance des entreprises.

Mesurer l'éco-innovation à l'aide d'enquêtes

Par rapport aux données et statistiques existantes, les enquêtes sur les activités d'éco-innovation des entreprises peuvent fournir aux chercheurs des informations plus détaillées sur un certain nombre d'aspects de l'éco-innovation, comme l'investissement dans différents types d'éco-innovation, et des informations sur les moteurs, obstacles et impacts inhérents à l'éco-innovation. Ces données permettraient de procéder à une analyse économétrique des effets de différents déterminants sur les résultats. Les

résultats des enquêtes réalisées au niveau des entreprises ou des établissements peuvent aussi être agrégés pour produire des statistiques sectorielles, régionales ou nationales.

Cette section aborde les différentes approches adoptées dans le cadre des enquêtes antérieures sur l'éco-innovation, et évalue leurs avantages et leurs inconvénients. Elle présente la prochaine Enquête communautaire sur l'innovation (ECI) de l'UE, qui contient une page de questions facultatives sur l'éco-innovation, et passe en revue les enquêtes nationales consacrées aux dépenses de lutte contre la pollution. Pour finir, elle expose les types de questions que l'on pourrait incorporer dans les enquêtes futures.

Les enquêtes existantes sur l'éco-innovation

Il existe deux grandes sources d'indicateurs d'enquête[4]. La première est constituée des grandes enquêtes officielles sur l'innovation, qui sont réalisées régulièrement auprès de milliers d'entreprises. La seconde se compose d'enquêtes de moindre envergure qui sont menées ponctuellement par des universitaires, des instituts de recherche ou des organismes publics, et qui ont généralement une portée géographique ou sectorielle limitée.

Les grandes enquêtes nationales sur l'innovation réalisées en Europe et en Australie, au Canada, en Corée, au Japon et en Nouvelle-Zélande comportent quelques questions qui présentent un intérêt pour l'éco-innovation. Par exemple, l'ECI 2006 de l'UE a demandé aux répondants d'indiquer dans quelle mesure leurs innovations de produit et de procédé avaient pour effet de faire baisser la consommation de matières et d'énergie par unité produite, de réduire les incidences sur l'environnement ou d'améliorer la santé et la sécurité. Contrairement aux données sur les dépenses de lutte contre la pollution (voir ci-après) et à celles issues de bon nombre d'analyses des brevets, les réponses à ces questions fournissent des informations sur la prévalence de l'innovation porteuse d'avantages environnementaux qui ne sont pas limitées à l'éco-innovation intentionnelle. En outre, les informations sur l'éco-innovation peuvent être reliées à d'autres données sur les stratégies et les caractéristiques des entreprises en matière d'innovation. L'inconvénient de ces enquêtes tient surtout au fait que, jusqu'ici, les seules données qu'elles ont permis de recueillir portaient soit sur la diminution de la consommation de matières et d'énergie, soit sur la « réduction des incidences sur l'environnement » de façon générale. Par ailleurs, la dernière question posée associe malheureusement l'impact sur l'environnement à des répercussions potentiellement fortuites sur la santé ou la sécurité.

L'éco-innovation a été traitée de façon beaucoup plus approfondie dans plusieurs autres enquêtes de moindre envergure (qui sont résumées dans le

tableau 4.1)[5]. Dans la plupart d'entre elles, les entreprises ont été interrogées non sur leurs activités internes d'innovation, mais sur l'adoption de technologies environnementales destinées à améliorer leurs processus internes (technologies antipollution ou procédés moins polluants). Le tableau montre pour chaque enquête la population d'entreprises ciblées, le nombre de réponses et le taux de réponse, ainsi que la nature des questions posées. Il indique par exemple si l'enquête comportait des questions sur le type d'innovation (système de gestion, adoption de technologies ou technologies mises au point en interne), sur les motivations ou les moteurs de l'éco-innovation, sur ses effets économiques, ainsi que sur les sources de connaissances ou les obstacles en matière d'éco-innovation. Comme le montre la troisième colonne, de nombreuses enquêtes environnementales spécialisées ne peuvent atteindre les mêmes taux de réponse que des enquêtes officielles sur l'innovation. Ces faibles taux de réponse font que les taux de prévalence sont sujets à caution. Pour traiter ce problème, une possibilité consiste à réaliser une analyse des non-réponses pour déterminer s'il existe des différences notables entre les entreprises qui ont et celles qui n'ont pas répondu. Jusqu'à présent, cette technique a été rarement utilisée dans les enquêtes sur l'éco-innovation.

Parmi les enquêtes énumérées au tableau 4.1, quatre portent spécifiquement sur l'éco-innovation (Green *et al.*, 1994 ; Lefebvre *et al.*, 2003 ; Rennings et Zwick, 2003 ; Johnstone, 2007). Une cinquième concerne les biotechnologies en général, mais comporte de nombreuses questions sur l'éco-innovation (Arundel et Rose, 1999). Ces cinq études sont les seules qui font la distinction entre l'innovation en tant que processus de création et l'innovation en tant que processus d'adoption.

Ces « petites » enquêtes se concentrent pour la plupart sur les motivations et les moteurs de l'éco-innovation, et sur ses effets sur le plan des coûts, de l'emploi et des compétences. Les trois études axées sur l'emploi et les compétences concernent l'Europe (Pfeiffer et Rennings, 2001 ; Getzner, 2002 ; Rennings et Zwick, 2003). Aucune n'obtient des données d'intervalle sur les effets sur l'emploi (par exemple, variation en pourcentage du nombre d'emplois dans un sens ou dans l'autre), car les répondants sont rarement en mesure de fournir des estimations précises. Elles présentent soit des données par catégorie (hausse ou baisse de l'emploi, avec des catégories de pourcentages telles que 10-25 %), soit des données nominales (hausse ou baisse de l'emploi, oui ou non). À titre d'exemple, d'après Pfeiffer et Rennings (2001), entre 84 % et 91 % des entreprises allemandes (selon le type d'éco-innovation) déclarent que l'innovation n'a pas d'effet sur l'emploi, et moins de 5 % font état d'une baisse de l'emploi.

Tableau 4.1. Liste des enquêtes existantes sur l'éco-innovation

Référence	Entreprises ciblées	Réponses (taux de réponse)	Type d'innovation	Motivations et moteurs	Effets économiques	Sources de connaissances / obstacles
Steger, 1993	Entreprises manufacturières et entreprises de services allemandes	592 (non précisé)	A	✓	C	
Green *et al.*, 1994	Entreprises britanniques intéressées par des programmes d'aide publique	169 (21 %)	A, CR	✓		
Arundel & Rose, 1999	Entreprises canadiennes actives dans des secteurs pouvant se prêter à des applications des biotechnologies	2 010 (86 %)	A, CR	✓	C	SC, O
Blum-Kusterer et Hussain, 2001	Entreprises pharmaceutiques allemandes et britanniques	32 (21 %)	G	✓		O
Pfeiffer et Rennings, 2001	Entreprises manufacturières allemandes	400 (45 %)	A	✓	E, S	
Getzner, 2002	Entreprises EMAS/ISO en Allemagne, en Autriche, en Espagne, en France, aux Pays-Bas et en Suède	407 (16 %)	A	✓	E, S	
Andrews *et al.*, 2002	PME en Australie	145 (29 %)	G, A		C	SC
Lefebvre *et al.*, 2003	PME actives dans quatre secteurs au Canada	368 (méthode des quotas)	G, A, CR	✓		
Rennings et Zwick, 2003	Entreprises manufacturières et entreprises de services en Allemagne, en Italie, aux Pays-Bas, au Royaume-Uni et en Suisse	1 594 (non précisé pour tous les pays)	A, CR	✓	C, E, S	
Scott, 2003	Entreprises manufacturières des États-Unis	132 (16 %)	RD	✓		SC
Zutshi et Sohal, 2004	Entreprises ISO 14001 en Australie et Nouvelle-Zélande	143 (46 %)	G	✓		SC, O
Johnstone, 2007 ; Frondel *et al.*, 2004	Entreprises de plus de 50 salariés dans tous les secteurs manufacturiers	4 200 (25 %)	G, A, CR, RD	✓	C	

Type d'innovation : G : systèmes de gestion, A : adoption de technologies, CR : création de technologies (innovation mise au point en interne), RD : R-D environnementale. **Effets économiques :** C : coûts, E : emploi, S : compétences. **Motivations et moteurs :** ✓ = les éléments ont été examinés. **Sources de connaissances / obstacles :** SC : sources de connaissances, O : obstacles à l'adoption.

Source : Arundel *et al.* (2007), « Indicators for Environmental Innovation: What and How to Measure », *in* Marinova, Annandale et Phillimore (dir. pub.), *International Handbook on Environment and Technology Management*, Edward Elgar, Cheltenham, actualisé en fonction de Johnstone (2007) et Frondel *et al.* (2004).

Ce sont les sources de connaissances et les obstacles qui retiennent le moins l'attention dans les études sur l'éco-innovation. L'enquête d'Andrews *et al.* (2002) fait toutefois exception, puisqu'elle a demandé aux entreprises si elles partageaient leurs connaissances et leur expérience en matière de production moins polluante avec d'autres entreprises et des associations professionnelles. Il s'agit là d'un domaine dans lequel il serait très utile de mener à l'avenir des recherches en opérant des recoupements avec les données sur les comportements en matière de concession de licences, car l'objectif des pouvoirs publics consistant à encourager l'exploitation des sources de connaissances pourrait se heurter à un intérêt stratégique des entreprises – celui de garder le secret sur leurs éco-innovations.

L'enquête de Statistique Canada (Arundel et Rose, 1999) sur les applications des biotechnologies est la seule qui couvre les trois aspects de la mesure de l'éco-innovation. Elle a demandé aux répondants si leur entreprise utilisait ou prévoyait d'utiliser l'une des cinq biotechnologies environnementales qui avaient été définies avec soin. Ceux ayant indiqué utiliser au moins une de ces technologies étaient ensuite invités à répondre à une série de questions sur les investissements, les raisons de l'adoption de la technologie, les difficultés de mise en œuvre, les résultats obtenus, ainsi que les principales sources d'information internes et externes aidant à adopter des biotechnologies environnementales (Arundel et Rose, 1999).

Les deux plus importantes enquêtes spécialisées consacrées jusqu'ici à l'éco-innovation sont celle menée dans le cadre du projet IMPRESS financé par la CE (voir plus haut) et l'enquête de l'OCDE sur la politique de l'environnement et la gestion au niveau des entreprises (Johnstone, 2007). La première a été réalisée au moyen d'entretiens téléphoniques auprès de 1 594 entreprises industrielles et entreprises de services sélectionnées de façon aléatoire dans huit secteurs d'activité et cinq pays européens (Allemagne, Italie, Pays-Bas, Suisse et Royaume-Uni). Elle a permis d'obtenir des mesures des effets économiques des « plus importantes innovations environnementales » introduites par l'entreprise au cours des trois années précédentes, au travers de questions portant sur les effets de l'innovation sur le chiffre d'affaires, les prix et les coûts de l'énergie, des matières, de l'élimination des déchets et de la main-d'œuvre. Les répondants devaient par exemple indiquer si l'innovation avait accru (ou fait baisser) le chiffre d'affaires de moins de 5 %, de 5 à 25 % ou de plus de 25 %. L'analyse a montré que l'éco-innovation avait eu des effets économiques aussi bien positifs que négatifs. Les entreprises ont été plus nombreuses à enregistrer des effets positifs que des effets négatifs sur le plan économique et sur celui de l'emploi (Rennings et Zwick, 2003).

L'enquête de l'OCDE s'est quant à elle intéressée aux liens entre d'une part les mesures environnementales des pouvoirs publics et d'autre part les pratiques de gestion, l'investissement, l'innovation et les performances en

matière d'environnement dans les entreprises manufacturières privées de sept pays de l'OCDE (Allemagne, Canada, États-Unis, France, Hongrie, Japon et Norvège). Plusieurs critères ont été employés pour cerner ces liens, dont la rigueur perçue du cadre réglementaire, le nombre d'inspections intervenues au cours des trois années précédentes et l'existence, signalée par les répondants, de mesures ciblées destinées à encourager l'utilisation de systèmes ou d'outils de gestion environnementale. Cette étude est aussi l'une des rares à avoir examiné spécifiquement la R-D environnementale (Johnstone, 2007).

Cette enquête demandait aux entreprises d'indiquer la part de leur budget de R-D consacrée à la protection de l'environnement. Au total, 9 % des établissements ont fait état d'investissements dans la R-D liée à l'environnement (Johnstone, 2007). L'enquête a également permis de recueillir des informations sur le montant des dépenses de R-D à finalité environnementale. Au Japon, les dépenses de R-D liée à l'environnement ont représenté 17 % des dépenses de R-D totales du secteur manufacturier. Les chercheurs ont comparé ce chiffre aux résultats d'une enquête japonaise sur la R-D et constaté que le pourcentage obtenu était bien plus élevé dans le cadre de l'enquête spécialisée : 17 % contre 3 % (Arimura *et al.*, 2007). Si les enquêtes spécialisées peuvent susciter des réponses plus précises que les enquêtes générales, elles peuvent aussi comporter un risque important de biais.

Comme le terme « environnement » peut être trop général, on peut favoriser une plus grande précision des réponses aux questions sur la R-D environnementale en recourant à des catégories particulières telles que « réduction des déchets », « efficacité de l'utilisation de matières » et « lutte contre la pollution ». Dans une enquête auprès d'entreprises manufacturières aux États-Unis, Scott (2003) a posé une série de questions sur différent types de R–D environnementale ayant pour but de réduire les rejets toxiques dans l'atmosphère. Le faible taux de réponse (16 %) obtenu suggère toutefois une certaine inadéquation de la méthode d'enquête soit du fait d'une trop grande complexité et d'un défaut de correspondance avec les systèmes comptables qu'utilisent les entreprises pour gérer leurs investissements de R-D, soit parce que les entreprises pour qui l'éco-innovation fait partie intégrante de l'activité d'innovation en général ont eu du mal à distinguer la R-D environnementale des autres types de R-D.

Le développement des enquêtes par panel permettant de recueillir périodiquement des informations auprès d'un même groupe d'entreprises constitue une piste intéressante pour les travaux de recherche futurs sur l'éco-innovation. Un bon exemple est le *Mannheim Innovation Panel* constitué par le ZEW. Composé de plus de 1 800 entreprises implantées en Allemagne qui mènent des activités de développement de nouveaux produits, il est utilisé pour réaliser une enquête semestrielle qui fournit des

informations importantes sur le lancement de nouveaux produits, services et procédés, sur les dépenses consacrées aux innovations et sur les succès économiques remportés grâce aux produits et services nouveaux et aux procédés améliorés. Cette enquête livre en outre des renseignements sur les facteurs qui favorisent ou qui freinent l'activité d'innovation dans les entreprises (Horbach, 2008). Les résultats d'enquêtes calquées sur ce modèle permettraient de procéder à des analyses complexes des effets des motivations et systèmes de gestion sur différents types d'éco-innovation.

Le module sur l'éco-innovation de l'ECI 2008

La prochaine Enquête communautaire sur l'innovation de l'UE (ECI 2008), qui porte sur la période 2006-08, contient un nouveau module sur l'éco-innovation (présenté à l'encadré 4.1). Celui-ci a été élaboré conjointement par la *Task Force* d'Eurostat sur l'ECI, la DG Environnement de la Commission européenne et plusieurs universitaires participant au projet MEI et à l'UNU-MERIT.

La première question demande aux entreprises interrogées si elles ont introduit une innovation présentant au moins un avantage environnemental. Plusieurs types d'avantages sont proposés : six découlent de l'utilisation de l'innovation par l'entreprise elle-même et trois de l'utilisation de l'innovation par l'utilisateur final. Cette distinction est importante car les avantages peuvent de fait se manifester au sein de l'entreprise – diminution de la pollution et de la consommation de matières, par exemple – ou au niveau de l'utilisateur final, c'est-à-dire bien souvent le consommateur final. Par exemple, c'est au stade de l'utilisation que se concrétisent les avantages environnementaux des appareils à faible consommation d'énergie. Par ailleurs, le paragraphe qui précède la question elle-même précise qu'une innovation environnementale peut être introduite spécifiquement pour atténuer des incidences sur l'environnement ou constituer un effet secondaire qui n'était pas l'objectif visé au départ.

La deuxième question porte sur le rôle joué par un certain nombre de moteurs, dont les réglementations en vigueur, celles qui sont anticipées par l'entreprise, les subventions et autres incitations financières, la demande prévue et les codes facultatifs de bonnes pratiques. La dernière question, enfin, demande aux entreprises d'indiquer si elles ont mis en place des procédures pour identifier leur impact sur l'environnement.

La réponse à chaque question est soit oui, soit non. Cette forme simple est le résultat de deux séries de tests qui ont été menés auprès des responsables de 20 entreprises de différentes tailles.

Les enquêtes sur les dépenses de lutte contre la pollution

Les enquêtes nationales sur les dépenses de lutte contre la pollution représentent une autre source de données pertinentes dans l'optique de l'éco-innovation). Depuis 1996, plusieurs pays de l'OCDE en ont réalisé ponctuellement (OCDE, 2003). Dans la plupart des pays, les enquêtes de ce type concernent seulement les entreprises de plus de 20 salariés.

Les activités de lutte contre la pollution sont définies comme « des activités axées directement sur la prévention, la réduction et l'élimination de la pollution ou des nuisances qui résultent des processus de production ou de la consommation de biens et services » (OCDE, 2003, p. 21). Cette définition exclut les avantages environnementaux non intentionnels. Les dépenses consacrées aux activités en question se divisent en deux catégories : achat de technologies en bout de chaîne et investissement dans des technologies de production moins polluante (modifications intégrées des procédés).

Un important inconvénient des données sur les dépenses de lutte contre la pollution tient au fait qu'elles ne font pas la distinction entre les dépenses d'investissement consacrées à l'achat de technologies innovantes et celles consacrées à l'achat de technologies non innovantes afin d'augmenter la production (extensions de chaînes). Dans le second cas, l'entreprise utilise déjà les technologies, mais achète des équipements supplémentaires. Aux États-Unis, l'enquête sur les dépenses de lutte contre la pollution prend en compte des activités de soutien comme l'innovation, mais les dépenses d'investissement et les salaires liés à la recherche sont expressément exclus[6].

On pourrait apporter aux enquêtes sur les dépenses de lutte contre la pollution plusieurs modifications qui amélioreraient sensiblement leur utilité pour la mesure de l'éco-innovation. Premièrement, il conviendrait que les questionnaires d'enquête fassent la distinction entre les dépenses d'investissement consacrées aux équipements innovants (qui n'étaient pas déjà utilisés par l'entreprise) et celles qui correspondent à une augmentation de la production. Deuxièmement, les enquêtes devraient recueillir des données sur les activités d'innovation des entreprises, par exemple sur les dépenses de R-D axées sur la réduction et la maîtrise de la pollution. Troisièmement, elles devraient être harmonisées à l'échelle de l'OCDE et réalisées de façon régulière, ce qui n'est pas le cas actuellement.

Encadré 4.1. Module sur l'éco-innovation de l'Enquête communautaire sur l'innovation 2008

Innovations ayant des avantages environnementaux

Une innovation environnementale est un produit (bien ou service), un procédé, une méthode organisationnelle ou une méthode de commercialisation qui est nouveau ou sensiblement amélioré et qui procure des avantages environnementaux par rapport aux produits, procédés ou méthodes de remplacement.

- Les avantages environnementaux peuvent représenter le principal objectif de l'innovation ou résulter d'une innovation réalisée à d'autres fins.
- Les avantages environnementaux d'une innovation peuvent se manifester durant la production d'un bien ou service, ou après la vente de celui-ci lors de son utilisation par l'utilisateur final.

Au cours des trois années de 2006 à 2008, votre entreprise a-t-elle introduit une innovation de produit (bien ou service), de procédé, de méthode organisationnelle ou de méthode de commercialisation qui a un ou plusieurs des avantages environnementaux suivants ?

	Oui	Non
Avantages environnementaux intervenant lors de la production de biens et services dans votre entreprise		
Réduction de la consommation de matières par unité produite	[ ]	[ ]
Réduction de la consommation d'énergie par unité produite	[ ]	[ ]
Réduction de « l'empreinte CO_2 » (production totale de CO_2) de votre entreprise	[ ]	[ ]
Remplacement de matières par d'autres matières moins polluantes ou moins dangereuses	[ ]	[ ]
Réduction de la pollution des sols, de l'eau ou de l'air, ou de la pollution acoustique	[ ]	[ ]
Recyclage de déchets, d'eaux ou de matières	[ ]	[ ]
Avantages environnementaux intervenant après la vente d'un bien ou service lors de son utilisation par l'utilisateur final		
Réduction de la consommation d'énergie	[ ]	[ ]
Réduction de la pollution de l'air, de l'eau ou des sols, ou de la pollution acoustique	[ ]	[ ]
Amélioration du recyclage du produit à l'issue de son utilisation	[ ]	[ ]

Au cours de la période de 2006 à 2008, votre entreprise a-t-elle introduit une innovation environnementale en réponse :

	Oui	Non
à des réglementations environnementales ou des taxes de pollution existantes	[ ]	[ ]
à des réglementations ou des taxes environnementales dont vous prévoyez l'entrée en vigueur à l'avenir	[ ]	[ ]
à l'existence de primes ou de subventions publiques ou d'autres incitations financières en faveur de l'innovation environnementale	[ ]	[ ]
à une demande d'innovations environnementales de la part de vos clients qui se manifeste déjà sur le marché ou que vous anticipez	[ ]	[ ]
à des accords ou codes facultatifs de bonnes pratiques environnementales établis dans votre secteur d'activité	[ ]	[ ]

Encadré 4.1. Module sur l'éco-innovation de l'Enquête communautaire sur l'innovation 2008 *(suite)*

Votre entreprise a-t-elle mis en place des procédures pour identifier régulièrement et réduire ses incidences sur l'environnement ? (Par exemple : réalisation d'audits environnementaux, définition d'objectifs de performances environnementales, certification ISO 14001, etc.).

[ ] Oui : mises en place avant janvier 2006

[ ] Oui : mises en place ou sensiblement améliorées après janvier 2006

[ ] Non

Source : Eurostat, questionnaire harmonisé final de l'EIC 2008 (traduction non officielle).

Évaluation d'ensemble et suggestions d'améliorations

Les enquêtes sur l'éco-innovation prennent soit la forme d'enquêtes officielles de grande envergure, soit celle d'enquêtes ponctuelles de moindre envergure et d'une portée géographique ou sectorielle limitée. Dans certains pays, les grandes enquêtes nationales sur l'innovation comportent déjà quelques questions sur l'éco-innovation et ont fourni des informations sur la prévalence de l'innovation porteuse d'avantages environnementaux. Les enquêtes plus petites permettent d'étudier de façon beaucoup plus approfondie certains aspects de l'éco-innovation – comme les motivations et les moteurs qui la sous-tendent, ses effets sur les coûts, l'emploi ou les compétences –, mais de faibles taux de réponse peuvent limiter la confiance dans les résultats.

Le module sur l'éco-innovation de l'ECI 2008, qui a été limité à une page, ignore beaucoup d'aspects importants pour la mesure de cette innovation. Les enquêtes sur les dépenses de lutte contre la pollution ne font pas la différence entre les investissements dans l'innovation et ceux qui correspondent à une augmentation de la production. Moyennant certains ajustements et une harmonisation entre les pays de l'OCDE, elles pourraient offrir un moyen intéressant de recueillir des données sur l'adoption d'éco-innovations, et peut-être sur l'investissement dans des activités d'innovation qui est associé aux dépenses d'investissement dans les technologies en bout de chaîne et les technologies de production moins polluante. En revanche, il pourrait être plus difficile de recueillir des informations sur la R-D et d'autres activités d'éco-innovation dans le cadre des enquêtes sur les dépenses de lutte contre la pollution, car parmi les cadres des entreprises responsables des dépenses d'équipement (les répondants ciblés), rares sont ceux qui sont aussi chargés de l'innovation.

L'organisation de nouvelles enquêtes consacrées à l'éco-innovation aiderait à recueillir des données détaillées sur un certain nombre de ses facettes, et notamment sur des aspects qui ne se prêtent pas à une quantification, comme la nature de l'éco-innovation, les facteurs qui la stimulent, ceux qui la freinent et ses effets microéconomiques. Dans l'idéal, une

enquête sur l'éco-innovation devrait poser des questions dont les réponses permettraient d'élaborer des politiques encourageant les entreprises à investir dans l'éco-innovation, et d'informer les décideurs sur les avantages et les problèmes possibles, comme les effets de l'éco-innovation sur la compétitivité. Les points suivants pourraient être pris en considération dans la réflexion sur les questions à inclure dans de futures enquêtes :

- Il conviendrait de traiter à la fois l'innovation créatrice (où l'entreprise investit pour mettre au point des éco-innovations par ses propres moyens) et l'adoption de technologies (où l'entreprise achète des technologies utiles auprès de sources extérieures), et d'opérer une distinction entre les deux.
- Si possible, il conviendrait de poser quelques questions sur l'investissement dans la R-D tournée vers l'éco-innovation, sur les effectifs consacrés à la recherche dans l'optique de l'éco-innovation et sur les extrants intermédiaires, tels que les brevets pertinents.
- Différents types d'éco-innovation devraient être pris en compte (innovation de produit, de procédé, de commercialisation, organisationnelle et institutionnelle) afin de déterminer où et de quelle façon l'éco-innovation intervient dans la chaîne de valeur.
- Il conviendrait de tenir compte des éco-innovations aussi bien intentionnelles que fortuites, afin d'établir quelles devraient être les cibles des mesures d'incitation et à quels niveaux de telles mesures sont inutiles.
- Les entreprises devraient être interrogées sur les types de mesures et de méthodes d'organisation dont elles disposent pour identifier et corriger leurs incidences sur l'environnement. Les informations correspondantes seront très utiles pour déterminer si ces mesures sont véritablement efficaces et, dans l'affirmative, sur quels secteurs les pouvoirs publics devraient concentrer leurs efforts pour encourager davantage d'entreprises à adopter des activités favorables à l'environnement.
- Il conviendrait de recueillir des données concernant les effets économiques de l'éco-innovation sur le chiffre d'affaires, les coûts de production et l'emploi, afin de déterminer ses effets sur la compétitivité et ses possibles conséquences macroéconomiques.
- Les entreprises devraient être interrogées sur les méthodes d'appropriation employées pour retirer un avantage financier de l'éco-innovation[7].
- Des questions devraient porter sur les moteurs de l'éco-innovation, qu'ils soient liés à l'action des pouvoirs publics (subventions, activités prescrites, règlements) ou qu'il s'agisse d'autres incitations (exploitation de nouveaux marchés, image de l'entreprise, etc.).

En outre, il est intéressant de recueillir certaines informations complémentaires sur des innovations particulières, en demandant par exemple si elles répondent à une mesure spécifique des pouvoirs publics. Comme nous l'avons vu, il est utile de poser des questions générales sur les moteurs et les effets, mais il arrive souvent que pour concevoir des politiques de qualité, les décideurs aient besoin d'informations quant à l'effet d'une mesure spécifique sur un type particulier d'innovation et sur les effets économiques de cette innovation. On peut en tenir compte en demandant aux répondants d'indiquer leur éco-innovation la plus importante en termes d'avantages environnementaux et en leur posant ensuite une série de questions la concernant[8]. Il serait également utile de collecter des données de base sur les incidences environnementales des produits et procédés de production de l'entreprise, encore qu'il puisse s'agir là d'informations sensibles.

Si possible, les enquêtes sur l'éco-innovation devraient être reliées aux registres officiels afin d'obtenir des variables de contrôle et des informations financières de qualité, telles que l'évolution dans le temps du bénéfice de l'entreprise, de ses effectifs et de son chiffre d'affaires. Dans beaucoup de pays, cela est impossible, notamment dans le cadre d'enquêtes menées par des organismes universitaires. Il convient alors d'intégrer au questionnaire aux répondants les types suivants de variables de contrôle :

- Caractéristiques de l'entreprise (secteur, effectifs, chiffre d'affaires ou autres mesures de la production).
- Situation commerciale (étendue des marchés de l'entreprise – que vend-elle et où ? –, intensité de la concurrence et, si possible, rentabilité).

Conclusions

La mesure quantitative peut offrir l'un des instruments les plus importants pour mieux comprendre l'éco-innovation, même s'il est difficile de cerner les activités d'éco-innovation dans toute leur complexité et leur diversité. Dans ce chapitre, nous avons passé en revue les méthodes existantes qui permettent de mesurer l'éco-innovation au niveau macroéconomique, en vue de préciser les avantages et les inconvénients de chacune et de formuler des recommandations afin d'améliorer les cadres de mesure de l'éco-innovation dont on dispose.

Les activités d'éco-innovation peuvent être abordées sous divers angles, dont : la nature de l'éco-innovation, ses moteurs et ses freins et ses incidences. Pour mesurer et analyser ces aspects, on peut faire appel à quatre catégories de données : les mesures des intrants ; les mesures des extrants intermédiaires ; les mesures des extrants directs ; et les mesures des incidences indirectes. Les données correspondantes peuvent être tirées de sources génériques de données ou obtenues par des enquêtes spécialement conçues à cette fin.

Tableau 4.2. Récapitulatif des méthodes de mesure de l'éco-innovation

Mode de mesure	Sources de données	Avantages	Inconvénients
Sources génériques de données			
Mesure des intrants	Dépenses de R-D, personnel de R-D, autres dépenses d'innovation (par exemple, dépenses de conception, coûts des logiciels et de la commercialisation)	L'obtention des données correspondantes est relativement aisée	A tendance à refléter seulement les activités formelles de R-D et les innovations technologiques
Mesure des extrants intermédiaires	Nombre de brevets, nombre et type de publications scientifiques	Donne explicitement une indication de la production de l'activité d'invention Peut être ventilée par groupe de technologies Permet une couverture à la fois large et détaillée des technologies	Mesure les inventions plus que les innovations Favorise systématiquement les technologies en bout de chaîne Permet difficilement de saisir les innovations d'organisation et de procédé Les innovations environnementales ne font pas l'objet d'une catégorie communément admise et appliquée La valeur commerciale des brevets est très variable.
Mesure des extrants directs	Nombre d'innovations, descriptions d'innovations particulières, ventes de nouveaux produits issus de l'innovation	Mesure les innovations effectives Les données sont d'actualité Les données sont relativement faciles à réunir Peut fournir des informations sur le type d'innovation (progressif ou radical)	Nécessité de déterminer les sources d'informations adéquates Les innovations d'organisation et de procédé sont difficiles à comptabiliser La valeur relative des innovations est difficile à déterminer
Mesure des incidences indirectes	Évolution de la productivité et de l'efficacité de l'utilisation des ressources	Peut faire le lien entre valeur des produits et impact environnemental Classement possible à différents niveaux : produit, entreprise, secteur, région et nation Peut rendre compte de diverses dimensions de l'impact environnemental	Permet difficilement de prendre en compte l'impact environnemental sur l'ensemble de la chaîne de valeur Il n'existe pas de lien causal simple entre éco-innovations et éco-efficience

Tableau 4.2. Récapitulatif des méthodes de mesure de l'éco-innovation *(suite)*

Mode de mesure	Sources de données	Avantages	Inconvénients
Enquêtes spécialisées			
Enquêtes de grande envergure	Enquêtes communautaires sur l'innovation de l'UE, enquêtes officielles menées régulièrement au moyen de questionnaires, enquêtes sur les dépenses de lutte contre la pollution	Taux de réponse élevés Permettent de suivre l'évolution des activités d'innovation dans le temps	Ne peuvent généralement comporter qu'un petit nombre de questions concernant l'éco-innovation Les enquêtes sur les dépenses de lutte contre la pollution ne sont pas harmonisées au niveau international ; elles ne font pas la différence entre les dépenses d'investissement dans l'éco-innovation et celles correspondant à l'augmentation de la production.
Enquêtes à petite échelle	Enquêtes par questionnaire ponctuelles, entretiens	Permettent de traiter de façon beaucoup plus approfondie l'éco-innovation Permettent de poser des questions sur de nombreux aspects de l'éco-innovation	Faibles taux de réponse Il n'existe qu'un petit nombre d'enquêtes internationales
Enquêtes par panel	Collecte périodique d'informations auprès des mêmes entreprises	Peuvent fournir des informations sur l'ampleur, le niveau, l'orientation et les sources des activités d'innovation Peuvent mettre en évidence l'évolution dans le temps des comportements d'innovation	Réalisation coûteuse

Chacune de ces approches de mesure présente des avantages et des inconvénients : on ne peut obtenir une image complète de l'éco-innovation au moyen d'une seule méthode ou d'un seul indicateur. Le champ couvert par les sources génériques de données n'est pas adéquat, car aucune n'a été conçue avec pour objectif de mesurer l'éco-innovation. Ainsi, l'éco-innovation n'existe pas en tant que catégorie statistique dans les bases de données sur les brevets, les statistiques de la R-D ou les revues professionnelles. En outre, les sources génériques de données contiennent rarement des informations sur les moteurs de l'éco-innovation, ses freins et ses incidences, et elles n'en fournissent pas, pour la plupart, de mesure directe. Cela étant, elles peuvent offrir une foule d'informations si davantage d'efforts sont consacrés à mesurer directement les extrants de l'innovation à l'aide de sources documentaires et numériques. L'éco-innovation peut aussi être mesurée indirectement à partir de l'évolution de la productivité des ressources et de l'efficacité de leur utilisation. Ces deux pistes n'ont pas été suffisamment explorées et pourraient se voir accorder une plus grande attention. Pour acquérir de l'éco-innovation une connaissance plus approfondie et plus large ne se limitant pas à la création et l'application de technologies en bout de chaîne, il pourrait être utile de concevoir une nouvelle enquête spécialisée ou un module complétant une enquête existante. Les enquêtes peuvent fournir aux chercheurs des informations plus détaillées et plus ciblées sur divers aspects de l'éco-innovation, comme le type d'innovation, les moteurs, les freins et les incidences micro-économiques. Cela vaut en particulier pour les enquêtes réalisées dans plusieurs pays selon la même méthodologie. Il serait également utile de mener des entretiens ou des enquêtes par panel de façon à recueillir périodiquement des informations auprès des mêmes entreprises. De telles enquêtes approfondies peuvent permettre de comprendre comment la nature de l'éco-innovation évolue, ainsi que les liens qui existent entre cette innovation et les paramètres généraux de gestion et de performance des entreprises.

Le tableau 4.2 récapitule les avantages et les inconvénients de différentes méthodes d'obtention de données sur l'éco-innovation qui ont été passées en revue dans ce chapitre. En conclusion, aucune méthode ne permet seule d'appréhender l'éco-innovation dans sa globalité. Pour cerner les caractéristiques globales de l'éco-innovation, il importe d'appliquer plusieurs méthodes analytiques, si possible en combinaison, et d'examiner les informations issues de différentes sources en veillant à bien appréhender le contexte des données prises en compte.

Notes

1. Le présent chapitre s'appuie principalement sur les résultats du projet *Measuring Eco-Innovation* (Mesure de l'éco-innovation - MEI) financé par la Commission européenne (*www.merit.unu.edu/MEI*). René Kemp et Anthony Arundel du *Maastricht Economic and Social Research and Training Centre on Innovation and Technology* (UNU-MERIT) ont contribué à la rédaction de ce chapitre et ont été impliqués dans le projet MEI en tant que, respectivement, chef de projet et chercheur.
2. IMPRESS (*Impact of Clean Production on Employment in Europe: An Analysis using Surveys and Case Studies*) a été piloté par le *Centre for European Economic Research* (ZEW) allemand.
3. Un journal professionnel ou une revue professionnelle est un périodique, un magazine ou une publication qui cible un secteur ou un métier donné.
4. Cette section est en partie inspirée d'Arundel *et al.* (2007).
5. Trois très petites enquêtes sont exclues du tableau 4.1 (Williams *et al.*, 1991 ; Garrod et Chadwick, 1996 ; Pimenova et van der Vorst, 2004). L'étude de Doyle (1992) porte uniquement sur les fabricants d'équipements environnementaux et présente moins d'intérêt dans le cadre de ce rapport.

Bibliographie

Andrews, S. K. T., J. Stearne et J. D. Orbell (2002), « Awareness and adoption of cleaner production in small to medium-sized businesses in the Geelong region, Victoria, Australia », *Journal of Cleaner Production*, vol.10, p. 373-380.

Arimura, T.H., A. Hibiki et N. Johnstone (2007), « An Empirical Analysis of Environmental R&D: What encourages facilities to be environmentally innovative? », *in* N. Johnstone (dir. pub.), *Environmental Policy and Corporate Behaviour*, Edward Elgar, Cheltenham, p. 142-173.

Arundel, A, R. Kemp et S. Parto (2007), « Indicators for Environmental Innovation: What and how to measure », *in* D. Marinova, D. Annandale et J. Phillimore (dir. pub.), *International Handbook on Environment and Technology Management*, Edward Elgar, Cheltenham, p. 324-339.

Arundel, A. et A. Rose (1999), « The diffusion of environmental biotechnologies in Canada: Adoption strategies and cost offsets », *Technovation*, vol. 19, p. 551-560.

Ashford, N. (1993), « Understanding Technological Responses of Industrial Firms to Environmental Problems: Implications for government policy », *in* K. Fischer et J. Schot (dir. pub.), *Environmental Strategies for Industry: International Perspectives on Research Needs and Policy Implications*, Island Press, Washington, DC, p. 277-307.

Blum-Kusterer, M. et S. Hussain (2001), « Innovation and corporate sustainability: An investigation into the process of change in the pharmaceuticals industry », *Business Strategy and the Environment*, vol. 10, p. 300-316.

CE (Commission européenne) (2004), Promouvoir les technologies au service du développement durable : plan d'action de l'Union européenne en faveur des écotechnologies, COM(2004)38Final, Bruxelles.

CE (2008), *European Innovation Scoreboard 2007: Comparative analysis of innovation performance*, PRO INNO Europe paper n° 6, Office des publications officielles des Communautés européennes, Luxembourg.

Dodgson, M. et S. Hinze (2000), « Measuring Innovation: Indicators used to measure the innovation process: defects and possible remedies », *Research Evaluation*, vol. 8, n° 2, p. 101-114.

Doyle, D. J. (1992), Building a Stronger Environmental Technology Exploitation Capability in Canada, rapport préparé pour Environnement Canada et Industrie, Sciences et Technologie Canada, DSS contract KE144-1-2273/01-SS, juillet, Doyletech Corporation, Kanata.

Frondel, M., J. Horbach et K. Rennings (2004), « End-of-Pipe or Cleaner Production?: An Empirical Comparison of Environmental Innovation Decisions across OECD Countries », *ZEW Discussion Paper* n° 4-82, ZEW, Mannheim.

Frondel, M., J. Horbach et K. Rennings (2007), « End-of-Pipe or Cleaner Production?: An Empirical Comparison of Environmental Innovation Decisions across OECD Countries », *Business Strategy and the Environment*, vol. 16, n° 8, p. 571-584.

Garrod, B. et P. Chadwick (1996), « Environmental management and business strategy: Towards a new strategic paradigm », *Futures*, vol. 28, n° 1, p. 37-50.

Getzer, M. (2002), « The quantitative and qualitative impacts of clean technologies on employment », *Journal of Cleaner Production*, vol. 10, p. 305-319.

Green, K., A. McMeekin et A. Irwin (1994), « Technological trajectories and R&D for environmental innovation in UK firms », *Futures*, vol. 26, n° 10, p.1047-1059.

Griliches, Z. (1990), « Patent statistics as economic indicators: A survey », *Journal of Economic Literature*, vol. 28, n° 4, p. 1661-1707.

Horbach, J. (2008), « Determinants of Environmental Innovation: New evidence from German panel data sources », *Research Policy*, vol. 37, p. 163-173.

Johnstone, N. (dir. pub.) (2007), *Environmental Policy and Corporate Behaviour*, Edward Elgar, Cheltenham.

Kleinknecht, A., K. van Montfort et E. Brouwer (2002), « The non-trivial choice between innovation indicators », *Economics of Innovation and New Technologies*, vol. 11, n° 2, p. 109-121.

Lanjouw, J. O. et A. Mody (1996), « Innovation and the international diffusion of environmentally responsive technology », *Research Policy*, vol. 25, p. 549-571.

Lefebvre, E., L. A. Lefebvre et T. Stéphane (2003), « Determinants and impacts of environmental performance in SMEs », *R&D Management*, vol. 33, n° 3, p. 263-283.

Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology (MERIT) *et al.* (2008), *MEI Project about Measuring Eco-Innovation: Final report*, dans le cadre du 6e Programme-cadre de l'UE, MERIT, Maastricht.

Mill, S. et D. Gee (1999), *Making Sustainability Accountable: Eco-efficiency, resource productivity and innovation*, EEA Topic Report, n° 11/1999, Agence européenne pour l'environnement, Copenhague.

OCDE (2003), *Dépenses de lutte contre la pollution dans les pays de l'OCDE*, rapport préparé pour le Sous-groupe sur l'information et les perspectives environnementales, Comité des politiques d'environnement, OCDE, Paris, *www.oecd.org/dataoecd/41/57/4704311.pdf*.

OCDE (2004), *Patents and Innovation: Trends and policy challenges*, OCDE, Paris.

OCDE (2008a), *Science, technologie et industrie : tableau de bord de l'OCDE 2007*. Innovation et performance dans l'économie globale, OCDE, Paris.

OCDE (2008b), « Preliminary Indicators of Eco-innovation in Selected Environmental Areas », document de travail interne destiné au Groupe de travail sur les politiques d'environnement nationales, Comité des politiques d'environnement.

OCDE et Office statistique de l'Union européenne (Eurostat) (2005), *Oslo Manual: Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data* (3e éd.), OCDE, Paris.

Pfeiffer, F. et K. Rennings (2001), « Employment impacts of cleaner production: Evidence from a German study using case studies and surveys », *Business Strategy and the Environment*, vol. 10, p. 161-175.

Pimenova, P. et R. van der Vorst (2004), « The role of support programmes and policies in improving SMEs' environmental performance in developed and transition economies », *Journal of Cleaner Production*, vol. 12, n° 6, p. 549-559.

Rennings, K. et T. Zwick (dir. pub.) (2003), *Employment Impacts of Cleaner Production*, ZEW Economic Studies, vol. 21, Heidelberg.

Scott, J. T. (2003), *Environmental Research and Development: US industrial research, the clean air act and environmental damage*, Edward Elgar, Cheltenham.

Steger, U. (1993), « The Greening of the Board Room: How German Companies are Dealing with Environmental Issues », *in* K. Fischer et J. Schot (dir. pub.), *Environmental Strategies for Industry: International Perspectives on Research Needs and Policy Implications*, Island Press, Washington, DC, p. 147-166.

USDOC (United States Department of Commerce) (2005) *Pollution Abatement Costs and Expenditures (PACE) Survey Guidelines*, Washington, DC.

WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) (2000), *Eco-efficiency: Creating more value with less impact*, WBCSD, Genève, *www.wbcsd.org/web/publications/eco_efficiency_creating_more_value.pdf*.

Wilén, H. (2008), « Government Budget Appropriations or Outlays on R&D – GBAORD: GBAORD per inhabitant in the US is double that of the EU », *Statistics in Focus*, n° 29/2008, Eurostat, Luxembourg.

Williams, H. E., J. Medhurst et K. Drew (1991), « Corporate Strategies for a Sustainable Future », *in* K. Fischer et J. Schot (dir. pub.), *Environmental Strategies for Industry: International Perspectives on Research Needs and Policy Implications*, Island Press, Washington, DC, p. 117-146.

Zutschi, A. et A. Sohal (2004), « Adoption and Maintenance of Environmental Management Systems: Critical success factors », *Management of Environmental Quality*, vol. 15, n° 4, p. 399-419.

Chapitre 5

Promouvoir l'éco-innovation : les stratégies et mesures gouvernementales de dix pays de l'OCDE

Une intégration plus étroite des politiques de l'innovation et de l'environnement permettrait d'atteindre simultanément d'ambitieux objectifs environnementaux et socioéconomiques, tout en mettant à profit les nouveaux débouchés offerts par une éco-industrie en pleine croissance. Ce chapitre passe en revue les stratégies nationales et les grandes initiatives actuelles en matière d'éco-innovation dans dix pays de l'OCDE (Allemagne, Canada, Danemark, États-Unis, France, Grèce, Japon, Royaume-Uni, Suède et Turquie) décrites par les réponses fournies à une enquête par questionnaire. Variées par leur orientation et leur nature, ces stratégies et initiatives comportent des mesures visant tant l'offre que la demande. Une compréhension plus fine des interactions existant entre l'offre et la demande sera nécessaire pour, à l'avenir, bien doser les politiques propices à l'éco-innovation.

Introduction

Ces dernières décennies, les pouvoirs publics se sont de plus en plus préoccupés d'environnement. Ainsi, la réduction des émissions de gaz à effet de serre fait désormais partie des grandes priorités des États, et de nombreux pays ont adopté des cadres juridiquement contraignants à long terme pour réduire leurs émissions. Ces cadres ont conduit à l'adoption de toutes sortes de programmes, notamment dans les domaines de l'énergie, des transports, de la construction et de l'industrie manufacturière.

À l'instar de l'innovation générale, l'éco-innovation a besoin que la puissance publique intervienne pour fixer les conditions-cadres adéquates et fournir un appui suffisant pour mener des recherches à bien et réussir à développer des activités. Nous faisons dans ce chapitre le bilan des stratégies et initiatives gouvernementales destinées à favoriser l'éco-innovation. Sur la base pour l'essentiel des réponses données par les gouvernements à une enquête par questionnaire, nous y décrivons les initiatives existantes, en étudiant de quelle façon les politiques de l'innovation sont actuellement utilisées pour promouvoir l'éco-innovation.

Après avoir exposé brièvement les raisons justifiant l'intégration des politiques de l'innovation et de l'environnement et la situation générale en la matière, nous passons en revue les stratégies nationales et les initiatives mondiales relatives à l'éco-innovation, puis examinons comment le concept est défini et quels acteurs ont pris une part active à la mise en œuvre de ces stratégies. Les politiques actuelles de dix gouvernements sont ensuite regroupées selon différentes catégories de mesures en faveur de l'innovation. Le chapitre s'achève sur un aperçu des pratiques publiques actuelles visant à promouvoir l'éco-innovation.

Rechercher les synergies entre la politique de l'innovation et la politique de l'environnement au profit de l'éco-innovation

Jusqu'à présent, les mesures prises par les gouvernements des pays de l'OCDE pour favoriser la production durable et l'éco-innovation relevaient principalement de leur politique environnementale. Depuis quelques années toutefois, l'éco-innovation suscite une attention accrue en tant qu'élément des « politiques de l'innovation de troisième génération » de certains pays membres (OCDE, 2005, p. 57).

Alors que la production durable et l'éco-innovation ont vocation à s'insérer dans les politiques de l'innovation et de l'environnement, ces deux domaines de l'action publique ont longtemps été séparés dans les pays de l'OCDE. La manifestation la plus visible de ce clivage est le fait que ces

politiques soient du ressort de ministères distincts. Dans la plupart des pays, la politique de l'innovation relève du ministère du Commerce et de l'Industrie et du ministère de la Science et de la Technologie. La politique de l'environnement est généralement formulée par le ministère du même nom. Peu d'efforts ont été faits pour intégrer ces deux domaines de l'action publique.

L'éco-innovation et la politique de l'environnement

Avant les années 90, les politiques de l'environnement étaient en général « réactives, informelles et souvent facultatives, avec une négociation entre l'industrie et l'État » et mettaient l'accent sur le traitement des déchets industriels. Dans les années 90 est apparu le concept de prévention et de réduction intégrées de la pollution (PRIP). Même si ce concept admettait l'importance de la technologie pour la protection de l'environnement, on continuait à privilégier largement les solutions de traitement au point d'émission, au lieu de l'ensemble du processus de production et d'élimination (Parliamentary Office of Science and Technology, 2004).

Dans le passé, la politique de l'environnement a donc relativement peu favorisé l'innovation ; en effet, la mise en place de règles et de normes strictes ne suffit pas forcément à inciter les entreprises à innover au-delà des solutions en bout de chaîne, même si elle permet d'atténuer dans une certaine mesure les impacts sur l'environnement. Elle impose par ailleurs aux entreprises des coûts plus élevés que les autres mesures envisageables pour réduire les effets environnementaux (OCDE, 2008a). Des instruments de marché comme les taxes vertes et les permis négociables ont fait récemment leur apparition ; plus efficaces en termes de coût, ils assignent un prix aux « comportements nocifs ». Toutefois, si l'on veut tirer pleinement parti des possibilités offertes par l'éco-innovation, il importera d'assurer l'efficience de tout le cycle d'innovation en prenant des mesures qui vont d'investissements adéquats dans la recherche jusqu'au soutien de la commercialisation des percées technologiques.

À ces préoccupations d'ordre général que suscitent les instruments classiques de la politique de l'environnement s'ajoute l'absence apparente d'intégration des politiques de l'environnement. Ainsi, la qualité de l'air et de l'eau ainsi que l'élimination des déchets étaient des problèmes traditionnellement traités distinctement, d'où la difficulté de trouver des solutions adaptées à des initiatives plus globales (Heaton, 2002).

Encadré 5.1. Liens synergiques entre les politiques de l'innovation et de l'environnement

Il existe plusieurs justifications à une politique environnementale plus explicitement tournée vers l'innovation :

- *L'efficacité environnementale :* promouvoir l'élaboration et la mise en œuvre d'une nouvelle série de techniques ouvrant réellement la voie à de notables améliorations écologiques.
- *Le découplage de la croissance économique par rapport à la pression écologique :* atteindre simultanément des objectifs socioéconomiques et environnementaux ambitieux, et rehausser fortement l'éco-efficience de l'économie.
- *Le rapport coût-efficacité :* réduire le coût des mesures environnementales et atteindre davantage de résultats environnementaux pour un même niveau de coût.
- *L'exploitation des situations de double gain :* mettre l'accent sur les possibilités inexploitées de double gain permettant à la fois d'abaisser les coûts de production et de moins polluer.
- *Les avantages commerciaux et socioéconomiques :* exploiter les avantages commerciaux et socioéconomiques prometteurs d'une industrie de l'environnement en croissance rapide.

On peut citer au moins trois raisons justifiant une politique de l'innovation tournée plus explicitement vers l'environnement :

- *La politique de l'innovation agit en faveur de la R-D consacrée à de prometteuses technologies d'avenir.* Compte tenu de l'ampleur des problèmes environnementaux, les technologies qui permettent de limiter les dommages écologiques imputables à la production et à la consommation revêtent une importance certaine. Ces innovations sont bridées non seulement par des retombées cognitives « positives » qui découragent les inventeurs en général, mais aussi par des « externalités environnementales » au stade de la diffusion. Dans une telle situation, la politique de l'innovation joue à l'évidence un rôle majeur pour pallier les carences du marché.
- *Les innovations environnementales ont certaines propriétés* que n'ont pas la plupart des autres types de technologies, ce qui explique que la R-D environnementale soit relativement discrète. Tout d'abord, l'État, par le biais de la réglementation et d'autres instruments intéressant l'environnement, influe fortement sur la demande. Ensuite, la R-D des innovations environnementales est souvent très complexe car elle implique différentes disciplines scientifiques et techniques, et les compétences nécessaires peuvent être absentes de l'entreprise qui mène les recherches.
- *La politique de l'innovation doit être incorporée aux autres domaines de l'action publique* si l'on veut qu'elle soit exhaustive et obtienne des résultats probants grâce à une meilleure intégration avec la demande. L'innovation exerce une poussée favorable si les politiques sectorielles l'intègrent et si les appels d'offres de la puissance publique la prennent explicitement en compte. Ces « politiques de l'innovation de troisième génération doivent devenir totalement horizontales et soutenir une large palette d'objectifs sociaux pour pouvoir remplir leur but, qui consiste à augmenter le taux global d'innovation de nos sociétés ».

Source : Dries *et al*. (2005), « Linking Innovation Policy and Sustainable Development in Flanders », *in* OCDE (2005), *Governance of Innovation Systems, Volume 1: Synthesis Report*, OCDE, Paris.

L'éco-innovation et la politique de l'innovation

Si la politique de l'environnement a été insuffisamment orientée vers le progrès technologique et l'innovation, la politique de l'innovation a souvent été trop vaste pour traiter de manière adéquate les préoccupations spécifiquement environnementales. Jusqu'à présent, elle visait essentiellement à stimuler la croissance économique par la mise au point de nouvelles technologies susceptibles d'améliorer la productivité et de faire éclore de nouveaux domaines applicatifs. Son rôle consistait avant tout à apporter un soutien aux activités scientifiques et technologiques et aux infrastructures.

Intégration des politiques de l'innovation et de l'environnement

Ni la politique de l'environnement ni celle de l'innovation n'ont donc jusqu'ici placé l'éco-innovation parmi leurs grands objectifs. Néanmoins, un rapport établi en 2005 par l'OCDE sur la gouvernance des systèmes d'innovation recense différents avantages que recèle l'intégration de ces deux politiques. Du point de vue environnemental, une meilleure efficacité environnementale et financière constituerait un premier avantage, car une politique de l'environnement davantage tournée vers l'innovation serait plus à même d'améliorer qualitativement l'environnement grâce à la mise en œuvre de technologies nouvelles, ce qui ne manquerait pas de réduire les coûts qu'entraînent les mesures environnementales. Deuxièmement, une intégration plus étroite pourrait contribuer à découpler les pressions environnementales de la croissance économique, et permettre l'atteinte simultanée d'objectifs environnementaux et socioéconomiques ambitieux, tout en tirant parti de nouveaux débouchés commerciaux dans une éco-industrie en croissance. Du point de vue de l'innovation, on admet de plus en plus que « les politiques de l'innovation de la troisième génération doivent devenir totalement horizontales et soutenir une large palette d'objectifs sociaux pour pouvoir remplir leur but, qui consiste à augmenter le taux global d'innovation de nos sociétés » (OCDE, 2005 ; voir l'encadré 5.1).

Les stratégies gouvernementales d'éco-innovation

Désireuse de rassembler des informations sur les initiatives en faveur de l'éco-innovation et de savoir comment chaque pays s'organise dans ce domaine et coordonne les ministères concernés en vue d'une action intégrée, l'OCDE a mené une enquête sur les politiques d'éco-innovation par l'intermédiaire de son Comité de l'industrie, de l'innovation et de l'entrepreneuriat (CIIE). Les pays suivants ont répondu à cette enquête : Allemagne, Canada, Danemark, États-Unis, France, Grèce, Japon, Royaume-Uni, Suède et Turquie. On trouvera en annexe 5.A la synthèse de ces réponses. Sur la base de ces dernières, nous proposons dans cette section un bref aperçu des stratégies suivies actuellement

par les États pour promouvoir l'éco-innovation, et précisons quelles instances gouvernementales participent à leur formulation et à leur application.

Visions nationales de l'éco-innovation

Les pays interrogés dans l'enquête ne s'accordent pas sur la définition de l'éco-innovation. Certains n'emploient même pas ce vocable. On rencontre couramment les expressions « production durable », « innovation environnementale » et « technologies propres (*cleantech*) » (OCDE, 2008b).

Certains pays semblent envisager l'éco-innovation de manière assez traditionnelle, c'est-à-dire comme le développement de technologies favorables à l'environnement. Le Canada voit ainsi l'éco-innovation comme un ensemble de travaux scientifiques et technologiques de recherche, de développement, de démonstration et de déploiement d'énergies propres ; il se réfère aussi au processus créatif d'application du savoir et à ses résultats. De son côté, le ministère américain du Commerce définit « la production durable » comme la création de produits manufacturés par des procédés non polluants qui économisent l'énergie et les ressources naturelles et qui sont économiquement rationnels et sûrs pour les salariés, les communautés locales et les consommateurs.

En Europe notamment, d'autres pays ont une vision plus globale des choses. Ainsi, l'Allemagne ne limite pas l'éco-innovation aux biens et technologies environnementaux, mais l'étend au contraire à l'ensemble des technologies, produits et services qui génèrent des avantages environnementaux et économiques[1]. Elle englobe aussi les nouveaux modèles et services commerciaux (par exemple la fourniture d'énergie par leasing ou contrat) ou les activités de conseil générant ces avantages. En Grèce, l'éco-innovation s'étend à tous les secteurs, de façon à inclure les innovations technologiques et non technologiques qui permettent d'améliorer les performances environnementales. Si le Plan d'action de l'Union européenne en faveur de l'écotechnologie (ETAP) a pour objectif principal d'accélérer la mise au point de technologies environnementales et le développement d'éco-industries, sa définition de l'éco-innovation renvoie aussi à des aspects non technologiques tels que les services et les méthodes de gestion[2].

La vision du Japon est encore plus large. Le Comité de la politique industrielle, scientifique et technologique du gouvernement japonais considère l'innovation comme un concept directeur fournissant les orientations et l'ambition de mutations sociétales et la définit comme « un nouveau domaine d'innovations technosociales s'intéressant moins aux fonctions des produits et davantage à l'environnement et à la personne » (METI, 2007). Dans ce schéma, l'éco-innovation a pour but l'avènement d'une société économique durable, tournée non seulement vers les technologies, mais aussi

vers une organisation sociale ayant une incidence minimale sur l'environnement (figure 5.1). Le Japon cherche à mettre au point des systèmes et des infrastructures de production durable favorisant les émissions nulles afin d'utiliser les ressources naturelles et l'énergie de la façon la plus efficace.

Figure 5.1. Champ du concept d'éco-innovation au Japon

Objectif / Domaine	Secteur		Infrastructure sociale		Style de vie individuel
	manufacturier	des services	énergie	transports / urbanisme	
Technologies	・production durable ・R-D innovante (économies d'énergie, etc.) ・TIC ・recyclage des métaux rares	・R-D innovante (systèmes de gestion de l'énergie) « vertes »	・R-D innovante (énergies renouvelables, piles) ・supraconduction	・R-D innovante (systèmes de transport intelligents) ・auto « verte » ・train à sustentation magnétique	・pompe à chaleur
Modèle économique	・marchés publics « verts » (y compris BtoB) ・services « verts » ・Comptabilité environnement ale ・ACV	・services concernant l'énergie ・notation environnementale / finance « verte »	・certification « verte »	・transfert modal	・marchés publics « verts » ・*kurubizu* ・finance « verte »
Système sociétal (institution)	・système d'éco-étiquetage ・*starmark* ・investissements « verts »		・programme Top-Runner ・loi RPS (norme de quote-part d'énergies renouvelables)	・écotaxe automobile ・initiative pour la prochaine génération de véhicules et de carburants (METI)	・télétravail ・équilibre vie professionnelle/vie privée

Source : Ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie (METI), Japon.

Coordination des stratégies et des politiques

En réponse à la prise de conscience croissante du changement climatique et des autres problèmes environnementaux, la plupart des pays de l'OCDE ont inscrit l'environnement ou le développement durable en tête des priorités de leurs stratégies nationales. Certains des pays interrogés ne mentionnent pas directement le concept d'éco-innovation, mais semblent s'en inspirer dans leurs politiques de l'innovation ou de l'environnement. L'Allemagne, dont la stratégie nationale comporte un plan de rapprochement des deux politiques, en est un bon exemple. Cette intégration des politiques était au centre de son Schéma directeur de 2008 pour les technologies de l'environnement, qui portait sur des sujets comme la protection du climat, la préservation des ressources (sous l'angle de l'efficience) et les technologies de l'eau. Ce Schéma envisageait l'intégration des politiques concernant l'environnement, l'innovation et d'autres domaines importants comme moyen de promouvoir

la mise en œuvre de l'éco-innovation et d'ouvrir des marchés porteurs aux technologies environnementales.

Les États-Unis reconnaissent aussi explicitement la nécessité pour la politique de l'innovation de mettre en œuvre l'éco-innovation dans le monde industriel. En 2002, leur Agence pour la protection de l'environnement (EPA) a mis en place le Centre national pour l'innovation environnementale (NCEI), en lui confiant la mission de créer un système réglementaire « axé sur les résultats », de promouvoir la bonne gestion environnementale au sein de la société et de renforcer les capacités permettant de résoudre les problèmes de façon innovante[3]. S'agissant de la promotion de technologies environnementales, la R-D bénéficie toujours de beaucoup d'attention et d'argent public, mais on s'oriente manifestement vers la recherche de solutions pratiques aux problèmes en mettant l'accent sur la commercialisation et la diffusion des technologies.

Certains pays s'efforcent de manière active d'envisager les questions d'environnement non comme un obstacle au développement économique, mais comme un tremplin pour l'innovation, au profit de la croissance et d'une meilleure compétitivité. Bien qu'il ne possède pas de stratégie exclusivement axée sur l'éco-innovation, le Japon estime que celle-ci doit guider sa stratégie d'innovation ; ce concept apparaît dans plusieurs documents officiels tels que la Nouvelle stratégie de croissance économique récemment révisée (investir dans l'usage efficient des ressources) et les Principes directeurs « Innovation 25 » (stratégies de réforme du système social). En Grèce, le Plan stratégique de développement de la recherche, de la technologie et de l'innovation pour 2007-13 favorise les activités d'éco-innovation propices à la restructuration vers une économie du savoir, dans les onze domaines prioritaires retenus. En 2007, la *Commission on Environmental Markets and Economic Performance* (CEMEP) du Royaume-Uni a réuni des personnalités en vue du monde des affaires, des syndicats, des universités et des organisations non gouvernementales (ONG) afin de formuler des recommandations sur la façon d'exploiter les possibilités offertes par la transition vers une économie à faibles émissions de carbone, économe en ressources. En juillet 2009, le gouvernement a publié sa *Low Carbon Industrial Strategy*, qui précise comment est envisagé le passage à une économie à faibles émissions de carbone[4].

La France suit une démarche intéressante, partant de la base, pour définir les stratégies nationales qui guideront l'évolution future de l'éco-innovation. Le *Grenelle de l'environnement* (table ronde sur ce sujet) a été organisé, en 2007 et 2008, sous forme de consultations à l'échelle nationale, auxquelles ont participé des représentants de cinq catégories d'intéressés : l'État, les entreprises, les syndicats, les collectivités locales et les ONG[5]. Plus de 30 commissions thématiques ont été mises en place pour définir les

orientations et objectifs de programmes concrets de développement durable dans les domaines du logement, des transports, de l'énergie renouvelable, des déchets, du recyclage, de la gouvernance, etc. Deux projets de lois ont été soumis à l'Assemblée nationale pour assurer la mise en œuvre des résultats de cette table ronde. Le premier fixe les principaux objectifs et donne des instructions générales pour leur application ; le deuxième prévoit certaines mesures obligatoires dans le cadre de l'engagement national pour l'environnement (l'encadré 5.2 décrit la démarche décisionnelle ascendante suivie par les Pays-Bas dans le domaine de l'énergie).

Encadré 5.2. La méthode néerlandaise de gestion de la transition

Pour tenir compte de l'incertitude et de la complexité des problèmes d'environnement ainsi que de l'interdépendance des politiques en la matière, le gouvernement néerlandais a adopté, dans son quatrième Plan de politique de l'environnement, une méthode de « gestion de la transition ». Elle consiste à définir une vision à long terme qui sert de référence pour formuler les futurs objectifs de politique et les cheminements intermédiaires. Les objectifs intérimaires et les mesures à court terme sont ensuite définis en fonction de ces objectifs à longue échéance. Cette démarche vise aussi à permettre aux décideurs de mener une réflexion centrée sur « l'innovation des systèmes », en appréhendant différents domaines de politique et en faisant participer des acteurs divers.

Sur cette base, six ministères ont travaillé ensemble pour appliquer cette méthode à l'élaboration d'une politique de l'énergie novatrice, l'objectif étant d'assurer la durabilité des approvisionnements en énergie d'ici 50 ans. Ce Programme de transition énergétique a d'abord dégagé sept thèmes prioritaires (biomatières premières, mobilité durable, efficacité de la chaîne, nouveaux gaz, électricité durable, énergie dans le cadre bâti et « les GES en tant que source d'énergie ») en vue du passage à un système énergétique durable, sur la base d'une consultation pluripartite et d'études de scénarios. Pour chaque thème, des représentants des milieux économiques, de l'université, des ONG et de l'État ont œuvré de concert et proposé plusieurs modes et expériences. La Mission de transition énergétique, composée des principaux intéressés, s'est efforcée de faire ressortir les possibilités prometteuses et de préciser ce que doivent faire le gouvernement et les autres acteurs pour en tirer parti. Certaines expériences de transition retenues sont actuellement à l'essai.

Cette méthode de gestion de la transition devrait permettre aux pouvoirs publics d'articuler leur politique en fonction d'un noyau d'options, sans choisir de solutions spécifiques, tout en indiquant au marché une orientation générale. Elle leur permet aussi de faciliter la formation de réseaux et de coalitions entre les acteurs concernés par la transition et d'établir un climat de confiance mutuelle avec les parties prenantes, sur la base du partage d'objectifs communs.

Source : Reid et Miedzinski (2008) ; Kemp et Loorbach (2005) ; Loorbach *et al*. (2008) ; site Internet de SenterNovem *www.senternovem.nl/energytransition*.

L'éco-innovation concernant plusieurs aspects de l'action publique, elle a été placée sous la responsabilité de différentes instances officielles. En général, elle constitue la mission principale d'un petit nombre de ministères – le plus souvent de l'Environnement, de l'Économie, du Commerce, de la Science et de la Technologie – avec une intervention limitée des ministères et agences à caractère sectoriel compétents pour l'énergie, les ressources naturelles, les transports, la construction, etc. On assiste à un développement de ce type de participation pluri-ministérielle aux politiques relatives à l'éco-innovation ou au développement durable en général. Au Royaume-Uni, par exemple, cinq ministères s'occupent d'éco-innovation : le ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Questions rurales (DEFRA), le ministère des Transports (DfT), le ministère des Communautés et des Collectivités locales (ClG), le ministère de l'Énergie et du Changement climatique (DECC) et le ministère de l'Entreprise, de l'Innovation et de la Qualification professionnelle (BIS). Au Canada, Industrie Canada, Environnement Canada, Ressources naturelles Canada et d'autres ministères fédéraux s'occupent de l'éco-innovation.

Les États-Unis visent une participation encore plus large. La Direction de l'industrie et des services du ministère du Commerce a créé un Groupe de travail inter-agences sur la compétitivité industrielle, qui regroupe quelque 17 entités[6]. De son côté, la France a fusionné en 2007 les ministères chargés des différents domaines, créant au profit d'une meilleure coordination une entité unique dénommée ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer[7].

La variété des dispositifs rend difficile l'horizontalité et le fonctionnement d'une coordination appropriée. Les moyens de coordination et d'intégration des politiques s'avèrent aussi très variés, allant de la démarche décentralisée confiée à un ministère unique à une démarche en réseau plus diffuse qui fait appel à une multitude d'organes publics. Les réponses fournies au questionnaire n'indiquent toutefois pas clairement si un ministère ou un autre assume un rôle pilote ou de coordination dans la collaboration interministérielle, ou si différents ministères s'efforcent ensemble d'intégrer les politiques de l'innovation et de l'environnement.

Les initiatives des pouvoirs publics en faveur de l'éco-innovation

Après avoir étudié ci-dessus les stratégies des pouvoirs publics, cette partie présente les politiques et programmes publics en faveur de la production durable et de l'éco-innovation dans les dix pays de l'OCDE qui ont répondu au questionnaire. Elle passe en revue les politiques de l'innovation existantes en formulant des suggestions sur la manière de les appliquer pour améliorer la durabilité de l'environnement dans le cadre

d'une démarche plus intégrée. Cet aperçu définit le cadre de base qui servira à évaluer les initiatives gouvernementales actuelles. Les informations tirées du questionnaire sont complétées par les « feuilles de route de l'ETAP », que les États membres de l'UE ont établies conformément au Plan d'action en faveur des écotechnologies (ETAP)[8], et par les profils nationaux d'éco-innovation des pays de l'OCDE n'appartenant pas à l'UE, conçus par le Comité des politiques d'environnement de l'OCDE (EPOC)[9].

Il y a plusieurs façons de classer les mesures relatives à l'innovation et il n'existe pas à ce jour de classification standardisée. La taxinomie est plus claire en ce qui concerne la politique environnementale (par exemple CSCP *et al.*, 2006). Le *Tableau de bord européen de l'innovation* établi par la Commission européenne, qui permet de suivre la politique de l'innovation des États membres, distingue 25 types de mesures (CE, 2008). Ce classement ne correspond pas nécessairement aux finalités de l'analyse des politiques, car il est établi d'un point de vue statistique. En outre, on s'accorde de plus en plus à reconnaître que nombre des problèmes qui freinent la progression de l'innovation découlent non seulement de l'insuffisance des investissements dans les activités d'innovation ou de l'inadéquation des technologies, mais aussi de l'absence de marchés pour les produits et services innovants. Pour s'occuper plus efficacement d'innovation, il est donc nécessaire de prendre en compte, au-delà des mesures visant classiquement l'offre, celles qui concernent la demande. Or aucune des dispositions qui figurent dans la liste du *Tableau de bord européen de l'innovation* ne vise explicitement la demande[10].

Nous appliquons principalement ici la classification des politiques de l'innovation visant l'offre et la demande établie par Edler et Georghiou (2007), que résume le tableau 5.1. On observe inévitablement certains chevauchements, et nombre d'initiatives conjuguent aussi plusieurs mesures au sein de politiques mixtes. La section ci-après classe les initiatives publiques en fonction de leur axe principal.

Tableau 5.1. Classification des politiques de l'innovation

Mesures portant sur l'offre	Mesures portant sur la demande
• Aide financière • Recherche-développement • Pré-commercialisation • Éducation et formation • Réseaux et partenariats • Services d'information • Création d'infrastructures	• Réglementation et normes • Marchés publics et soutien de la demande • Transfert de technologie

Source : adapté d'Edler et Georghiou (2007), « Public Procurement and Innovation: Resurrecting the Demand Side », *Research Policy*, vol. 36.

Mesures portant sur l'offre

Aide financière

La création d'entreprise entraîne des risques commerciaux et financiers élevés que les seuls mécanismes du marché ne peuvent pas toujours couvrir. L'obtention de financements est souvent citée comme la principale contrainte pesant sur l'innovation imputable aux entreprises, et les politiques publiques s'efforcent depuis longtemps de la desserrer. Les fonds de capital-risque sont l'un des grands vecteurs de mutualisation du risque par le biais de prêts, d'injection de fonds propres ou de participation au management. La garantie directe ou indirecte d'emprunts contractés par les sociétés est aussi une forme répandue de soutien financier.

Il en va de même de l'éco-innovation. Pour permettre la création et la mise au point de produits éco-innovants et le lancement d'éco-entreprises, les pouvoirs publics peuvent appliquer une panoplie d'aides financières destinées aux activités et aux acteurs de l'éco-innovation. On peut citer des exemples de ces instruments financiers : les fonds spécialisés de capital-risque, qui apportent des capitaux d'amorçage ; les fonds écologiques, qui garantissent les prêts bancaires destinés à des projets d'investissements ; les fonds de garantie d'investissement, qui ciblent les activités intermédiaires entre le financement par emprunt et par capitaux propres (van Giessel et van der Veen, 2004).

De nombreux gouvernements ont pris des dispositions pour faciliter le financement par le capital-risque d'entreprises qui développent des technologies innovantes. Elles privilégient souvent les PME, sachant que ce sont elles qui souffrent le plus des carences du marché et peinent à trouver des fonds. Cependant, les différents gouvernements n'ont mis en place qu'un faible nombre de mesures ou d'instruments spécifiques destinés aux entreprises qui sont à l'origine de technologies environnementales ou de produits et de services respectueux de l'environnement, car la plupart des dispositifs de soutien financier ciblent le lancement et le développement des entreprises en général. Voici quelques exemples d'actions de financement axées en partie sur l'éco-innovation :

- Au Danemark : le Fonds danois d'investissement (*Vaekstfonden*) organisme de placement parrainé par la puissance publique, fournit à des conditions commerciales des capitaux d'amorçage et de lancement à de petites entreprises innovantes, sous forme de fonds propres ou de prêts garantis par l'État[11]. En incluant ses interventions, 12 % des investissements des fonds de capital-risque ont bénéficié en 2007 à des sociétés de « *cleantech* » ; plus de la moitié a été affectée à des entreprises étrangères.

- En Grèce : le Plan d'action en faveur de l'environnement prévoit de subventionner les entreprises (dans la limite de 40 % des coûts d'investissement) pour qu'elles améliorent leurs performances environnementales, condition préalable d'une certification de leurs produits avec un écolabel ou de la conformité au Système de management environnemental et d'audit de l'UE (SMEA). L'aide concerne des éléments immatériels : frais de test, certification, services de conseil, modifications et améliorations de procédés en rapport direct avec l'environnement. Entre 2000 et 2006, 130 entreprises ont été sélectionnées pour une assistance totale de 16.1 millions EUR.

Recherche-développement

La politique de recherche et développement (R-D) est considérée depuis longtemps comme la pierre de touche des actions de soutien à l'innovation ainsi qu'à la science et à la technologie. Les programmes d'aide à la R-D ont vocation à stimuler les activités innovantes en affectant des ressources à toute une série d'institutions, telles que les universités, les instituts de recherche fondamentale, les centres de recherche industrielle, les laboratoires d'entreprises et les organismes publics. L'aide publique à la R-D est fournie soit directement, dans le cadre des projets de recherche publique, soit par l'intermédiaire du financement des activités de recherche d'autres entités publiques et privées.

La R-D est au cœur de l'éco-innovation, parce qu'elle est essentielle pour la mise au point de technologies environnementales. Bien qu'il soit souvent difficile d'isoler la « R-D environnementale » des activités générales de R-D, les dépenses publiques de R-D au titre de la « maîtrise et de la protection de l'environnement » ne représentent que 5 % au plus de l'effort total en ce domaine (OCDE, 2008c).

Dans les pays interrogés, la plupart des programmes de R-D semblent être surtout propres à un secteur ou une technologie. Au Royaume-Uni, les nouveaux investissements sont principalement destinés aux procédés d'énergie durable dans des branches telles que l'énergie éolienne et marine. Au Canada, le Fonds d'innovation automobile est une initiative intéressant la R-D de ce secteur, tournée vers la conception de véhicules consommant peu de carburant ; dans le domaine de l'énergie, on trouve le Programme pour les techniques d'énergie renouvelable (PTER) et l'Initiative écoENERGIE (écoETI). La Suède finance plusieurs programmes de recherche et centres de compétences, tout en mettant l'accent sur les nanotechnologies et biotechnologies « vertes ». L'Agence suédoise de l'énergie intervient dans les domaines de l'énergie renouvelable et de la maîtrise de l'énergie. Aux États-Unis, l'Agence pour la protection de l'environnement (EPA) gère le programme

d'innovation technologique et le programme portant sur les piles à combustible, l'hydrogène et les technologies d'infrastructures.

La réorientation stratégique de l'ensemble des programmes de R-D au profit de l'environnement et de l'éco-innovation semble rare. En France, toutefois, l'article 19 de la loi d'application du Grenelle de l'environnement stipule que « les mesures d'aide au transfert et au développement industriel de nouvelles technologies doivent tenir compte de leurs performances environnementales ». La Grèce indique que cette réorientation s'inscrit surtout dans le cadre d'un effort plus général de reconversion vers une économie compétitive. La proportion des dépenses totales de R-D affectée directement à l'éco-innovation n'apparaît clairement nulle part. De plus, la R-D axée sur des technologies génériques telles que l'informatique, les biotechnologies et les nanotechnologies pourrait s'avérer très pertinente pour l'éco-innovation, mais n'est pas identifiée en tant que telle. Voici quelques exemples d'appréhension relativement globale de la « R-D environnementale »[12] :

- Allemagne : le programme intitulé « ressources renouvelables » finance la R-D et les expériences dans les domaines de la production durable de matières premières et d'énergie, des produits respectueux de l'environnement et de l'utilisation durable des ressources naturelles (sylviculture et agriculture). Le programme-cadre de recherche sur le développement durable soutient l'étude, l'application et la diffusion d'innovations destinées au développement durable avec un budget de 800 millions EUR. Le champ d'application comprend la production durable et des autres activités économiques, les concepts d'utilisation durable des ressources naturelles et les stratégies d'action sociale.

- France : le Programme de recherche sur les écotechnologies et le développement durable (PRECODD) encourage le développement d'éco-technologies visant à maîtriser la pollution ainsi que de nouvelles méthodes pour augmenter l'efficacité environnementale des modes de production et de consommation[13]. L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) a pour mission d'aider les PME dans la première phase de conception d'éco-innovation, préalablement à l'obtention de fonds pour la R-D ; elle intervient sous trois formes : les études de faisabilité technique et économique des projets ; les services de conseil ; et la nomination temporaire d'un personnel hautement qualifié pour mener à bien la conception. L'article 19 prévoit aussi que les dépenses de recherche consacrées aux technologies propres et à la prévention des atteintes à l'environnement augmentent progressivement, pour atteindre, à la fin de 2012, le montant de celles affectées à l'énergie nucléaire civile.

- Grèce : la Stratégie nationale en matière de recherche, de technologie et d'innovation a pour but de faire passer les dépenses à ce titre de 0.61 % du produit intérieur brut en 2004 à 1.5 % en 2015. L'éco-innovation figure dans la plupart des thèmes retenus. Le financement de la R-D environnementale ciblera des actions en rapport avec le changement climatique, l'intelligence écologique, la prévision des risques et l'évaluation de tous les types d'aléas naturels, la gestion des écosystèmes et des ressources naturelles, les écotechnologies appliquées à la pollution agricole, la pollution de l'air, de l'eau et des sols, et les déchets solides.

- Japon : dans le cadre de plusieurs programmes, le pays fait surtout porter ses efforts de R-D environnementale sur l'efficacité énergétique, les TI (technologies de l'information) vertes, la chimie verte, les nanotechnologies et les nouveaux matériaux. Celui des technologies innovantes, dénommé « *Cool Earth* », a recensé 21 techniques prédominantes et formulé une stratégie (*Map of Technical Strategy*)[14]. Il mise en particulier sur la capacité des technologies de l'information et de la communication (TIC) à obtenir une utilisation plus efficace de l'énergie et des autres ressources. C'est pourquoi on a investi dans la R-D visant les systèmes domestiques d'économie d'énergie, les circuits intégrés photoniques, les sous-systèmes de réseau très performants à base de nanotechnologie et les techniques de télédétection permettant de mesurer le CO_2 de manière homogène.

Pré-commercialisation

Les innovations n'arrivent pas sur le marché immédiatement après la phase de R-D ; l'innovation comporte de nombreuses étapes, qui vont de la conception d'une idée à la commercialisation réussie de produits et services vendables. Ainsi, l'EPA des États-Unis divise ce « continuum de R-D » en six séquences : recherche ou expérimentation du concept ; développement ; démonstration ; vérification ; commercialisation ; diffusion et utilisation[15].

L'intervention publique doit revêtir une forme appropriée et porter sur les différentes phases de ce continuum ; elle doit notamment avoir lieu aux stades de la démonstration et de la vérification, juste avant la commercialisation, qui sont de plus en plus considérés comme d'importance cruciale. La démonstration consiste à tester des technologies inédites ou débutantes et peut avoir un caractère expérimental ou intégral. La solidité et l'optimisation finales souhaitées peuvent impliquer un important travail de reconception et de correction des défauts. La vérification consiste à expérimenter des technologies prêtes à être commercialisées et à décrire les résultats pour en garantir la qualité aux utilisateurs.

De nombreuses écotechnologies disponibles n'ont pas réussi à s'imposer faute de marché suffisamment développé ou parce que les infrastructures et systèmes de production et de consommation existants peuvent facilement faire obstacle à leur commercialisation (Tukker *et al.*, 2008). La politique de l'innovation conduite pendant les phases postérieures à la R-D a donc beaucoup d'importance pour l'éco-innovation. S'agissant de la vérification, certains pays de l'OCDE, comme le Japon, les États-Unis et le Canada, ont récemment mis en place des dispositifs applicables aux technologies environnementales (les VTE) pour accélérer leur introduction sur le marché. Au plan international, on a évoqué la reconnaissance mutuelle de ces différents dispositifs afin de promouvoir le transfert de technologies.

Les gouvernements commencent à reconnaître l'importance des étapes du processus d'innovation qui suivent la R-D. De nombreuses initiatives ont été lancées pour aider les entreprises à commercialiser leurs nouvelles écotechnologies. Mais le champ d'application actuel de ces mesures se limite parfois aux seules techniques qui offrent des perspectives dans le domaine de l'énergie et des transports. On peut citer quelques exemples :

- Canada : CanmetENERGIE est un organisme voué à l'énergie, la science et la technologie, qui s'occupe de recherche, de développement, de démonstration et de lancement d'énergies propres en privilégiant les techniques de réduction de la pollution et des émissions de gaz à effet de serre (GES)[16]. Un autre organisme dénommé Technologie du développement durable Canada appuie le développement et la démonstration des technologies propres qui apportent des solutions aux problèmes de changement climatique, de pureté de l'air, de propreté de l'eau et de salubrité des sols. Trois Centres canadiens pour l'avancement des technologies environnementales (CCATE) contribuent également à la mise au point, à la démonstration et à l'application de technologies environnementales innovantes. Ils aident les PME par des services logistiques de type conseil au développement de l'activité, étude des marchés, aide à l'obtention de capitaux et assistance technique.

- Danemark : le gouvernement a lancé en 2008 le Programme de démonstration et de développement des techniques énergétiques, qui porte sur de nouveaux procédés générateurs d'économie d'énergie utilisant la biomasse, le vent, le soleil, les piles à combustible et l'hydrogène, ainsi que sur des technologies assurant un usage efficient de l'énergie dans la construction, les transports et l'industrie.

- États-Unis : le *Technology Commercialization Fund* du ministère de l'Énergie complète les apports des investisseurs providentiels ou intervient aux premiers stades de développement des produits des entreprises (à hauteur de 14.3 millions USD dans les budgets de 2007 et

2008)[17]. Il met en contact les laboratoires nationaux du ministère et l'industrie pour détecter des technologies porteuses, mais confrontées aux difficultés de financement propres à la commercialisation. À tout partenaire du secteur privé qui souhaite mettre en œuvre la technologie distinguée, il apporte des capitaux équivalents à sa contribution.

- France : le « Fonds démonstrateur » institué en juillet 2008 est destiné à financer le développement expérimental de technologies environnementales prometteuses intéressant les transports, l'énergie et l'habitat, qui suppose la conduite de tests dans des conditions représentatives du fonctionnement industriel. De 2008 à 2012, il met 400 millions EUR à la disposition d'industriels ou d'associations professionnelles qui ont des projets de démonstration avec des partenaires publics ou privés (les « démonstrateurs »). L'Agence d'innovation industrielle (fusionnée en 2008 avec OSÉO) a été créée en 2005 pour soutenir l'innovation et financer les PME dans les domaines du transfert de technologie et des projets novateurs qui offrent de véritables perspectives commerciales[18].

- Japon : le ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie (METI) gère le Nouveau programme de développement régional, qui préconise un modèle de « systèmes sociaux pionniers » pour mettre les moyens environnementaux et technologiques avancés du pays au service de la sécurité et de la réduction des émissions de carbone. L'objectif est notamment de s'attaquer énergiquement aux problèmes les plus urgents dans ces deux domaines pour d'une part réduire les émissions de carbone et maîtriser les ressources naturelles, et d'autre part offrir des conditions de vie sûres. Le projet Éco-innovation apporte une aide aux expériences de création de nouveaux systèmes sociaux de diverses régions dans la recherche des moyens d'utilisation de technologies à faibles émissions de carbone.

- Royaume-Uni : le gouvernement gère plusieurs programmes de démonstration dans les domaines des piles à combustible – notamment à hydrogène – et de la réduction des émissions de carbone. L'*Environmental Transformation Fund* se consacre spécifiquement aux phases de démonstration et de lancement sur le marché de technologies à faibles émissions de carbone et économes en énergie. Un Centre d'excellence spécialisé (*Centre of Excellence for Low Carbon and Fuel Cell Technologies*) encourage les projets de transformation du marché en faisant la liaison entre les fournisseurs et les utilisateurs finaux.

- Suède : le dernier budget ainsi que la loi sur la recherche et l'innovation couvrant 2009 et 2010 marquent un tournant dans la politique d'innovation du gouvernement ; on passe des subventions au développement de technologies à des mesures visant à ouvrir des marchés aux techniques

économes en énergie et sans effet sur le climat. Cette législation permettra d'investir dans des installations de démonstration pour les biocarburants de la deuxième génération et dans d'autres techniques énergétiques, portant notamment sur les véhicules et la production d'électricité, au seuil de la commercialisation.

Éducation et formation

L'homme occupant une place centrale dans la production de nouveaux savoirs, de nombreux pays ont mis en œuvre des programmes d'éducation et de formation pour développer les compétences et les talents dans l'intérêt de l'innovation. Dans les domaines de l'éducation et du capital humain, la politique de l'innovation a généralement mis l'accent sur le développement des compétences scientifiques et technologiques, en particulier dans l'enseignement supérieur ; on estime en effet que l'acquisition de diplômes scientifiques et d'ingénieur est la meilleure contribution possible à la recherche-développement. Les politiques d'instruction publique ont aussi commencé à s'intéresser davantage aux liens entre l'enseignement supérieur et l'entreprise et à lancer des programmes destinés à éveiller l'esprit d'entreprise des étudiants.

En ce qui concerne les autres aspects de la politique de l'innovation, les programmes d'éducation et de formation sont indispensables à l'éco-innovation. Ils forment le capital humain nécessaire à la recherche de solutions éco-innovantes et créent un réservoir de main-d'œuvre pour les « emplois verts ». L'existence de programmes personnalisés de formation à la pensée éco-innovante ou aux problèmes d'environnement en général ne permettrait pas seulement former de futurs chercheurs et ingénieurs travaillant sur l'environnement ; elle donnerait aussi à l'innovation un caractère plus durable, si les étudiants pouvaient considérer l'environnement comme indissociablement lié à la société future. L'éducation et la formation agissent aussi sur la demande, en sensibilisant le public aux questions d'environnement et en l'incitant à adopter des modes de consommation plus durables.

Un examen des politiques publiques montre que les gouvernements ont conscience qu'il faut développer les qualifications et laisser s'exprimer les talents afin d'exploiter le potentiel d'innovation permettant de relever les défis sociétaux stratégiques. Le Royaume-Uni, par exemple, se pose en leader mondial sur ce plan avec le rapport Leitch sur les besoins de compétences à long terme[19]. Dans les pays étudiés, le soutien à l'éducation et à la formation se manifeste aussi par des programmes de sensibilisation. Plusieurs pays ont pris des mesures visant à intégrer l'enseignement de l'environnement aux programmes scolaires ou à la formation professionnelle :

- En Allemagne : des programmes visant à améliorer les compétences des enseignants face aux défis de l'environnement et du développement durable sont incorporés à la formation professionnelle agricole.

- Au Danemark : des instituts technologiques ont été créés en tant qu'établissements spécialisés indépendants pour diffuser les compétences dans les entreprises. Ils envisagent d'inclure le thème du changement climatique dans la formation professionnelle.

- En Grèce : les centres régionaux d'enseignement de l'environnement proposent des programmes ciblés aux étudiants, aux salariés et aux enseignants.

- En Suède : la loi de 2006 sur l'enseignement supérieur donne aux universités la responsabilité de promouvoir le développement durable dans leurs programmes.

Tandis que la plupart des pays de l'OCDE cherchent à améliorer les compétences sur le plan général et à introduire les questions de durabilité dans les programmes, quelques-uns s'attachent à développer des qualifications propres à l'éco-innovation. Les initiatives ci-après reconnaissent l'importance de la formation d'un personnel doté de ces connaissances dans les activités environnementales naissantes :

- Canada : ECO Canada est un organisme à but non lucratif financé par l'État en tant qu'organisme d'emploi et de formation à but non lucratif centré sur une formation à l'écologie sous la direction de l'industrie et de ses parties prenantes[20]. Il a pour mission de former un nombre minimum de personnes dotées de qualifications et de compétences afin de répondre aux besoins des secteurs public et privé en ressources humaines spécialisées dans l'environnement. Un organisme appelé Ressources humaines et Développement des compétences Canada (RHDCC) a financé de nombreux projets d'ECO Canada.

- États-Unis : l'EPA a organisé une série de programmes d'éducation et de formation à l'environnement. La « loi verte » (*Green Act*) a autorisé le financement de programmes de formation professionnelle, au niveau fédéral et des états, pour aider sa population à trouver des emplois dans les secteurs des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie. La loi sur la sécurité et l'indépendance énergétiques a permis la mise en place du programme de formation aux énergies renouvelables et à la maîtrise de l'énergie qui prépare aux « emplois verts ». Le programme d'ingénierie verte a donné lieu à l'établissement d'un manuel, intitulé « *Green Engineering* », que les enseignants peuvent utiliser pour faire entrer les considérations d'environnement dans les processus et les

applications d'ingénierie[21]. Ce programme comporte aussi des cours de formation continue destinés aux ingénieurs travaillant dans l'industrie.

Réseaux et partenariats

Depuis quelque temps, la politique de l'innovation tient davantage compte du fait que l'innovation se diffuse par des réseaux de connaissances. La genèse du savoir résulte d'une dynamique sophistiquée et beaucoup d'innovations ne proviennent pas seulement des centres de R-D des entreprises ou de programmes internes, mais aussi de l'extérieur de l'entreprise, par exemple d'associations d'utilisateurs, de réseaux de consommateurs et de groupes de fournisseurs (von Hippel, 2005). Le concept d'« innovation ouverte » montre que l'innovation survient au sein d'un monde de réseaux et d'un tissu de relations auxquels les entreprises doivent prendre part (Chesbrough, 2006).

Jusqu'à une date récente, les programmes d'innovation étaient surtout axés sur des projets et ciblaient des catégories particulières de chercheurs. Face à l'importance des réseaux et des partenariats pour l'innovation, de nombreux programmes publics visent à influer sur la structure de l'innovation en exigeant la coopération à des projets de recherche et en soutenant la constitution de réseaux. Selon van Giessel et van der Veen (2004), « les interventions de l'État ont davantage de répercussions et les effets d'un programme de subventions deviennent plus durables que les actions prévues par ce programme ».

L'étude des concepts et des exemples de production durable et d'éco-innovations des chapitres 1 et 2 montre clairement l'importance des réseaux de connaissances pour la mise au point de solutions éco-innovantes, notamment en ce qui concerne la production en circuit fermé et les activités axées sur le service. Si l'on veut améliorer la performance globale des produits et des services sur le plan de la durabilité, les activités d'innovation doivent porter sur la totalité de la chaîne de création de valeur, notamment par le biais d'évaluations du cycle de vie. Sur ce point, l'État a un rôle à jouer en facilitant la formation de réseaux regroupant les divers acteurs de l'innovation, en particulier dans le cadre de partenariats public-privé et de plates-formes de réseaux d'éco-innovation.

De nombreux pays de l'OCDE reconnaissent l'importance des réseaux de connaissances et les soutiennent largement dans le cadre de la politique de l'innovation. Dans la plupart des pays étudiés, les problèmes actuels d'environnement appellent une nouvelle conception de l'action publique qui favorise l'éco-innovation par la collaboration. Il y a actuellement quelques exemples réussis de réseaux consacrés spécifiquement à la mise au point de nouvelles technologies et solutions environnementales (l'encadré 5.3 décrit les initiatives de l'UE dans ce domaine) :

Encadré 5.3. Les plates-formes d'éco-innovation de l'UE

La Commission européenne est l'auteur de plusieurs initiatives de création de plates-formes et de réseaux composés de parties prenantes expertes, initiatives visant à remplir les objectifs de la stratégie de Lisbonne en faveur d'une « Europe compétitive » :

- Les plates-formes technologiques européennes rassemblent les parties prenantes, industrie en tête, afin de définir les objectifs à moyen et long terme de la recherche et du développement technologique et d'aligner les priorités de la recherche européenne sur les besoins de l'industrie. Plus de 35 plates-formes sectorielles ou technologiques spécialisées ont été lancées, dont plusieurs concernent des technologies de l'environnement comme l'énergie éolienne, les ressources minières durables, les systèmes de réchauffement et de refroidissement renouvelables, la chimie durable et les centrales électriques à combustible fossile sans émissions. Au sein de chaque plate-forme, les parties prenantes doivent se livrer collectivement à un exercice comprenant trois étapes :
  - Convenir d'une vision commune pour la technologie.
  - Définir un agenda stratégique de recherche qui établit les objectifs nécessaires à moyen et long terme pour la technologie.
  - Mettre en œuvre l'agenda stratégique de recherche en mobilisant les ressources humaines et financières nécessaires.

Au lieu de se concentrer sur un secteur ou une technologie spécifique, la plate-forme technologique Manufuture a été établie pour mener une réflexion horizontale associant une large gamme d'industries. Son but est de mettre au point une stratégie de recherche et d'innovation qui permette d'accélérer le rythme de l'évolution industrielle vers des produits, processus et services à forte valeur ajoutée adaptés à la future économie basée sur la connaissance, notamment des produits éco-efficients et de nouveaux modèles d'activité. Jusqu'ici, cette plate-forme a conçu une « Vision commune pour 2020 », des itinéraires technologiques transsectoriels, ainsi que 30 initiatives nationales et régionales.

- Le Programme-cadre pour la compétitivité et l'innovation – Programme pour l'innovation et l'esprit d'entreprise (CIP-PIE). Ce programme consiste à appuyer des projets d'éco-innovation de trois façons : par des instruments financiers; par des réseaux d'acteurs ; par des projets pilotes et des projets de réplique du marché. Dans la catégorie des réseaux d'acteurs, la Direction Générale Entreprises et Industrie a lancé en 2006 l'initiative Europe INNOVA afin de distinguer et d'analyser les facteurs propices à l'innovation et les obstacles qui s'y opposent au sein de secteurs particuliers en rassemblant des acteurs publics et privés soutenant l'innovation. Dans la première phase de son projet Innovation sectorielle, de 2006 à 2008, les facteurs dont dépendent l'éco-innovation et les politiques en la matière ont été analysés en tant que thème horizontal, parallèlement à des sujets sectoriels (voir Reid et Miedzinski, 2008). En 2009, une nouvelle série d'actions sera engagée en vue de créer deux plates-formes européennes d'innovation – l'une sur les pôles, l'autre sur l'éco-innovation – et de renforcer celle consacrée aux services à forte intensité de connaissances. Les plates-formes cherchent à expérimenter des outils innovants au moyen de partenariats public-privé, dans la perspective d'une utilisation plus large dans les secteurs prioritaires tels que ceux visés par l'Initiative marchés porteurs et par le Plan d'action en faveur de l'écotechnologie (ETAP). L'éco-innovation n'est pas le monopole de la plate-forme du même nom – un projet relatif aux énergies renouvelables (KIS-PIMS) est déjà en cours au sein de la plate-forme des services à forte intensité de connaissances, tandis que la plate-forme pour les pôles considère la maîtrise de l'énergie et l'éco-innovation, dans son appel à projets, comme des secteurs appropriés.

Source : site Internet des plates-formes technologiques européennes *www.cordis.lu/technology-platforms* ; site Internet de la plate-forme technologique Manufuture *www.manufuture.org* ; site Internet d'Europe INNOVA *www.europe-innova.org*.

- États-Unis : en liaison avec le ministère du Commerce, l'EPA a mis en place le « *Green Suppliers' Network* » (réseau des fournisseurs « verts ») pour aider les PME industrielles à rester compétitives et rentables tout en réduisant leur impact sur l'environnement[22]. Ce réseau travaille avec de grands industriels pour amener leurs fournisseurs à effectuer des examens techniques peu coûteux afin de trouver comment améliorer les procédés de fabrication et l'efficience de l'utilisation des matières. L'initiative « *lean and clean* » (propre et économe) vise à supprimer les activités sans valeur ajoutée, afin de diminuer les coûts et de rendre plus efficace le processus de transformation industrielle, en mettant particulièrement l'accent sur l'élimination des déchets industriels.

- Royaume-Uni : le *Technology Strategy Board* (TSB), qui est chargé de promouvoir les innovations d'origine technologique, mise beaucoup sur les réseaux pour inciter les entreprises britanniques à innover. Il a créé :

  – des plates-formes d'innovation, où les pouvoirs publics, les entreprises, les marchés publics et la recherche mettent en commun leurs points de vue et leurs ressources pour trouver des solutions innovantes aux questions de société et mobiliser les capacités d'innovation des entreprises britanniques[23]. Les plates-formes d'innovation s'intéressent à des segments spécifiques de l'innovation afin de trouver des leviers disponibles et des sources de financement ; deux se consacrent aux constructions à faible impact sur l'environnement et aux véhicules à faibles émissions. Ainsi, la plate-forme d'innovation spécialisée dans les véhicules à faibles émissions de carbone fournira 40 millions GBP pour financer la R-D et la commercialisation de ces véhicules.

  – des réseaux de transfert de connaissances (RTC – « *Knowledge Transfer Networks* ») visent à approfondir et élargir la diffusion du savoir professionnel dans les entreprises situées au Royaume-Uni[24]. Ces réseaux s'occupent des technologies et de leur application par les entreprises, notamment dans des domaines comme l'efficacité d'utilisation des ressources, l'environnement et les piles à combustible. Les RTC rassemblent des représentants des entreprises, des universités, de la recherche, de la finance et des organismes à vocation technologique afin d'aiguillonner l'innovation à travers le transfert de connaissances.

  Le Conseil de stratégie technologique a procédé à une vaste enquête qui a confirmé l'intérêt des RTC : 75 % des entreprises interrogées ont jugé leurs services efficaces, 50 % ont noué de nouvelles relations en matière de R-D et sur le plan commercial avec les personnes rencontrées dans ces réseaux, et 25 % ont modifié leurs

activités d'innovation à la suite de leur participation. Les fonctions des RTC les plus appréciées des sondés sont la veille technologique, leurs rapports sur les technologies, les applications et les marchés, les possibilités d'adhérer à des réseaux de qualité et enfin la mise en lumière et la hiérarchisation des principaux problèmes et enjeux liés à l'innovation. Compte tenu du caractère de plus en plus global de l'innovation, les RTC donneront un appui croissant aux activités internationales.

En outre, un nombre croissant d'initiatives gouvernementales en faveur du développement durable sont mises en œuvre en collaboration avec l'industrie et les acteurs locaux, parfois dans le cadre de partenariats officiels public-privé, dans des domaines tels que l'aménagement urbain, le logement ou encore les transports. On trouve des exemples de ces programmes d'innovation concertés dans les pays suivants :

- Allemagne : une série de programmes a financé des initiatives de coopération nationale et internationale entre des PME et des établissements de recherche ou des pôles d'innovation ainsi que des activités d'inter-connexion.

- Danemark : le gouvernement a lancé cinq partenariats pour rendre les entreprises danoises plus innovantes dans des domaines tels que l'eau et les biotechnologies industrielles. Leur objectif est de permettre le développement de nouveaux concepts économiques et de solutions technologiques éco-efficientes à caractère compétitif.

- France : des « pôles de compétitivité » ont été créés depuis 2004 dans diverses régions pour conduire des projets novateurs de partenariats entre les entreprises, les instituts de recherche et les organismes de formation, en ciblant un ou plusieurs marchés prédéterminés[25]. Plusieurs des 71 pôles existants mettent actuellement en œuvre des projets communs de technologie environnementale à fort potentiel de croissance, soit dans le domaine des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie, soit dans un secteur particulier. Citons à titre d'exemples les pôles énergie décentralisée (Languedoc-Roussillon)[26], chimie et environnement (Rhône-Alpes)[27], industrie et agro-ressources (Champagne-Ardennes)[28], ville et mobilité durables (Île-de-France)[29] et véhicules du futur (Alsace et Franche-Comté)[30]. Ces initiatives devraient favoriser la croissance et créer des opportunités d'emploi dans les régions, et rendre la France plus attractive grâce à une plus forte visibilité internationale.

- Grèce : grâce à un apport conjugué de fonds communautaires, publics et privés, cinq « pôles d'innovation » régionaux ont été établis de 2000 à 2006 pour faire coopérer l'industrie, les entreprises, les universités et les

centres de recherche. Deux de ces pôles se consacrent aux priorités de l'environnement. En Macédoine occidentale, « SynEnergia » encourage l'innovation dans la gestion environnementale des centrales électriques, de la biomasse, de l'hydrogène et des énergies renouvelables[31]. Le pôle couvrant l'ouest de la Grèce s'intéresse, entre autres, à la gestion des déchets industriels et des ressources naturelles.

- Japon : le programme Éco-ville lancé en 1997 fait obligation aux communes ou aux régions d'établir un plan de développement éco-urbain pour la circulation des ressources locales, en faisant largement participer les associations professionnelles et citoyennes ; le plan doit tenir compte des caractéristiques et avantages propres à la zone concernée. En 2006, 26 villes avaient été reconnues officiellement comme « éco-villes » et des projets portant à la fois sur les aspects matériels et immatériels ont été subventionnés[32].

- Suède: la Délégation des villes durables, instituée en 2008, a pour mission de soutenir les initiatives et les projets de collectivités locales et d'entreprises en matière d'aménagement de villes durables.

Services d'information

La diffusion d'informations est essentielle pour aider les entreprises à réunir les compétences techniques et les connaissances nécessaires pour répondre aux besoins des consommateurs en ce qui concerne leurs activités d'innovation. Elle peut aussi les aider à s'informer en temps utile sur la législation et les normes internationales. Les centres d'information peuvent centraliser et fournir des informations à jour sur les évolutions techniques et économiques ; ils font d'ailleurs partie des instruments les plus couramment utilisés pour cela. Ils peuvent contribuer à réduire la fracture informationnelle entre entreprises, surtout parmi les PME qui n'ont souvent ni les contacts, ni les ressources nécessaires pour se procurer les derniers savoir-faire technologiques. Les centres d'information sont gérés par les pouvoirs publics ou par des organismes privés tels que des chambres de commerce ou des sous-traitants qualifiés, avec un éventuel financement public. Ils peuvent disposer d'installations dans l'ensemble d'un pays ou n'avoir qu'une existence virtuelle sous forme de sites Internet (CSCP *et al.*, 2006).

L'État joue aussi un rôle essentiel dans la diffusion des connaissances et des informations sur les problèmes environnementaux et l'éco-innovation. Pour entretenir cette dernière, les centres d'information peuvent être conçus en vue de donner des renseignements et de favoriser un transfert de connaissances sur l'efficacité d'utilisation des ressources et les technologies de l'environnement. Il est possible de compléter ces fonctions par des réseaux

d'échange du savoir, en formulant des programmes d'éducation et de formation, ainsi que des services de conseil.

Les réponses au questionnaire montrent que cette activité reste à développer dans de nombreux pays ; en effet, la plupart des services de conseil aux PME ne ciblent pas spécifiquement les problèmes d'environnement, et encore moins l'éco-innovation. L'information des entreprises sur ces questions s'effectue surtout *via* Internet. Parmi les services d'information centrés sur l'environnement, on peut citer :

- En Allemagne : un portail Internet, « Pour une production plus propre en Allemagne », donne des renseignements exhaustifs sur les résultats des technologies et des services environnementaux dans ce pays[33].

- Au Canada : parmi les services d'information offerts par les sites Internet publics figure le site intitulé « Financement des technologies de l'environnement » ; il fait l'inventaire des programmes de financement et d'incitation visant à contribuer à la mise au point, à la démonstration et à l'application de ces technologies[34].

- Au Danemark : l'Institut technologique danois a créé un portail Internet pour faciliter l'accès des entreprises aux connaissances les plus récentes en matière de biotechnologies, d'écologie ainsi que de chimie, d'énergie, de matériaux et d'aliments écologiques[35].

- Aux États-Unis : l'EPA a créé l'*Environmental Technology Opportunities Portal*, un portail dédié aux technologies de l'environnement, pour les faire connaître aux entreprises et à d'autres organisations et relayer l'information sur les technologies conçues par l'EPA en matière de traitement et de contrôle de l'air, de l'eau et des déchets[36]. La *Sustainable Manufacturing Initiative* (SMI) et le *Public-Private Dialogue* du DoC ont créé un portail Internet qui informe les entreprises de ce que le ministère et d'autres agences fédérales font en faveur de la production durable[37].

- En France : l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) aide les PME à adopter des méthodes de gestion de l'environnement tant dans leur production que dans leurs sous-produits, soit en procédant à un éco-audit, soit en obtenant une certification ISO 14001 ou SMEA ; et en reconfigurant ou en améliorant les produits à chaque étape de leur cycle de vie[38].

- Au Japon : le Centre national de conservation de l'énergie est une fondation chargée de promouvoir l'utilisation efficiente de l'énergie et le développement durable ; il dispose d'un site Internet qui donne aux secteurs de l'industrie, des ménages et des transports des informations

sur la conservation de l'énergie et les normes de performance des produits sur ce point (appelées « *Top Runner* »)[39].

- Au Royaume-Uni : l'État finance l'*Energy Saving Trust* (Fonds pour l'économie d'énergie), qui fournit gratuitement des informations et des conseils ; cet organisme dispose aussi d'un réseau de centres locaux dans l'ensemble du pays, spécifiquement conçus pour aider les entreprises et les consommateurs à prendre des mesures d'économie d'énergie[40].
- En Turquie : la Fondation du développement technologique fait connaître aux PME les moyens d'interrompre progressivement l'usage de substances détruisant l'ozone dans divers secteurs et les solutions techniques de remplacement[41].

Création d'infrastructures

Depuis quelques années, certains types d'infrastructures commencent à apparaître essentiels aux décideurs et aux chercheurs pour soutenir les activités d'innovation. En particulier, les infrastructures de transport et de communication sont de plus en plus considérées comme un facteur clé de la réussite économique et de la hausse de la productivité. Certains aspects des transports tels que les temps de parcours domicile-travail et la proximité du marché peuvent constituer un facteur important de l'aptitude d'une région à attirer des entreprises et des talents. L'existence d'un réseau numérique à haut débit dans une région conditionne désormais l'amélioration de son potentiel d'innovation, ainsi que les possibilités de faire venir des entrepreneurs et de susciter une demande pour des produits et des services numérisés. La technologie des réseaux numériques permet même à de nombreuses entreprises de conduire leurs activités et de fabriquer leurs produits selon des modalités inédites et novatrices. Dans certains secteurs, l'accès aux ressources naturelles peut être important pour l'innovation (État du Minnesota, 2008). Les politiques publiques privilégient de plus en plus la constitution de pôles sectoriels, destinés à encourager l'innovation et à créer des avantages compétitifs ; cela conduit à l'édification d'infrastructures de qualité dans des zones particulières ainsi qu'au lancement de parcs scientifiques et industriels.

La fourniture d'infrastructures est aussi considérée comme un élément déterminant pour la production durable et l'éco-innovation. À l'évidence, on doit assurer l'accès aux bandes passantes à haut débit, si l'on veut se servir des TIC pour réduire les émissions de CO_2. Les innovations portant sur les véhicules à carburant alternatif, les transports publics conviviaux ou les énergies renouvelables dépendent de l'existence d'infrastructures pour les nouveaux systèmes d'alimentation en carburant, pour le contrôle sophistiqué

de la circulation, pour les systèmes de distribution d'énergie décentralisés, etc. La création d'écoparcs industriels (voir le chapitre 1) peut constituer pour les États un bon moyen d'encourager les entreprises à travailler ensemble pour trouver des solutions innovantes permettant d'améliorer l'efficacité d'utilisation des ressources et mettre au point des technologies environnementales.

En dépit de tous les aspects évoqués, la mise en place d'infrastructures n'a pas été jusqu'à présent au cœur des politiques d'innovation des pays étudiés[42]. Les pays qui intègrent les infrastructures de TIC dans leurs mesures d'éco-innovation font figure de pionniers :

- Danemark : le gouvernement a lancé en 2008 le Plan d'action pour l'informatique verte, sous l'égide du ministère de la Science, de la Technologie et de l'Innovation[43]. L'objectif est de promouvoir l'utilisation de TIC plus respectueuses de l'environnement auprès de la population, des entreprises et des administrations, mais aussi d'encourager les solutions TIC intelligentes, afin de diminuer la consommation globale d'énergie.

- France : un groupe de consultation éco-TIC institué en janvier 2009 est chargé de rendre les TIC moins polluantes et de promouvoir leur usage pour faire apparaître des entreprises écoresponsables. Il prévoit de publier une stratégie destinée à faciliter l'émergence de solutions écoresponsables avec l'aide du secteur des TIC, et l'appropriation par les entreprises – notamment les PME – des solutions ainsi développées. Selon ses estimations, une meilleure exploitation des possibilités de l'informatique verte permettrait de gagner plus d'un demi-point de croissance[44].

- Japon : les pouvoirs publics estiment que la mise en place d'infrastructures « à émission nulle » dans les domaines de l'approvisionnement énergétique, des transports et de l'aménagement urbain est indispensable à la réalisation de l'éco-innovation et d'une société écologiquement viable. En 2008, le METI a lancé l'Initiative « informatique verte », afin de développer des technologies de l'information novatrices s'inscrivant dans une perspective à moyen et long terme[45]. Les secteurs ciblés comprennent les infrastructures et les techniques destinées au télétravail ainsi qu'aux systèmes de transports intelligents, de gestion de l'énergie dans l'habitat (HEMS) et de gestion de l'énergie dans les bâtiments (BEMS).

Mesures portant sur la demande

Les politiques de la demande cherchent à développer le marché en ciblant généralement la fin du cycle de l'innovation, à proximité des entreprises. Dans le cas de l'éco-innovation, le marché ne génère pas spontanément assez d'efforts d'innovation, peut-être faute de débouchés

suffisants. L'action sur la demande visant à encourager l'éco-innovation englobe la réglementation et les normes, les marchés publics, l'incitation au transfert de technologie et différentes autres mesures.

La réglementation et les normes

Traditionnellement, l'industrie perçoit la réglementation environnementale comme une contrainte néfaste qui alourdit les coûts et fausse les incitations – au détriment de la compétitivité. On reconnaît néanmoins de plus en plus que la réglementation, sous certaines réserves et à condition d'être bien conçue et appliquée, peut contribuer à créer un marché pour les nouveaux produits et services verts.

L'éco-innovation nécessite un cadre réglementaire judicieusement programmé, mais souple. Bien que l'équilibre soit difficile à réaliser, des règles et des normes tournées vers l'avenir, fondées sur les meilleures technologies disponibles ou sur la performance environnementale globale des produits ou des entreprises, pourraient guider l'innovation et accélérer l'apparition de solutions éco-innovantes en harmonisant les conditions de concurrence. Il importe aussi que les autorités responsables s'assurent que l'industrie adopte et applique la réglementation en l'y incitant et en mettant en place un dispositif approprié de notification et de surveillance. Des normes et réglementations souples et bien conçues pourraient toutefois encourager la diffusion de technologies environnementales avancées et de produits et services « verts » en créant une demande.

Il ressort d'un examen des politiques publiques dans ce domaine qu'il y existe pléthore de règles et de normes concernant l'environnement, mais qu'elles ne sont pas forcément conçues de façon à susciter des solutions innovantes et durables. Pourtant, on en voit apparaître certaines qui ont pour but de stimuler la production durable et l'éco-innovation en créant une demande au sein des entreprises et parmi les consommateurs. La plupart des gouvernements interrogés ont aussi des systèmes d'éco-étiquetage visant à stimuler la demande de produits verts :

- Canada : la récente loi fédérale sur le développement durable demande de définir des objectifs et des cibles de développement durable ainsi que des stratégies de mise en œuvre par le gouvernement fédéral. La loi sur l'efficacité énergétique impose des règles de performance énergétique minimum aux produits consommateurs d'énergie, tels que les appareils électroménagers, d'éclairage, de chauffage et de climatisation. Ce texte sera amendé pour fixer les normes minimales applicables à une série de nouveaux produits ou durcir les normes existantes. L'entrée en vigueur des amendements s'échelonnera de 2007 à 2010. Ecologo est la norme environnementale et la marque de certification la plus répandue et la

plus respectée en Amérique du Nord ; lancée en 1998 par le gouvernement canadien, elle est aujourd'hui mondialement reconnue. Ecologo certifie les champions de l'environnement dans plus de 120 catégories de produits et de services, ce qui aide la clientèle à distinguer les produits durables.

- États-Unis : l'*Energy Independence and Security Act*, promulguée en décembre 2007, fixe des normes pour augmenter l'efficacité énergétique et l'offre d'énergies renouvelables. Elle comporte trois dispositions principales : *i)* les normes CAFE de consommation moyenne des véhicules, qui fixent un objectif de 35 milles par gallon pour les flottes d'automobiles et de camionnettes à l'horizon 2020 ; *ii)* la norme RFS pour les combustibles renouvelables, qui fixe l'utilisation de combustibles renouvelables à 9 milliards de gallons en 2008 et 36 milliards en 2022 ; et *iii)* les normes d'efficacité applicables aux appareils ménagers et à l'éclairage.

- Japon : l'État a formulé un certain nombre de règles et de normes d'un type nouveau. Le programme « *Top Runner* » du METI a la particularité d'assigner des objectifs de performance aux entreprises[46]. Il recourt à un processus dynamique d'élaboration et de révision de normes en retenant le rendement énergétique le plus élevé comme critère de référence pour 21 catégories de produits. Cette normalisation évolutive est source d'incitations positives et de concurrence entre les fabricants ; elle les pousse à améliorer rapidement la performance de leurs produits et ne nécessite pas de soutien financier. Le programme est complété par un dispositif d'étiquetage facultatif (éco-marque) visant à faciliter les choix du consommateur dans les points de vente. Afin de faire progresser la gestion écologique des entreprises, le ministère de l'Environnement a posé des principes directeurs pour la notification des informations environnementales et récompense les efforts accomplis[47]. Pour sensibiliser les PME, dont les ressources et les capacités sont moindres, aux questions d'environnement, il a en 1996 lancé Eco Action 21, un système de gestion de l'environnement conçu à leur intention[48].

Marchés publics et soutien de la demande

Le secteur public est un consommateur important : dans les 15 pays de l'UE, par exemple, ses achats représentent près de 16 % du PIB (CE, 2004). Il occupe donc une place non négligeable dans la demande adressée aux entreprises, surtout dans des secteurs comme le bâtiment et travaux publics (BTP), la santé et les transports. Depuis les années 90, de nombreux pays de l'OCDE favorisent les achats publics écologiques ou durables dans le cadre de leur politique de l'environnement. Toutefois, cette pratique ne s'est pas répandue comme on aurait pu le penser en raison des coûts plus élevés ou aux délais de rentabilisation plus longs de beaucoup de produits et de

services respectueux de l'environnement, du manque d'information des responsables des marchés publics et de la crainte d'atteinte éventuelle à la loyauté de la concurrence.

Pendant longtemps, les achats publics n'ont pas été considérés comme un levier essentiel pour promouvoir l'innovation, ni comme un élément de la politique de l'innovation. En écho à l'intérêt croissant suscité par les mesures axées sur la demande, certains États ont commencé à envisager les achats publics comme moyen de stimuler l'innovation (Edler et Georghiou, 2007). La CE a établi un rapport stratégique qui souligne l'importance des commandes publiques pour l'innovation et la création d'un marché porteur (CE, 2006). Elle a publié en 2007 un guide d'utilisation des marchés publics destiné à guider l'innovation (CE, 2007).

Edler et Georghiou (2007) préconisent une revitalisation des marchés publics en tant qu'outil de la politique d'éco-innovation en avançant trois arguments principaux : générer ou maintenir une demande effective de nouveaux biens et services écologiques ; remédier aux faiblesses et aux inefficiences structurelles qui empêchent les besoins de s'exprimer sous forme de marchés opérationnels de produits éco-innovants ; et élever la qualité des infrastructures et des services publics au moyen de solutions novatrices de pointe.

Quelques-uns des pays interrogés ont cité les marchés publics parmi les facteurs propices à l'éco-innovation. On ne dispose guère, pour le moment, de données probantes sur l'ampleur des initiatives en matière de marchés publics et sur leur capacité à faire naître des solutions éco-innovantes ou des marchés porteurs :

- Allemagne : la Stratégie allemande pour les technologies de pointe mise sur les gouvernements des régions pour promouvoir la demande d'innovation[49]. Un portail Internet a été créé pour informer les responsables des possibilités d'achats publics verts.

- Canada : formulée en 2006, la politique fédérale d'achats écologiques utilise les marchés publics pour faire progresser les technologies et les solutions environnementales innovantes[50]. Cette politique définit les biens et services à privilégier du point de vue environnemental comme ceux qui ont une incidence moindre ou réduite sur l'environnement pendant le cycle de vie, lorsqu'on les compare aux biens et services concurrentiels servant aux mêmes fins. Les facteurs de performance environnementale comprennent entre autres la réduction des émissions de GES et des contaminants atmosphériques ; l'accroissement de l'efficacité énergétique et de l'économie des ressources en eau ; la diminution des déchets et la promotion de la réutilisation et du recyclage ; l'utilisation des ressources renouvelables ; la réduction des

déchets dangereux ; et la réduction des substances toxiques et chimiques dangereuses. Cette politique devrait faire augmenter la demande de biens et de services écologiques, tout en favorisant davantage d'innovations dans le domaine des technologies environnementales.

- États-Unis : l'État fédéral américain étant l'un des plus grands consommateurs mondiaux, il a la possibilité de stimuler fortement l'éco-innovation. Depuis 1993, il cherche à améliorer la gestion des agences fédérales dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et des transports. Il impose aux agences fédérales de prendre en compte la durabilité dans leurs achats de biens et services en privilégiant notamment les bioproduits écologiques, économisant l'énergie et l'eau, et à contenu recyclé. L'EPA et l'administration des services généraux aident les agences fédérales à trouver des produits écologiques en leur proposant des conseils en ligne[51] et un *Catalogue de l'offre globale de produits écologiques*[52]. En outre, l'*Energy Independence and Security Act* les encourage à se procurer des produits à basse consommation énergétique et des combustibles « alternatifs ». Un autre programme, appelé « *Federal Electronics Challenge* », les incite à effectuer des achats électroniques respectant certains critères environnementaux[53].

- Japon : la loi sur la promotion des achats verts de 2000, fait obligation à toutes les institutions étatiques d'appliquer des procédures d'achats publics verts, et les collectivités locales et les entreprises privées sont encouragées à faire de même[54]. Cette initiative du gouvernement a été largement inspirée par le Réseau achats verts, créé en 1996, auxquelles appartiennent 3 000 organisations intéressées, dont 2 300 sociétés[55]. En créant une base de données spécialisée et en favorisant le partage d'expériences entre la société civile et le monde industriel, ce réseau encourage toutes les parties à « acheter vert » de façon à créer une demande d'écoproduits.

Le Royaume-Uni cherche à remédier au manque de débouchés pour l'innovation au moyen d'un modèle qui consiste à prendre des engagements de commandes publiques, et donc d'informer à l'avance le marché des besoins futurs, au regard de résultats à atteindre. On promet ainsi à des fournisseurs d'acquérir, à une date future certaine, un produit ou un service qui n'existe pas encore, à condition que ses performances et son coût soient conformes à ce qui a été convenu. Un tel produit ou service est censé résoudre un enjeu précis de manière efficace tout en affichant une empreinte environnementale moindre que les solutions existantes[56]. Le ministère britannique des Entreprises, de l'Innovation et de la Qualification professionnelle aide les responsables des achats publics à appliquer ce modèle. Dans le cadre du budget 2008, le gouvernement britannique prévoit également de créer un « centre d'expertise des marchés publics durables »

qui contribuera au développement de nouveaux modes de travail, de programmation et d'achats publics durables dans l'administration.

Il est également possible d'agir sur les politiques d'achat du secteur privé. L'État peut accorder des subventions, des incitations fiscales ou d'autres avantages pour aider directement les entreprises et les consommateurs à acquérir certains écoproduits et services, comme les énergies renouvelables, les équipements électroniques basse consommation et les constructions écologiques – afin de stimuler la demande. Parmi les exemples marquants d'utilisation proactive de mesures de soutien de la demande pour orienter le cours du développement de technologies et de produits, on peut citer notamment :

- En France : un système de bonus-malus pour les véhicules personnels, qui a été introduit en décembre 2007[57] et prévoit pour tout achat d'une voiture neuve, en fonction de ses émissions de CO_2 par kilomètre, le versement d'une prime (de 200 à 5 000 EUR) ou le paiement d'une pénalité (de 200 à 2 600 EUR). Le niveau des émissions sera réduit de 5 grammes de CO_2 tous les deux ans, et la mise en place d'une taxe payable annuellement, au lieu d'une pénalisation unique, est en cours d'examen[58]. L'extension de ce dispositif aux appareils ménagers est à l'étude.

- D'autres mesures budgétaires « vertes », fondées sur des propositions du Grenelle de l'environnement, concernent par exemple les prêts à taux zéro, dans la limite de 30 000 EUR, pour financer la rénovation thermique des logements ; un crédit d'impôt sur les intérêts d'emprunts contractés pour l'acquisition de logements conformes aux normes en vigueur ; des « écotaxes » pour les poids lourds ; l'exemption de la taxe foncière en faveur des exploitations agricoles utilisant l'électricité d'origine solaire[59].

Transfert de technologie

Le transfert de technologie consiste à transmettre des techniques, du savoir-faire, des connaissances ou des compétences d'une partie à une autre. Ce concept se réfère souvent à l'exportation de compétences technologiques des pays industrialisés vers les pays en développement ; mais on peut aussi l'appliquer aux transferts de caractère interne ou local, par exemple de grandes sociétés en direction de PME. Les politiques publiques peuvent encourager le transfert de technologies prometteuses aux entreprises locales en recourant à des mécanismes d'incitation ou d'intervention directe adéquats. Dans les pays exportateurs de techniques environnementales, l'intervention de l'État peut contribuer à élargir le marché à l'étranger pour certaines technologies environnementales. Les mesures en faveur du

transfert de technologie consistent à passer des accords bilatéraux ou multilatéraux, à travailler avec les agences de coopération pour le développement international, à créer des institutions spécialisées, à promouvoir les investissements directs étrangers, à utiliser le crédit à l'exportation et à financer des projets pilotes.

Les programmes réussis de transfert de technologies et de savoir-faire environnementaux permettent aux pays importateurs d'accroître relativement rapidement le rendement d'utilisation de leurs ressources tout en créant des débouchés commerciaux et d'innovation considérables pour les pays exportateurs. Mais il arrive que les écotechniques ne soient pas directement transférables ; la réussite du transfert est souvent conditionnée par l'adaptation au contexte socioculturel du pays destinataire ainsi que par la formation et la participation de la population locale (CSCP *et al.*, 2006).

Les pays sondés approchent le transfert de technologie de manière variable. Tandis que les États-Unis ciblent l'Inde et la Chine comme futurs marchés d'exportation, la Suède cherche à encourager à la fois les importations et les exportations de technologies environnementales pour étendre ses marchés (on trouvera à l'encadré 5.4 un exemple de transfert) :

- États-Unis : l'État fédéral s'attache à créer des débouchés à l'étranger pour les écotechniques américaines dans le cadre du transfert de technologie et de partenariats internationaux. Ainsi, l'EPA finance la promotion de l'exportation en Inde, en Chine et dans d'autres pays en développement de procédés énergétiques propres et efficaces. Deux initiatives ont été prises : le *Clean Energy Technology Export Program* et l'*Environmental Export Program*. Le premier est un partenariat public-privé visant à remédier aux obstacles à l'exportation sur le marché mondial des technologies propres ; le second contribue à limiter les risques courus par les sociétés américaines et offre des conditions financières compétitives aux donneurs d'ordres internationaux pour l'achat de biens et de services environnementaux américains.

- Suède : l'État a créé une nouvelle plate-forme d'exportation, appelée SymbioCity, pour commercialiser dans le monde entier ses technologies écologiques et de construction durable[60]. Regroupant 700 sociétés suédoises spécialistes des technologies vertes, de la construction durable et de l'aménagement urbain, elle cible les villes étrangères qui souhaitent intégrer le développement durable à leurs projets. Parallèlement, les pouvoirs publics ont chargé l'agence « Investir en Suède » de favoriser les entrées d'investissements directs étrangers dans le domaine des technologies propres, c'est-à-dire la bioénergie, le génie de l'environnement, la chimie, le chauffage, la ventilation et la climatisation écologiques, la construction durable, les déchets et le recyclage[61].

Encadré 5.4. Le transfert non technologique au service de l'éco-innovation

Dans le cadre du Programme de production propre, l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) œuvre au transfert dans les pays en développement du modèle de « leasing chimique », axé sur le service, pour mettre en pratique la production en circuit fermé. À la différence du modèle traditionnel de vente, le client, dans ce nouveau modèle économique, paie les avantages procurés par le produit chimique, et non la substance elle-même. Au lieu de livrer simplement le produit, le fournisseur vend les fonctions et le savoir-faire nécessaire à un usage optimal et reste responsable du produit chimique pendant tout son cycle de vie : l'utilisation, le recyclage et l'élimination. Le paiement est calculé en fonction du résultat, d'après le nombre d'unités fonctionnelles (par exemple le nombre de pièces nettoyées ou la surface recouverte), et non de la quantité de produits chimiques achetée ; le fournisseur est donc fortement incité à réduire l'emploi des produits, tandis que le consommateur bénéficie d'un coût moindre.

Avec l'appui du gouvernement de l'Autriche, pays où ce modèle fut d'abord expérimenté, l'ONUDI a effectué les premiers transferts de savoir-faire en Russie, au Mexique et en Égypte, sur la base de partenariats trilatéraux entre les sociétés fournissant les produits chimiques, les entreprises utilisatrices et les centres locaux de production propre (NCPC). Ainsi, une entreprise chimique égyptienne (Badawi Chemical Work) a commencé à fournir à l'un de ses clients (GM Egypt) des services de nettoyage avec des solvants hydrocarbures contre paiement d'une somme forfaitaire par véhicule, au lieu d'une vente du solvant au litre. Cela a entraîné une baisse de la consommation de solvants d'à peu près 1.5 litre à 1 litre par véhicule, et une économie de 15 % due à un moindre emploi de produits bruts. Ce procédé présente aussi des avantages écologiques en termes de hausse du taux de recyclage, meilleure gestion des déchets de solvants et mode de nettoyage plus efficace.

Au vu des résultats positifs des premiers projets expérimentaux, le programme a été étendu à d'autres pays tels que l'Allemagne, la Colombie, le Maroc, la Serbie et le Sri Lanka.

Source : site Internet *www.chemicalleasing.com* de l'ONUDI sur le leasing de produits chimiques ; et Sena (2007), « Chemical Leasing and Chemical Management Services », présentation à la Network Conference de l'International Institute for Industrial Environmental Economics (IIIEE), 28 septembre, Lund, Suède.

Conclusions

Dans le passé, les gouvernements des pays de l'OCDE ont cherché à promouvoir la production durable et l'éco-innovation principalement dans le cadre de leurs politiques de l'environnement, sans toujours se préoccuper de la cohérence ou des synergies avec les mesures prises dans d'autres domaines. Ces dernières années, les considérations environnementales ont commencé à trouver leur place dans les politiques de l'innovation. Cette

tendance doit être encouragée car les politiques de l'environnement et de l'innovation peuvent se renforcer mutuellement.

Dans cette perspective d'intégration, nous avons passé en revue, dans le présent chapitre, les stratégies nationales et les initiatives globales actuelles en matière d'éco-innovation, et examiné comment le concept est défini et quels acteurs ont pris une part active à la mise en œuvre de ces stratégies. Nous avons par ailleurs ventilé les initiatives existantes dans plusieurs catégories de politiques de l'innovation comportant des mesures axées sur l'offre et sur la demande, puis analysé le degré d'intégration des politiques de l'innovation et de l'environnement.

Les résultats de l'enquête montrent qu'un nombre croissant de pays considère à juste titre les problèmes d'environnement non comme un obstacle au développement économique, mais comme une chance qu'offre l'innovation à la croissance économique et à la compétitivité. Toutefois, les pays interrogés ne semblent pas tous posséder de véritable stratégie d'éco-innovation et lorsqu'ils en ont une, l'action des différentes administrations concernées manque de coordination.

Les initiatives et programmes mis en place par les pays pour promouvoir l'éco-innovation sont variés et comportent des mesures ciblant aussi bien l'offre que la demande. Les mesures en faveur de l'offre comprennent l'amélioration des moyens de financement des entreprises qui développent de nouvelles technologies, la prise en charge de la R-D et de la pré-commercialisation, ainsi que les aides à l'éducation et à la formation. La plupart des pays considérés reconnaissant que le développement des technologies nécessaires pour répondre aux problèmes actuels d'environnement ne peut se faire qu'en collaboration, bon nombre de programmes gouvernementaux en faveur de l'offre englobent la création de réseaux, de plates-formes ou de partenariats associant des représentants des entreprises, des universités et des pouvoirs publics ainsi que d'autres parties prenantes, comme les associations de défense de l'environnement. La plupart des initiatives s'appliquent à un secteur ou à une technologie spécifique, de sorte que les aspects non technologiques de l'éco-innovation sont encore rarement pris en compte.

Les mesures concernant la demande, notamment les marchés publics verts, les instruments réglementaires et le transfert de technologies, suscitent de plus en plus d'intérêt, les gouvernements étant conscients du fait que l'existence et le développement de marchés adéquats pour les produits et services innovants sont tout aussi essentiels pour relever les défis environnementaux. Toutefois, les mesures concernant la demande doivent s'inscrire dans le cadre d'une démarche mieux ciblée pour mettre les activités industrielles au service de l'éco-innovation. Il importe, pour trouver

un bon équilibre entre les différentes mesures en faveur de l'éco-innovation, d'appréhender de façon plus globale les interactions entre l'offre et la demande d'éco-innovations, de même que les relations entre la production et la consommation de biens et services éco-innovants[62]. En outre, il faudrait mieux évaluer la mise en œuvre des différents trains de mesures pour faire ressortir les politiques d'éco-innovation prometteuses et les situations dans lesquelles les différents instruments peuvent être déployés avec succès.

Notes

1. Ce sont les technologies visant à améliorer l'efficacité (économes en énergie et en matières), la production d'énergie durable (en particulier d'énergie renouvelable, mais aussi d'énergie fossile plus respectueuse de l'environnement), les technologies de réduction et de traitement des déchets, le traitement de l'eau et des eaux usées, la gestion durable de l'eau, certaines technologies et certains concepts, et les produits et techniques favorisant une mobilité durable.
2. ETAP définit l'éco-innovation comme « la production, l'assimilation ou l'exploitation d'une nouveauté appliquée aux produits, aux procédés de production, aux services ou aux méthodes de gestion, qui a pour but, durant tout son cycle de vie, de prévenir ou de réduire sensiblement le risque pour l'environnement, la pollution et d'autres effets dommageables de l'usage de ressources (dont l'énergie) ».
3. *www.epa.gov/innovation*.
4. *www.berr.gov.uk/files/file52002.pdf*.
5. *www.legrenelle-environnement.fr*.
6. *www.manufacturing.gov/interagency/interagency.asp?dName=interagency*.
7. *www.developpement-durable.gouv.fr*.
8. La feuille de route nationale de chaque État membre de l'UE peut être téléchargée sur le site *http://ec.europa.eu/environment/etap/policy/roadmaps_fr.html*.
9. L'EPOC a étudié les questions relatives à l'intégration des perspectives de l'innovation à la politique de l'environnement. Les profils par pays sont disponibles à l'adresse *www.oecd.org/environment/innovation/globalforum* (OCDE, 2008b).
10. La CE a également mis au point l'Inventaire européen des mesures de soutien à la recherche et à l'innovation, qui classe les informations et la documentation nationale concernant les politiques, mesures et programmes dans ces deux domaines (*www.proinno-europe.eu*). L'inventaire classe 38 instruments de politique de l'innovation en cinq catégories, et comporte des mesures intéressant à la fois l'offre et la demande. Nous n'avons pas utilisé cette classification ici en raison du grand nombre de catégories qu'elle comporte, mais aussi pour des raisons d'homogénéité avec d'autres travaux de l'OCDE.
11. *www.vaekstfonden.dk*.
12. Le septième Programme-cadre de recherche et de développement technologique (7e Programme-cadre), couvrant la période 2007-13, inclut « l'environnement (y compris le changement climatique) » dans les

dix domaines ouvrant droit à des financements de travaux de recherche en collaboration.

13. Le PRECODD a été remplacé en janvier 2009 par un nouveau programme, intitulé ECOTECH, dont les objectifs sont similaires.
14. *www.meti.go.jp/english/newtopics/data/pdf/CoolEarth_E_revised.pdf.*
15. *www.epa.gov/etop/continuum.html.*
16. *http://canmetenergy.nrcan.gc.ca*.
17. *www1.eere.energy.gov/commercialization/technology_commercialization_fund.html.*
18. *www.oseo.fr*.
19. *www.hm-treasury.gov.uk/leitch_review_index.htm.*
20. *www.eco.ca*.
21. *www.epa.gov/oppt/greenengineering/pubs/textbook.html.*
22. *www.greensuppliers.gov*.
23. *www.innovateuk.org/ourstrategy/innovationplatforms.ashx*.
24. *www.ktnetworks.co.uk.*
25. *www.industrie.gouv.fr/poles-competitivite*.
26. *www.pole-derbi.com.*
27. *www.axelera.org*.
28. *www.iar-pole.com*.
29. *www.advancity.eu*.
30. *www.vehiculedufutur.com.*
31. *www.innopolos-wm.eu.*
32. www.meti.go.jp/policy/recycle/main/*english*/3r_policy/ecotown.html.
33. *www.cleaner-production.de*.
34. *www.ic.gc.ca/eic/site/fte-fte.nsf/eng/home*.
35. *www.dti.dk.*
36. *www.epa.gov/etop*.
37. *http://trade.gov/competitiveness/sustainablemanufacturing/index.asp*.
38. *http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=17579*.
39. *www.eccj.or.jp*.
40. *www.energysavingtrust.org.uk*.
41. *www.ttgv.org.tr*.
42. Les dispositifs de stimulation récents visant à remédier à la crise économique prévoient toutefois de nombreuses dispositions de cette nature.
43. *www.itst.dk/filer/Publications/Action_plan_for_Green_IT_in_Denmark/index.htm.*

44. *www.secteurpublic.fr/public/article.tpl?id=15360*.
45. *www.meti.go.jp/english/policy/GreenITInitiativeInJapan.pdf*.
46. *www.eccj.or.jp/top_runner/index.html*.
47. *www.env.go.jp/policy/j-hiroba/PRG/pdfs/e_guide.pdf*.
48. *www.env.go.jp/policy/j-hiroba/PRG/pdfs/e_eco_action.pdf*.
49. *www.bmbf.de/pub/bmbf_hts_lang_eng.pdf*.
50. *www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/ecologisation-greening/achats-procurement/politique-policy-eng.html*.
51. *www.epa.gov/epp*.
52. *www.gsa.gov/Portal/gsa/ep/contentView.do?P=FXA1&contentId=9845&contentType=GSA_OVERVIEW*.
53. *www.federalelectronicschallenge.net*.
54. *www.env.go.jp/en/laws/policy/green/index.html*.
55. *www.gpn.jp*.
56. *www.dius.gov.uk/policy/public_procurement.html*.
57. *www.developpement-durable.gouv.fr/article.php3?id_article=2825*.
58. Selon une estimation, les ventes d'automobiles émettant moins de 130 g de CO_2/km ont augmenté de 46 % en 2008 et représentent maintenant 45 % du total des immatriculations (30 % en 2007). En revanche, les ventes d'automobiles émettant plus de 160 g de CO_2/km sont tombées à 14 % des immatriculations en 2008 contre 24 % en 2007 (Lianes, 2009).
59. *www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Presentation_des_mesures_fiscales_cle02291f.pdf*.
60. *www.symbiocity.org*.
61. *www.isa.se/templates/Normal____62875.aspx*.
62. On notera le caractère préliminaire des résultats présentés dans ce chapitre, imputable à deux motifs : le nombre limité de gouvernements participant à l'enquête, et le fait que les renseignements fournis ne rendent pas nécessairement compte de toutes les dispositions prises dans les pays ayant répondu à l'enquête.

Bibliographie

Commission européenne (CE) (2004), *Acheter vert ! Un manuel sur les marchés publics écologiques*, Office des publications officielles des Communautés européennes, Luxembourg.

CE (2006), *Mettre le savoir en pratique : une stratégie d'innovation élargie pour l'UE*, COM(2006)502 final, 13 septembre, Commission européenne, Bruxelles.

CE (2007), *Guide on Dealing with Innovative Solutions in Public Procurement: 10 elements of good practice*, document de travail de la Commission, SEC(2007)280, Bruxelles, *www.proinno-europe.eu/doc/procurement manuscript.pdf*.

CE (2008), *European Innovation Scoreboard 2007: Comparative Analysis of Innovation Performance*, PRO INNO Europe paper n° 6, Office des publications officielles des Communautés européennes, Luxembourg.

Chesbrough, H. (2006), *Open Business Models: How to Thrive in the New Innovation Landscape*, Harvard Business School Press, Boston, MA.

Dries, I., P. van Humbeek et J. Larosse (2005), « Linking Innovation Policy and Sustainable Development in Flanders », *in* OCDE (2005).

Edler, J. et L. Georghiou (2007), « Public Procurement and Innovation : Resurrecting the demand side », *Research Policy*, vol. 36, p. 949-963.

État du Minnesota, États-Unis (2008), « Physical Infrastructure: Detailed Explanation of Metrics and Sources », site Internet CareerOneStop, *www.careeronestop.org/Red/AssetMapping/PhysicalInfrastructure.aspx*.

Giessel, J.F. van et G. van der Veen (dir. pub.) (2004), *Policy Instruments for Sustainable Innovation*, Technopolis, Amsterdam.

Heaton, G. R. (2002), « Policies for Innovation and the Environment : Toward an arranged marriage », document présenté à la conférence consacrée au programme mené sur six pays « Innovation Policy and Sustainable Development : Can public innovation incentives make a difference? », 28 février–1er mars, Bruxelles, *www.6cp.net/downloads/02brussels_heaton.doc*.

Hippel, E. von (2005), *Democratizing Innovation*, MIT Press, Cambridge, MA.

Kemp, R. et D. Loorbach (2005), « Dutch Policies to Manage the Transition to Sustainable Energy », *in* F. Beckenbach *et al.* (dir. pub.), *Jahrbuch Ökologische Ökonomik 4 : Innovationen und Nachhaltigkeit*, MetropolisVerlag, Marburg, p. 123-150.

Lianes, A. (2009) « Bonus-malus et prime à la casse : ce qu'il faut savoir », *DD Magazine*, 11 février, *www.ddmagazine.com/926-voiture-bonus-malus-ecologique-prime-a-la-casse-conditions-dattribution.html*.

Loorbach, D., R. van der Brugge et M. Taanman (2008), « Governance in the Energy Transition: Practice of Transition Management aux Pays-Bas », *International Journal of Environmental Technology and Management*, vol. 9, n° 2/3, p. 294-315.

Ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie (METI) du Japon (2007), *The Key to Innovation Creation and the Promotion of Eco-innovation*, rapport de l'Industrial Science Technology Policy Committee of the Industrial Structure Council, METI, Tokyo.

OCDE (2005), *Governance of Innovation Systems, Volume 1 : Synthesis Report*, OCDE, Paris.

OCDE (2008a), L'économie du changement climatique », document de travail interne destiné à préparer la Réunion du Conseil au niveau des Ministres.

OCDE (2008b), « National Approaches for Promoting Eco-innovation: Country profiles of eight non-EU OECD countries », document de travail interne destiné au Groupe de travail sur les questions d'environnement mondiales et structurelles, Comité des politiques d'environnement.

OCDE (2008c), « Encourager les activités manufacturières durables et l'éco-innovation », document de travail interne destiné au Comité de l'industrie, de l'innovation et de l'entrepreneuriat.

Parliamentary Office of Science and Technology, Royaume-Uni (2004), Environmental Policy and Innovation, Postnote, n° 212, janvier, Parliamentary Office of Science and Technology, Londres, *www.parliament.uk/documents/upload/POSTpn212.pdf*.

PNUE/Wuppertal Institute Collaborating Centre on Sustainable Consumption and Production (CSCP), Wuppertal Institute (WI) et Agence de coopération technique allemande (GTZ) (2006), *Policy*

Instruments for Resource Efficiency : Towards sustainable consumption and production, GTZ, Eschborn.

Reid, A. et M. Miedzinski (2008), *Sectoral Innovation Watch in Europe : Eco-innovation*, final report to Europe INNOVA initiative, mai, Technopolis Belgique, Bruxelles, *www.technopolis-group.com/resources/downloads/661_report_final.pdf*.

Sena, A. A. (2007), « Chemical leasing and chemical management services », présentation à la Network Conference de l'Institute for Industrial Environmental Economics (IIIEE), 28 septembre, Lund.

Tukker, A. *et al.* (2008), *System Innovation for Sustainability 1: Perspectives on radical changes to sustainable consumption and production*, Greenleaf Publishing, Cheltenham.

Annexe 5.A

Politiques et programmes publics en faveur de l'éco-innovation – Réponses des pays à l'enquête

Allemagne

Définition de l'éco-innovation et stratégie en la matière

Définition de l'éco-innovation

- L'éco-innovation ne se limite pas aux biens environnementaux et aux technologies éco-efficientes, à la production d'énergie durable, à la réduction des déchets et à leur traitement ; elle englobe aussi les modèles d'activité, les services et les activités de conseil qui sont bénéfiques à l'environnement et à l'économie.

Stratégie et initiatives en faveur de l'éco-innovation

- Formulée en 2002, la Stratégie nationale de développement durable a donné lieu à un rapport d'étape en 2008, et est placée sous la responsabilité de la chancellerie.
- Le gouvernement a approuvé, en novembre 2008, un Schéma directeur spécifique des écotechnologies. Les grands domaines d'action sont l'eau, l'efficience des matériaux et la protection climatique. L'objectif principal est de favoriser l'application des éco-innovations et de lancer des marchés porteurs pour les technologies environnementales.
- La stratégie d'innovation du pays s'articule d'abord autour de la « Stratégie en faveur des technologies de pointe pour l'Allemagne ». Pour la législature en cours, le gouvernement fédéral s'attache en particulier à stimuler la recherche et la technologie dans les domaines les plus importants, dont des disciplines transversales comme les biotechnologies et les nanotechnologies, ainsi que des technologies appliquées à l'énergie et à l'environnement. Cette stratégie cherche à faire la liaison entre la recherche et les marchés futurs.
- Le Programme intégré énergie et climat (IEKP) a été adopté en 2007 afin d'utiliser plus efficacement l'énergie, d'étendre l'emploi des énergies renouvelables et de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES).
- Dans le cadre du plan d'action ETAP, le réseau national d'ETAP organise l'échange d'expériences et formule des recommandations conformes à la feuille de route allemande. On met l'accent sur un meilleur accès des PME à la recherche, aux sources de financement et au marché mondial.

Place de l'environnement dans la politique de l'innovation

Priorités générales

- Une étude intitulée « Les technologies environnementales à l'horizon 2020 » a été menée pour élaborer les choix politiques et stratégiques en matière de financement futur de la recherche sur ces technologies.

Mesures portant sur l'offre

Recherche-développement

- Le Programme de financement de la recherche, du développement technologique et de démonstration vise à assurer la mise au point d'écotechnologies telles que les biomatériaux et les énergies renouvelables.
- Un programme en faveur de l'innovation dans le domaine de la nutrition, l'agriculture et la protection des consommateurs a été mis en place en 2006. Des subventions ont été accordées aux projets de R-D qui visent l'amélioration des performances environnementales de l'agriculture, la sylviculture et la pêche.

Éducation et formation

- L'enseignement professionnel et la formation continue agricoles abordent la problématique de plus en plus lourde de l'écologie et de la durabilité, et promeuvent une approche durable des activités commerciales.
- Les pouvoirs publics demandent que la protection de l'environnement et la durabilité figurent dans les programmes de formation continue et tout au long de la vie.

Services d'information

- Des programmes de conseil dispensent des fonds pour augmenter l'efficacité énergétique des PME, et des conseils concernant l'utilisation de l'énergie domestique, dispensés à domicile ou dans des centres d'information des consommateurs.

Mesures portant sur la demande

Réglementation et normes

- La loi sur les énergies renouvelables, la loi sur la cogénération (de chaleur et d'électricité), la loi sur le chauffage par des énergies renouvelables et la loi d'ouverture à la concurrence de la métrologie appliquée à l'électricité et au gaz ont été promulguées en 2007.
- L'ordonnance sur les économies d'énergie et les règles d'extension du réseau d'électricité ont été révisées en 2008.
- Les véhicules personnels sont soumis à une taxe qui varie selon le niveau d'émission de polluants et de CO_2.

Marchés publics et soutien de la demande

- Des principes directeurs applicables aux commandes publiques de biens et services économisant l'énergie ont été publiés.

Canada

Définition de l'éco-innovation et stratégie en la matière

Définition de l'éco-innovation

- L'éco-innovation concerne les travaux scientifiques et technologiques de recherche, de développement, de démonstration et de déploiement d'énergies propres.
- Elle se réfère aussi au processus créatif d'application du savoir et à ses résultats.
- Il est possible de favoriser systématiquement l'innovation dans l'ensemble de l'économie et pas seulement dans les laboratoires de R-D.

Stratégie et initiatives en faveur de l'éco-innovation

- La loi fédérale sur le développement durable prévoit une stratégie nationale. Celle-ci sera formulée d'ici à 2010.
- Le gouvernement a créé plusieurs organismes à but non lucratif comme les Centres canadiens pour les technologies environnementales et Technologies du développement durable au Canada ; ils contribuent au succès de l'éco-innovation.
- Plusieurs stratégies et programmes spécifiques sont en vigueur : écoACTION (programmes écoTRANSPORTs, écoENERGIE et écoAGRICULTURE), Technologies du développement durable au Canada (TDCC), stratégie de développement durable 2006-2009 d'Industrie Canada, stratégie des sciences et de la technologie d'Industrie Canada, Villes écologiquement viables, Viser vert et les guides technologiques.

Place de l'environnement dans la politique de l'innovation

Priorités générales

- Changement climatique ; propreté de l'air et du sol ; biocarburants et développement des technologies dans le domaine de la bioénergie ; gazéification ; fixation et stockage du carbone ; transmission, distribution et stockage de l'électricité ; énergie solaire et éolienne ; piles à combustible.

Mesures portant sur l'offre

Aide financière

- TDCC est une fondation chargée de financer et d'assister la mise au point et la démonstration de technologies propres concernant le changement climatique, la propreté de l'air ainsi que la qualité de l'eau et des sols.
- Industrie Canada gère la base de données Financement des technologies environnementales, qui répertorie les initiatives en la matière.
- CanmetENERGIE est un organisme qui sert de guichet aux crédits fédéraux destinés au développement de technologies économisant l'énergie et de technologies propres.
- Les autres fonds officiels concernés sont le Fonds d'innovation automobile, le Fonds de démonstration des technologies de transport de marchandises et ecoENERGIE Rénovation.

Recherche-développement

- Il existe plusieurs dispositifs de R-D : le Programme de recherche et développement énergétiques, Recherche-développement en technologie et en innovation, l'Initiative ecoENERGIE sur la technologie et CanmetENERGIE.
- La Fondation canadienne pour l'innovation (FCI) finance les universités et les instituts de recherche qui effectuent des travaux de recherche-développement technologique de classe mondiale dans le domaine des ressources renouvelables et de l'environnement.

Pré-commercialisation

- Les Centres canadiens pour l'avancement des technologies environnementales (CCATE) contribuent à la mise au point, à la démonstration et à l'application de technologies environnementales innovantes. Ils le font en offrant aux PME une assistance multiforme : conseil en développement général de l'activité ; étude de marchés ; obtention de capitaux ; assistance technique.
- TDCC appuie la mise au point et la démonstration de technologies propres apportant des solutions aux problèmes de changement climatique, de propreté de l'air, ainsi que de qualité de l'eau et du sol.

- Le Système de vérification des technologies environnementales contrôle les performances environnementales prêtées à des projets et à des technologies.

Éducation et formation

- ECO Canada est un organisme qui offre une formation à l'écologie sous la direction de l'industrie et de ses parties prenantes.
- Le programme EcoTechnologie pour les véhicules donne aux consommateurs des informations sur les véhicules à faibles émissions.

Réseaux et partenariats

- Industrie Canada, Environnement Canada, Ressources naturelles Canada ainsi que d'autres agences et le secteur privé collaborent à des programmes consacrés à l'innovation et à l'environnement.
- Plusieurs réseaux ont été constitués : le Réseau des centres d'excellence, les Centres d'excellence en commercialisation et en recherche, les Réseaux de centres d'excellence dirigés par des entreprises, le Programme de stages en recherche-développement industriel, le Partenariat Asie-Pacifique pour les bâtiments et les appareils (association de gouvernements nationaux en faveur des économies d'énergie).

Services d'information

- « Financement des technologies environnementales » est un inventaire des programmes de financement et d'incitation en faveur du développement, de la démonstration et de la mise en œuvre des technologies environnementales.
- Le programme ecoENERGIE pour les flottes de véhicules prodigue des informations et des conseils afin de réduire les émissions des flottes de véhicules commerciaux.

Mesures portant sur la demande

Réglementation et normes

- La Loi sur l'efficacité énergétique réglemente les normes d'utilisation de l'énergie de tous les produits importés et des produits consommant de l'énergie échangés entre les provinces, ainsi que l'étiquetage des produits consommateurs d'énergie et la collecte de données concernant l'utilisation d'énergie.

Marchés publics et soutien de la demande

- La politique fédérale d'achats écologiques se sert des marchés publics pour faire progresser les technologies et les solutions environnementales innovantes.

Coordination de l'éco-innovation

Coordination des politiques au sein de l'administration

- Les agences publiques collaborent et coordonnent leurs activités concernant le changement climatique en recourant à la réglementation, à des programmes de financement, à des instruments de marché et à la sensibilisation.
- Industrie Canada est généralement responsable de la promotion de l'innovation et facilite les investissements dans les nouvelles technologies.

Danemark

Définition de l'éco-innovation et stratégie en la matière

Définition de l'éco-innovation

- Utilise la définition du Plan d'action de l'UE sur les technologies environnementales (ETAP) : « la production, l'assimilation ou l'exploitation d'une nouveauté appliquée aux produits, aux processus de production et aux services ou méthodes de gestion, qui a pour but, pendant tout son cycle de vie, de prévenir ou de réduire sensiblement les risques pour l'environnement, la pollution et d'autres effets dommageables de l'usage de ressources (dont l'énergie) ».

Stratégie et initiatives en faveur de l'éco-innovation

- Le gouvernement a lancé en 2007 un Plan d'action pour les technologies éco-efficientes afin de contribuer à la résolution du problème mondial de l'environnement.
- Le gouvernement a lancé en 2009 une stratégie climatique à l'intention des entreprises, afin de permettre au pays de conjuguer croissance économique et réduction des émissions de GES. Cette stratégie est élaborée sous l'égide d'une Commission sur le changement climatique composée de ministres, de représentants des entreprises et d'universitaires.
- En 2008, le ministère de la Science, de la Technologie et de l'Innovation a lancé le Plan d'action pour l'informatique verte afin de promouvoir l'utilisation de TI plus respectueuses de l'environnement auprès de la population, des entreprises et des administrations, mais aussi d'encourager les solutions informatiques intelligentes pour diminuer la consommation globale d'énergie.

Place de l'environnement dans la politique de l'innovation

Priorités générales

- L'un des principaux objectifs est de contenir le réchauffement planétaire dans la limite de 2°C en diminuant de 20 % à 30 % les émissions de CO_2 d'ici à 2020, sur la base d'un accord mondial.
- Le Plan d'action pour les technologies éco-efficientes repose sur neuf initiatives : partenariats pour l'innovation ; promotion ciblée et intensifiée des exportations ; développement de la recherche et de la

technologie ; renforcement des mesures prises par le ministère de l'Environnement pour favoriser les technologies éco-efficientes ; soutien ciblé de ces technologies dans l'UE ; développement de technologies climatiques et énergétiques ; réduction de l'impact environnemental de l'élevage ; propreté et protection du milieu aquatique ; salubrité de l'environnement.

- En matière d'énergie, les propositions du gouvernement pour la période allant jusqu'en 2025 sont les suivantes : indépendance totale à l'égard des combustibles fossiles ; emploi d'au moins 30 % d'énergie renouvelable ; utilisation efficace de l'énergie, avec une économie moyenne de 1.4 % de 2010 à 2025.

Mesures portant sur l'offre

Aide financière

- Un Fonds pour l'environnement subventionnera d'ici 2010 au moins 30 projets de technologies éco-efficientes des entreprises.
- Les technologies propres constituent l'une des priorités du Fonds danois pour la croissance financé par l'État.

Recherche-développement

- Les dépenses de recherche à financement public vont fortement augmenter, pour atteindre 1 % du PIB en 2010.
- Les projets de recherche stratégique pour 2007-09 soutiennent la R-D dans les domaines du changement climatique, de l'énergie, de l'eau, de la pollution de l'air, de la chimie et de la contamination des sols.
- L'État va doubler les crédits publics alloués à la recherche consacrée aux technologies de l'énergie, qui s'élèveront à 1 milliard DKK par an en 2010.

Pré-commercialisation

- Le Programme de développement et d'expérimentation des technologies énergétiques (EUDP) a été lancé en 2008 pour contribuer à la mise au point et aux essais de nouvelles technologies efficientes comme la biomasse, l'énergie éolienne et solaire, les piles à combustible et l'hydrogène, ainsi que de techniques permettant d'économiser l'énergie dans la construction, les transports et l'industrie.

Éducation et formation

- Au Danemark, les universités pratiquent la recherche et certaines des subventions aux travaux relatifs à l'environnement peuvent avoir des retombées sur la formation à la recherche.
- Le sujet du changement climatique figure dans la formation professionnelle.
- Le nombre de bourses de doctorants va être porté à 2 400 en 2010.
- Un dispositif pilote d'innovation encourage l'emploi de personnel hautement qualifié dans les PME.

Réseaux et partenariats

- Les consortiums d'innovation et les projets interactifs faisant appel aux TIC facilitent l'action publique en faveur de l'innovation dans les entreprises.
- L'Initiative pour les doctorats industriels incite les futurs chercheurs à partager leur temps entre le travail dans une entreprise et l'étude.
- Les réseaux de haute technologie, les centres technologiques régionaux et les centres de compétence en TIC assurent l'interaction des instituts universitaires et de recherche avec de nombreuses entreprises.

Services d'information

- Le Plan pesticides 2004-09 prévoit de subventionner les centres nationaux agricoles afin qu'ils conseillent les exploitants sur les moyens de réduire l'utilisation de pesticides.
- L'Institut des services technologiques agréés propose un portail Internet aux entreprises pour leur faciliter l'accès aux connaissances les plus récentes en matière de biotechnologies, de technologies du feu, d'environnement, de chimie écologique, d'énergie, de matériaux, d'alimentation, etc.
- De nouveaux instruments sont mis au point pour promouvoir l'innovation dans les PME.

Mesures portant sur la demande

Réglementation et normes

- Conseil aux consommateurs et promotion de l'éco-étiquetage.
- Le logo rouge Ø danois a été conçu pour étiqueter les produits alimentaires biologiques.

Transfert de technologie

- Un accord portant sur des projets d'innovation dans les technologies éco-efficientes a été signé avec la Chine.

États-Unis

Définition de l'éco-innovation et stratégie en la matière

Définition de l'éco-innovation

- « Innovation environnementale », « technologie propre » (*cleantech*) ou « production durable » (*sustainable manufacturing*) sont les termes les plus souvent employés.
- Le ministère américain du Commerce (DoC) définit la production durable comme la création de produits manufacturés par des procédés non polluants qui économisent l'énergie et les ressources naturelles et qui sont économiquement rationnels et sûrs pour les salariés, les communautés locales et les consommateurs.

Stratégie et initiatives en faveur de l'éco-innovation

- Le DoC a lancé la *Sustainable Manufacturing Initiative* (SMI) et le *Public-Private Dialogue* pour recenser les problèmes les plus pressants que pose la production durable et pour coordonner les efforts que déploient les secteurs public et privé afin de les résoudre.
- L'Agence pour la protection de l'environnement (EPA) a créé le *National Center for Environmental Innovation* (NCEI) et l'a chargé de promouvoir de nouvelles options pour améliorer les résultats en matière d'environnement. Ses activités visent la mise en place d'un système réglementaire axé sur les résultats, la responsabilisation de la société vers une bonne gestion environnementale et le renforcement des capacités d'innovation pour résoudre les problèmes.
- En 2002, l'Agence a présenté la stratégie « *Innovating for Better Environmental Results: A Strategy to Guide the Next Generation of Innovation* », qui est destinée à orienter la politique d'innovation de l'Agence elle-même.

Place de l'environnement dans la politique de l'innovation

Priorités générales

- L'action des pouvoirs publics favorise les innovations concernant en particulier le changement climatique, la pollution de l'air et l'énergie.

- La collaboration, sous de multiples formes, est encouragée au sein des agences ainsi qu'entre elles et l'industrie, les universités, les associations à but non lucratif et les états.
- L'accent est surtout mis sur la recherche de solutions pratiques et sur la diffusion et la commercialisation des écotechnologies.

Mesures portant sur l'offre

Aide financière

- Le *Small Business Innovation Research* subventionne la mise au point de technologies innovantes en privilégiant la démonstration de la validité du concept et la commercialisation de prototypes.
- Le *Technology Commercialization Fund* (TCF) du ministère de l'Énergie (DoE) cible le premier stade de développement des produits et met à la disposition de ses partenaires privés des fonds équivalents à leur contribution.

Recherche-développement

- Le Programme *Hydrogen, Fuel Cells & Infrastructure Technologies* du DoE a trois objectifs : la conception de techniques de nouvelle génération ; le lancement d'une campagne d'éducation pour faire connaître les avantages de ces technologies ; une meilleure intégration des sous-programmes portant sur l'hydrogène, les piles à combustible et la distribution d'énergie.
- Toutes les technologies conçues par le DoE doivent être conformes à la réglementation environnementale.

Pré-commercialisation

- Le Programme *R&D Continuum* de l'EPA décrit la progression du développement d'une technologie de la naissance du concept jusqu'au lancement sur le marché.
- Le *Technology Innovation Program* du DoE appuie la commercialisation de nouvelles technologies.

Éducation et formation

- Le *Green Engineering Program* a pour but d'intégrer le concept de risque dans les procédés et produits chimiques conçus par les universités et l'industrie. Un manuel a été élaboré à l'intention des

enseignants et des sessions de formation continue sont organisées pour les ingénieurs.

Réseaux et partenariats

- Dans le cadre du *Design for the Environment Program*, l'EPA travaille, en partenariat avec de nombreuses parties prenantes, à réduire les risques pour l'homme et l'environnement en prévenant la pollution.
- Le *Lawrence Livermore National Laboratory* du DoE conduit des recherches de première importance sur l'eau, l'environnement, l'énergie, le carbone et le climat en collaboration avec 80 universités, entreprises et organismes de recherche.

Services d'information

- L'EPA a créé l'*Environmental Technology Opportunities Portal*, un portail dédié aux technologies de l'environnement, pour les faire connaître aux entreprises et à d'autres organisations et relayer l'information sur les technologies conçues par l'EPA en matière de traitement et de contrôle de l'air, de l'eau et des déchets.
- La *Sustainable Manufacturing Initiative* (SMI) et le *Public-Private Dialogue* du DoC ont créé un portail Internet qui informe les entreprises de ce que le ministère et d'autres agences fédérales font en faveur de la production durable.

Mesures portant sur la demande

Marchés publics et soutien de la demande

- Depuis 1993, le gouvernement cherche à améliorer la gestion des agences fédérales dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et des transports. Il leur demande notamment d'appliquer des pratiques viables lorsqu'elles acquièrent des biens et des services, en privilégiant notamment les bioproduits écologiques, économisant l'énergie et l'eau, et à contenu recyclé.
- L'EPA et la *General Services Administration* aident les agences à se procurer des produits écologiques au moyen de conseils dispensés sur Internet et d'un catalogue.
- L'*Energy Independence and Security Act* les encourage à se procurer des produits à basse consommation énergétique et des combustibles « alternatifs ». Le programme *Federal Electronics Challenge* les incite à

effectuer des achats électroniques respectant certains critères environnementaux.

Transfert de technologie

- L'EPA finance la promotion de l'exportation en Inde, en Chine et dans d'autres pays en développement de procédés énergétiques propres et efficaces.
- Le *Clean Energy Technology Export Program* est un partenariat public-privé visant à remédier aux obstacles à l'exportation sur le marché mondial des technologies propres.
- L'*Environmental Exports Program* contribue à limiter les risques courus par les sociétés américaines et offre des conditions financières compétitives aux donneurs d'ordres internationaux pour l'achat de biens et de services environnementaux américains.

Coordination de l'éco-innovation

Coordination des politiques au sein de l'administration

- L'unité *Manufacturing and Services* du DoC a mis en place un sous-groupe inter-agences sur la production durable dans le cadre du Groupe de travail inter-agences sur la compétitivité de la production qui regroupe plus de 17 agences.

France

Définition de l'éco-innovation et stratégie en la matière

Définition de l'éco-innovation

L'éco-innovation n'est pas définie strictement, mais peut être comprise de la façon suivante :

- Au sens étroit, elle désigne l'innovation dans les technologies directement liées à la protection de l'environnement (= « innovation dans les technologies environnementales »).
- Dans une acception plus générale, il s'agit de l'innovation consistant en la conception ou l'adoption, par un ou plusieurs organismes, de changements des techniques ou de l'organisation de la production de biens et de services, ou même de l'usage ou du traitement de produits arrivés en fin de vie, afin de mieux préserver l'environnement et d'utiliser et de conserver plus efficacement l'énergie et les ressources naturelles en tenant compte du cycle de vie (= « innovation dans l'éco-responsabilité des acteurs économiques et sociaux »). Les domaines d'innovation concernés sont par exemple les technologies de transformation, la conception de produits ou services, les éco-industries, les modèles d'activité, les méthodes de commercialisation, les changements organisationnels et institutionnels.

Stratégie et initiatives en faveur de l'éco-innovation

- Le Grenelle de l'environnement a été organisé en 2007-08 sous forme de consultations et de débats à l'échelle nationale, avec la participation de cinq catégories de représentants des parties intéressées: l'État, les entreprises, les syndicats, les collectivités locales et les organisations non gouvernementales (ONG).
- La loi adoptée pour l'application du Grenelle de l'environnement formule des objectifs nationaux à moyen et long terme : réduire les émissions de GES de 75 % de 1990 à 2050, avec une baisse annuelle moyenne de 3 % ; porter la part des énergies renouvelables à au moins 23 % en 2020 ; diminuer la consommation d'énergie des édifices existants d'au moins 38 % en 2020.
- La Stratégie nationale de développement durable va être actualisée en 2009 sous l'égide du Commissaire au développement durable.

- Le Comité stratégique des éco-industries a été créé en 2008. Il se compose de chefs d'entreprise et de personnalités en vue du monde industriel et des technologies environnementales. Une étude stratégique sur le potentiel de ces activités a été réalisée. Le futur plan ECOTECH 2012 sera fondé sur la proposition de ce comité.

Place de l'environnement dans la politique de l'innovation

Priorités générales

- Le Grenelle de l'environnement a mis en place 33 commissions thématiques chargées de définir les grandes lignes et les objectifs de projets opérationnels en matière de logement, de transports, de véhicules à faibles émissions de carbone, de recherche, de produits renouvelables, de gestion et de recyclage des déchets, de risques nouveaux, de gouvernance, de responsabilité sociale des entreprises, etc.
- Dans son plan stratégique 2007-10, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) recense dix points d'application principaux pour le financement et le développement des activités de recherche et d'innovation technologique : l'air, les bâtiments, le bruit, le changement climatique, les déchets, l'énergie, les énergies renouvelables et les matières premières, le management environnemental, les sites et les sols, et les transports.

Mesures portant sur l'offre

Aide financière

- Depuis 1997, les Fonds communs de placement dans l'innovation (FCPI) offrent aux investisseurs privés une réduction d'impôt plafonnée à 6 000 EUR. Depuis 2008, certains d'entre eux (les FCPI-ISR) se spécialisent dans le financement d'investissements socialement responsables.

Recherche-développement

- L'Agence nationale de la recherche (ANR) et l'ADEME gèrent le Programme de recherche sur les écotechnologies et le développement durable (PRECODD) ; il encourage le développement d'écotechnologies visant notamment à maîtriser la pollution ainsi que de nouvelles méthodes pour augmenter l'éco-efficience des modes de production et de consommation. En janvier 2009, le PRECODD a été remplacé par le programme ECOTECH.
- L'ADEME aide les PME dans la première phase de la conception d'éco-innovations, préalablement à l'obtention de fonds de développement :

études de faisabilité technique et économique des projets ; recours à des services de conseil ; nomination temporaire d'un personnel qualifié pour mener à bien la conception.

- L'ANR a mené des programmes sur l'énergie durable et l'environnement. L'ADEME gère, finance et développe la recherche et l'innovation technologique dans les domaines de l'énergie et de l'environnement.
- L'article 19 de la loi d'application du Grenelle de l'environnement institue une procédure et fixe des objectifs en matière de recherche sur le développement durable. D'ici 2012, l'État affectera 1 milliard EUR de fonds supplémentaires à la recherche sur le changement climatique, l'énergie, les moteurs du futur, la biodiversité, la santé et l'environnement, etc. Les crédits accordés à la recherche en matière de technologies propres et de prévention des dommages à l'environnement augmenteront progressivement pour égaler, à la fin de 2012, l'enveloppe de l'énergie nucléaire civile.

Pré-commercialisation

- L'Agence d'innovation industrielle (fusionnée en 2008 avec OSÉO) a été créée en 2005 pour soutenir l'innovation et financer les PME dans les domaines du transfert de technologie et des projets novateurs qui offrent de véritables perspectives commerciales.
- Le « Fonds démonstrateur » institué en juillet 2008 est destiné à financer le développement expérimental de technologies environnementales prometteuses intéressant les transports, l'énergie et l'habitat, dans des conditions représentatives du fonctionnement industriel. De 2008 à 2012, il met 400 millions EUR à la disposition de « démonstrateurs ».

Éducation et formation

- L'ADEME aide les PME à adopter des méthodes de gestion de l'environnement applicables à la fabrication et à la conception de produits : en procédant à un éco-audit ou en obtenant une certification ISO 14001 ou SMEA ; en reconfigurant ou en améliorant les produits à chaque étape de leur cycle de vie au regard de leur incidence sur l'environnement.

Réseaux et partenariats

- Un groupe de réflexion sur l'informatique verte, chargé de rendre l'utilisation des TIC moins polluante et de favoriser leur utilisation au service du développement d'éco–entreprises, a été créé en janvier 2009.

Mesures portant sur la demande

Réglementation et normes

- Éco-étiquetage des biens de consommation pour orienter les choix des acheteurs.

Marchés publics et soutien de la demande

- Un système de *bonus-malus* pour les véhicules personnels a été introduit en décembre 2007. Il prévoit pour tout achat d'une voiture neuve, en fonction de ses émissions de CO_2 par kilomètre, le versement d'une prime (de 200 à 5 000 EUR) ou le paiement d'une pénalité (de 200 à 2 600 EUR).
- D'autres mesures budgétaires vertes ont été adoptées à la suite des propositions du Grenelle de l'environnement : prêts à taux zéro, dans la limite de 30 000 EUR, pour financer la rénovation thermique des logements ; crédit d'impôt sur les intérêts des emprunts contractés pour l'acquisition de logements conformes aux normes BBC (« Bâtiments à basse consommation »).

Transfert de technologie

- L'article 19 de la loi demande que les mesures d'aide au transfert et au développement de nouvelles technologies tiennent compte de leurs performances environnementales.

Coordination de l'éco-innovation

Coordination des politiques au sein de l'administration

- En 2007, les ministères responsables de l'environnement, de l'énergie, du logement, des transports et de l'aménagement du territoire ont été fusionnés en une seule entité. Celle-ci, dénommée ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, est chargée des technologies vertes et des négociations concernant le changement climatique.
- Le ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi coordonne la stimulation des éco-industries avec l'ADEME, l'ANR et OSÉO.
- La promotion de l'éco-innovation suppose une intégration des mesures en faveur du développement durable, et donc de faire entrer les préoccupations environnementales dans les différents instruments de politique publique et dans les projets d'innovation.

Grèce

Définition de l'éco-innovation et stratégie en la matière

Définition de l'éco-innovation

- L'éco-innovation correspond à toute forme d'innovation qui vise à contribuer de façon significative et démontrable à la réalisation de l'objectif de développement durable, en atténuant les dommages à l'environnement ou en utilisant de façon plus efficace et responsable les ressources naturelles, dont l'énergie.
- L'éco-innovation englobe aussi toute action novatrice favorable à l'environnement, dans n'importe quel secteur, qui permet d'améliorer sensiblement la compétitivité, le développement, l'emploi et le bien-être de la population.

Stratégie et initiatives en faveur de l'éco-innovation

- Le Plan stratégique 2007-13 de développement de la recherche, de la technologie et de l'innovation fait de l'innovation un élément moteur de la transition vers l'économie du savoir et l'amélioration de la compétitivité.
- Approuvée en 2002, la Stratégie nationale de développement durable a pour but de développer l'économie tout en préservant la cohésion sociale et la qualité de l'environnement dans plusieurs domaines : changement climatique, pollution atmosphérique, déchets solides, ressources en eau, désertification, biodiversité, écosystèmes naturels et forêts.
- Le programme opérationnel « Compétitivé 2000-06 » vise à promouvoir l'éco-innovation et les investissements environnementaux des entreprises.
- Les entreprises de tous les secteurs sont incitées à obtenir une certification ISO 14001 pour les systèmes de gestion environnementale.

Place de l'environnement dans la politique de l'innovation

Priorités générales

- Le Plan stratégique repose sur deux priorités principales : accroître et mieux cibler les investissements dans le savoir et l'excellence au service du

développement durable ; promouvoir l'innovation, la diffusion des technologies nouvelles et l'entrepreneuriat afin de générer des avantages économiques et sociaux.

- Le Plan retient 11 domaines thématiques prioritaires : les TIC ; l'agriculture, l'alimentation et la biotechnologie ; les produits et procédés respectueux de l'environnement dans des secteurs traditionnels comme le textile et le BTP ; les matériaux avancés ; les nanotechnologies et la microélectronique ; l'énergie ; les transports ; l'environnement et la santé ; l'espace et l'ingénierie de la sécurité ; le patrimoine culturel ; et les aspects sociaux et économiques du développement. Dans la plupart de ces domaines prioritaires, l'amélioration des performances environnementales est la principale bénéficiaire des actions financées.

Mesures portant sur l'offre

Aide financière

- Le Plan d'action pour l'environnement prévoit de subventionner les entreprises qui appliquent des projets environnementaux aboutissant à un éco-étiquetage ou à une certification SMEA.
- Le volet Gestion et recyclage des déchets industriels prévoit des aides pour la création d'installations de gestion et d'utilisation des déchets ou leur extension.
- La loi sur les incitations à l'investissement, principal vecteur des aides publiques régionales, privilégie les entreprises qui lancent et adaptent des technologies favorables à l'environnement dans l'organisation de la production ou qui recourent aux meilleures techniques disponibles, conformément à la directive européenne sur la prévention et la réduction intégrées de la pollution (PRIP).
- Plusieurs autres volets du programme Compétitivité 2000-06 prévoient l'octroi de fonds aux PME qui investissent dans de nouveaux équipements, dans l'informatique, dans la certification des systèmes de management, etc.
- Le ministère du Développement a l'intention de lancer, en coopération avec le ministère de l'Économie, des dispositifs spécifiques pour aider les entreprises à améliorer leurs performances environnementales.

Pré-commercialisation

- Le Centre des sources d'énergie renouvelables est l'agence nationale chargée de promouvoir ces énergies et les économies d'énergie. Il offre des services de mesure des données d'exploitation des technologies utilisant une énergie renouvelable (telle que les éoliennes et les panneaux photovoltaïques), gère des laboratoires d'expérimentation et participe à des projets de démonstration.

Recherche-développement

- L'environnement figure parmi les domaines prioritaires du financement de la recherche ; l'objectif est de développer l'intelligence écologique, de gérer les risques en adoptant des dispositifs de surveillance et de prévention intégrés, de soutenir le développement de l'industrie environnementale nationale, etc.

Éducation et formation

- Un Plan national de mise en œuvre de la stratégie de la Commission économique des Nations-Unies pour l'Europe en faveur de l'enseignement du développement durable a été établi.
- Les centres régionaux d'enseignement de l'environnement proposent des programmes ciblés aux étudiants, aux salariés et aux enseignants.

Réseaux et partenariats

- Plusieurs parcs technologiques et pépinières d'entreprises à forte intensité de savoir ont été créés à l'aide de fonds communautaires, publics et privés.
- Cinq pôles d'innovation régionaux ont été établis entre 2000 et 2006 pour favoriser la coopération entre l'industrie, les entreprises, les universités et les centres de recherche. Deux de ces pôles se consacrent aux priorités de l'environnement. En Macédoine occidentale, SynEnergia encourage l'innovation dans le domaine de la gestion environnementale des centrales électriques, de la biomasse, de l'hydrogène et des énergies renouvelables. Le pôle couvrant l'ouest de la Grèce s'intéresse entre autres activités à la gestion des déchets industriels et des ressources naturelles.

Services d'information

- Créé sous forme d'agence nationale, un Centre pour les sources d'énergies renouvelables est chargé de promouvoir les sources renouvelables et la maîtrise de l'énergie.

Mesures portant sur la demande

Réglementation et normes

- Plus de 1 000 sociétés adhèrent au Système collectif de gestion alternative, qui a pour objectif de recycler les emballages, les pneus usés, les véhicules en fin de vie, les équipements électriques et électroniques, les piles, les accumulateurs, les huiles usées et les déchets de construction.
- D'autres mesures ont été prises : permis d'émission de GES pour les entreprises, application de la directive PRIP, éco-étiquetage et certification SMEA.

Coordination de l'éco-innovation

Coordination des politiques au sein de l'administration

- Le Conseil national de la recherche et de la technologie, la Commission intergouvernementale et l'Organisation nationale de gestion du développement de la recherche et de la technologie ont été créés pour coordonner l'action gouvernementale en matière de politique de la recherche.

Japon

Définition de l'éco-innovation et stratégie en la matière

Définition de l'éco-innovation

- L'éco-innovation doit favoriser l'avènement d'une société économiquement viable en réformant l'innovation technique et en établissant un système social le moins dommageable possible pour l'environnement.
- La Commission de politique de la technologie, de la science et de l'industrie la définit comme « un nouveau domaine d'innovations techno-sociales, plus tourné vers l'environnement et l'homme que vers les fonctions des produits ».

Stratégie et initiatives en faveur de l'éco-innovation

- L'initiative *Cool Earth 50* lancée par un ancien premier ministre vise à réduire de moitié par rapport au niveau actuel les émissions de GES à l'horizon 2050.
- La Nouvelle stratégie de croissance, révisée en 2008, comporte trois piliers : l'édification de nouvelles structures économiques et industrielles à l'ère de « l'émulation pour le rendement des ressources » ; la définition d'une stratégie de conquête du marché mondial du développement durable ; une dynamisation des régions, des PME, de l'agriculture et des services.

Place de l'environnement dans la politique de l'innovation

Priorités générales

- Le Programme *Cool Earth* a recensé 21 technologies énergétiques essentielles et formulé une stratégie intitulée *Map of Technical Strategy*.

Mesures portant sur l'offre

Recherche-développement

- Les projets de R-D portent notamment sur les nouvelles applications des TIC : mise au point de technologies de réseaux domestiques économes en énergie, de circuits intégrés photoniques, de sous-systèmes de réseaux très performants faisant appel aux nanotechnologies et de techniques de télédétection pour mesurer le CO_2.

Pré-commercialisation

- Le projet de démonstration régionale d'architectures globales de l'innovation subventionne l'expérimentation de « pistes » techniques qui favorisent l'éco-innovation et apportent des solutions locales au changement climatique.
- Le Nouveau programme de développement régional du METI a pour objectif la construction d'une société sûre et sobre en carbone dans les régions au moyen d'un modèle de « Systèmes sociaux précurseurs » et entend tirer parti des fortes capacités du pays en matière de d'éco-technologies.
- Le Programme de contrôle des écotechnologies a été lancé pour faire vérifier par des tiers les performances des techniques de pointe dans les domaines de la pollution de l'air et de l'eau.

Réseaux et partenariats

- Le METI et le ministère de l'Environnement appliquent le Programme Éco-ville depuis 1997. Celui-ci incite les collectivités locales, les entreprises et la population à œuvrer ensemble à l'édification d'une société utilisant judicieusement le cycle des matières.

Services d'information

- Le Centre national de conservation de l'énergie est une fondation chargée de promouvoir l'utilisation efficiente de l'énergie, la protection contre le réchauffement climatique et la stimulation du développement durable ; il dispose d'un site Internet qui donne à l'industrie, à la société civile et au secteur des transports des informations sur la conservation de l'énergie et les normes *Top Runner* de performance des produits.

Création d'infrastructures

- En 2008, le METI a lancé l'Initiative « informatique verte » afin de développer des technologies informatiques innovantes dans une perspective de moyen et de long terme. Les secteurs ciblés comprennent le télétravail, les systèmes de transport intelligent et les systèmes de gestion de l'énergie dans l'habitat (HEMS) et dans les bâtiments (BEMS).

Mesures portant sur la demande

Réglementation et normes

- Le programme *Top Runner* du METI encourage la conception de produits plus économes en énergie en fixant des objectifs constamment révisés.
- Eco Action 21, système de gestion de l'environnement destiné aux PME, a été lancé en 1996.
- Le ministère de l'Environnement favorise la diffusion d'informations environnementales par le biais des principes directeurs applicables à l'établissement de rapports environnementaux qu'il édicte et des prix qu'il décerne.
- Les choix du consommateur sont facilités par les labels d'économie d'énergie et par le système des éco-marques (*Eco-Mark*).

Marchés publics et soutien de la demande

- La loi de 2000 sur la promotion des achats verts impose des choix écologiques à toutes les instances publiques pour tous les marchés publics.
- Le soutien au réseau Achats verts aide le secteur privé et les regroupements de citoyens à « acheter vert ».

Royaume-Uni

Définition de l'éco-innovation et stratégie en la matière

Définition de l'éco-innovation

- La production, l'assimilation ou l'exploitation d'une nouveauté concernant les produits, les procédés de fabrication, les services ou les méthodes de gestion et de management, qui a pour objet de prévenir ou de diminuer sensiblement les risques pour l'environnement, la pollution et les autres effets préjudiciables de l'emploi de ressources.
- Le perfectionnement des produits et des services résulte d'innovations concernant les processus de transformation, les modèles et la commercialisation aussi bien que les technologies.
- Toute forme d'innovation concourt au développement durable en atténuant les retombées nuisibles à l'environnement ou en permettant une utilisation plus efficace et responsable des ressources.

Stratégie et initiatives en faveur de l'éco-innovation

- La *Low Carbon Strategy*, mise au point en 2009, précisera le rôle de l'État dans l'avènement d'une économie à faibles émissions de carbone.
- Instituée en 2007, la *Commission on Environmental Markets and Economic Performance* (CEMEP) réunit des responsables d'entreprises, de syndicats, d'universités et d'ONG pour formuler des recommandations sur la manière dont le Royaume-Uni pourrait exploiter les potentialités offertes par le passage à une économie sobre en carbone et économe en ressources. La *UK Low Carbon Industrial Strategy* a été publiée en juillet 2009.
- Les initiatives portant sur l'offre comprennent des plates-formes d'innovation consacrées aux bâtiments à faible impact sur l'environnement et aux véhicules émettant peu de carbone ; il y a eu également un Livre blanc sur l'innovation.

Place de l'environnement dans la politique de l'innovation

Priorités générales

- L'éco-innovation concerne la production d'énergie, la consommation et la production durables, les possibilités offertes aux entreprises en matière de réduction des émissions de carbone, etc.

Mesures portant sur l'offre

Aide financière

- Diverses incitations budgétaires sont prévues pour soutenir les investissements dans les technologies innovantes et les initiatives très risquées : crédits d'impôt pour la R-D, *Enterprise Investment Scheme* et *Venture Capital Trust* (Fondation pour le capital-risque).

Recherche-développement

- Le *Technology Strategy Board* (TSB) cherche à stimuler l'innovation dans les domaines les plus propices à la croissance et aux gains de productivité.
- L'*Energy Technologies Institute* conduit des actions visant à accélérer la création de produits ainsi que de procédés innovants et commercialement viables.

Pré-commercialisation

- L'*Environmental Transformation Fund* s'intéresse surtout aux phases de démonstration et d'application de la mise sur le marché de technologies sobres en carbone et en énergie ; il intervient dans les domaines de la construction à faible impact, de l'assistance à l'autonomie des personnes et des véhicules à faibles émissions de carbone.
- Les plates-formes d'innovation du TSB cherchent aussi à accélérer le développement et la commercialisation de technologies originales à un stade précoce.
- D'autres programmes de démonstration sont également en cours : technologies de l'hydrogène et des piles à combustible, réduction des émissions de carbone, nanotechnologies, *Carbon Capture & Storage (CCS) Demonstration Competition* (concours de démonstration de techniques de capture et de stockage du carbone).

- Carbon Trust, société d'État créée en 2001, œuvre avec différents organismes à la mise au point de technologies commerciales et d'activités à faibles émissions de carbone.

Éducation et formation

- Le programme *Knowledge Transfer Partnership* apporte une aide financière à des jeunes scientifiques et ingénieurs afin qu'ils travaillent dans des entreprises innovantes – notamment environnementales.

Réseaux et partenariats

- Le TSB organise des plates-formes d'innovation dans des domaines tels que les systèmes et services de transport intelligent, la construction à faible impact, l'assistance à l'autonomie des personnes, la sécurité des réseaux et les véhicules émettant peu de carbone.
- Le *Centre of Excellence for Low Carbone and Fuel Cell Technologies* a pour objectif de stimuler la transformation du marché en reliant les fournisseurs aux utilisateurs finaux.
- L'*Energy Research Partnership* regroupe des représentants de l'État, de l'industrie, des universités et d'autres parties intéressées travaillant dans le domaine de la recherche, du développement, de l'expérimentation et de l'application des technologies énergétiques qui tentent, ensemble, de définir des objectifs communs et de les réaliser.
- Les *Knowledge Transfer Networks*, coordonnés par le TSB, renforcent les capacités d'innovation en favorisant l'échange de savoir au sein des secteurs et entre eux, en aidant les PME à obtenir des financements et en encourageant l'innovation dans leur communauté.

Services d'information

- L'État finance l'*Energy Saving Trust* (Fonds pour l'économie d'énergie), qui prodigue gratuitement des informations et des conseils ; cet organisme dispose aussi d'un réseau de centres locaux dans l'ensemble du pays, spécifiquement conçus pour aider les entreprises et les consommateurs à prendre des mesures d'économie d'énergie.

Mesures portant sur la demande

Réglementation et normes

- Le *Code for Sustainable Homes* contribue à l'évolution du marché immobilier et incite à l'innovation en vue d'éliminer toute émission de carbone dans les habitations.

- Parmi les mesures encourageant l'adoption de nouvelles technologies énergétiques figurent l'exemption de droit de timbre pour les nouveaux logements n'émettant pas de carbone ; un taux de TVA minoré (5 %) pour les installations professionnelles d'équipements de micro-génération dans les habitations et les institutions philanthropiques ; l'exonération de la taxe au titre du changement climatique pour la fourniture d'électricité à partir de sources renouvelables ; l'exonération d'impôt sur le revenu pour les excédents d'électricité vendus par les ménages ; et le dispositif amélioré d'aide aux investissements pour les équipements économes en énergie et en eau.

Marchés publics et soutien de la demande

- Le TSB a un rôle consultatif en matière de marchés publics pour promouvoir l'innovation dans la construction, l'alimentation et la gestion des déchets des entreprises. En outre, ses plates-formes d'innovation cherchent à utiliser les marchés publics pour augmenter les investissements des entreprises en R-D sur l'innovation.

- Les marchés publics sont cités dans la *Low Carbon Transport Innovation Strategy* et dans la déclaration de politique publique *Building a Green Future*.

- Le ministère de l'Entreprise, de l'Innovation et de la Qualification professionnelle (BIS) aide les responsables de la passation des marchés publics à appliquer le modèle *Forward Commitment Procurement* : encourager l'éco-innovation en acceptant d'acheter, à un prix prédéterminé, un volume donné d'un produit non défini qui résoudrait un problème donné avec moins d'impact sur l'environnement que les solutions du moment.

- Tous les ministères de l'État sont tenus de présenter en novembre 2009 au plus tard des projets de passation des marchés publics incluant des innovations propices au développement durable.

Transfert de technologie

- Les Dialogues sur le développement durable encouragent le transfert de techniques de symbiose industrielle au Brésil, à la Chine, au Mexique, etc.

Coordination de l'éco-innovation

Coordination des politiques au sein de l'administration

- Le *High level Low Carbon Economy Policy Group*, créé conformément aux recommandations de la CEMEP sur l'éco-innovation, est chargé de définir la politique de transition vers une économie plus durable du point de vue de l'environnement.

Suède

Définition de l'éco-innovation et stratégie en la matière

Définition de l'éco-innovation

- Pas de définition particulière.

Stratégie et initiatives en faveur de l'éco-innovation

- En 2004, le gouvernement a formulé une stratégie, intitulée « Suède innovante », qui porte sur six secteurs (automobile, technologies de l'information/télécommunications, biotechnologies, pharmacie, métaux, pâte à papier et papier).
- Le gouvernement demande aux administrations de renforcer les structures institutionnelles destinées à développer et intégrer les écotechnologies et d'étudier les éléments possibles d'une stratégie.
- Swentec a été créé en 2008 pour appuyer l'action publique en faveur des écotechnologies.
- Nutek concourt à la création de nouvelles entreprises ainsi qu'à la promotion d'une croissance économique et d'une prospérité durables.

Place de l'environnement dans la politique de l'innovation

Priorités générales

- Le changement climatique est l'une des principales priorités de l'État en matière d'environnement.
- La loi 2009-10 sur la recherche et l'innovation définit le cadre de la recherche financée par l'administration centrale et met l'accent sur l'énergie et le changement climatique.
- Le dernier projet de loi de finances amorce une réorientation de la politique de l'innovation : on passe de subventions au développement technologique à des mesures visant à rendre le marché plus efficace.

Mesures portant sur l'offre

Recherche-développement

- VINNOVA assiste la R-D dans les domaines de l'ingénierie, des transports, des communications et de la vie active pour promouvoir une croissance durable.
- MISTRA finance les programmes de recherche de solutions aux problèmes écologiques majeurs.
- FORMAS encourage et finance les recherches portant sur le développement durable en matière d'environnement, d'agronomie, de ressources halieutiques et d'aménagement spatial.
- Dans le secteur des transports, la R-D est axée sur la sécurité et les problèmes d'environnement.
- Dans le secteur de l'énergie, la Suède participe au Programme nordique de recherche énergétique et au nouveau Plan stratégique européen (SET).
- Le gouvernement cofinance, avec l'Institut suédois de recherche sur l'environnement (IVL), le projet « Développement d'une production plus propre ».

Pré-commercialisation

- L'Agence suédoise de l'énergie finance des projets pilotes en vue de la production de biocarburants de la deuxième génération et plusieurs programmes de recherche.
- Des centres de compétences ont été établis pour différentes technologies dans les domaines de l'énergie renouvelable et de la maîtrise de l'énergie.
- Nutek, Vinnova et Innovationsbron organisent des pépinières d'activités dans le domaine de l'environnement.
- La loi sur la recherche et l'innovation vise à encourager la mise au point et la commercialisation des biocarburants de la deuxième génération et de nouvelles technologies de production d'électricité et de véhicules économes en carburants.
- La Délégation des villes durables subventionne la mise au point de projets d'expérimentation portant sur l'aménagement de villes durables.

Éducation et formation

- La loi sur l'enseignement supérieur donne aux universités la responsabilité de promouvoir le développement durable.

Réseaux et partenariats

- La Suède participe aux plates-formes technologiques européennes, notamment aux plates-formes « Hydrogène et piles à combustible » et « Forêts, bois, papier ».

Services d'information

- L'État va constituer un catalogue communautaire (UE) des annuaires et bases de données consacrés aux écotechnologies, pour faire connaître les études de cas portant sur l'utilisation de ces technologies et leurs résultats.
- Le programme Investir pour le climat (Klimp) et le programme d'investissements locaux (LIP) ont été lancés afin de sensibiliser la population aux problèmes d'environnement.

Mesures portant sur la demande

Réglementation et normes

- Écolabel nordique officiel, le label Cygne existe depuis 1989 et s'applique à plus de 60 catégories de produits.

Transfert de technologie

- SymbioCity est destiné à servir de plate-forme aux entreprises suédoises qui exportent des technologies vertes et des systèmes de construction durable. Des accords de coopération bilatérale en matière d'écotechnologies ont été conclus avec le Brésil, la Chine, les États-Unis, etc. En 2008, le gouvernement a nommé un Haut représentant chargé de la coopération sino-suédoise dans les technologies de l'environnement.
- Le gouvernement a chargé le Conseil suédois des échanges d'encourager l'exportation de technologies environnementales, surtout parmi les PME.
- Le gouvernement a demandé à l'agence « Investir en Suède » de favoriser les investissements étrangers dans le secteur des technologies environnementales.

Coordination de l'éco-innovation

Coordination des politiques au sein de l'administration

- Le ministère des Entreprises, de l'Énergie et des Communications travaille en liaison étroite avec le ministère de l'Environnement, le ministère des Affaires étrangères et le ministère de l'Éducation et de la Recherche pour inciter les entreprises à développer leurs connaissances et leurs qualifications sur le plan de l'éco-innovation.
- Les agences publiques Vinnova, ASE, Nutek et Swentec travaillent avec l'État afin de propager l'éco-innovation.

Turquie

Définition de l'éco-innovation et stratégie en la matière

Définition de l'éco-innovation

- L'éco-innovation correspond à toute forme d'innovation qui vise à contribuer de façon significative et démontrable à la réalisation de l'objectif de développement durable, en atténuant les dommages à l'environnement ou en utilisant de façon plus efficace et responsable les ressources naturelles, dont l'énergie.

Stratégie et initiatives en faveur de l'éco-innovation

- La Stratégie nationale de développement rural, lancée en 2006, vise à améliorer la gestion et la mise en valeur des zones protégées.
- La Stratégie nationale de l'environnement vise à concourir au développement durable et à assurer la qualité de l'environnement dont la population a besoin.
- Le Programme-cadre en faveur de la compétitivité et de l'innovation favorise la compétitivité des PME en aidant les activités innovantes.

Place de l'environnement dans la politique de l'innovation

Priorités générales

- Le ministère de l'Environnement et des Forêts s'est fixé les priorités suivantes : recyclage des eaux usées, nouveaux modes de consommation, gestion intégrée des bassins fluviaux, définition de normes de qualité de l'environnement et de normes d'élimination de substances dangereuses, surveillance chimique et biologique.

Mesures portant sur l'offre

Recherche-développement

- Parmi les principaux projets de R-D environnementale figurent le traitement intégré des eaux usées communales et des déchets solides organiques avec de l'énergie renouvelable (bio-méthane), les techniques de recyclage et l'élimination des substances nuisibles à la couche d'ozone.

Réseaux et partenariats

- Un réseau de surveillance a été créé pour recueillir des données sur les émissions et la qualité de l'air ; il s'appuie sur les directions administratives provinciales et les universités.

Services d'information

- La Fondation turque du développement technologique fait connaître aux PME les moyens d'interrompre progressivement l'usage de substances détruisant l'ozone dans divers secteurs et les solutions techniques de remplacement.
- Le Service de surveillance de la biodiversité du ministère de l'Environnement et des Forêts a constitué une base de données sur la biodiversité dénommée l'Arche de Noé.
- L'Organisation de développement des petites et moyennes industries contribue à les rendre plus compétitives en encourageant l'entrepreneuriat et les jeunes pousses innovantes.

Mesures portant sur la demande

Réglementation et normes

- Le projet de normes environnementales dans l'industrie textile vise à aligner les pratiques des PME turques sur les normes environnementales internationales concernant les essais des matières textiles.
- La loi sur la maîtrise de l'énergie de 2007 a pour but de faire mieux prendre conscience de l'efficacité énergétique, de former les cadres et le personnel spécialisé des futures sociétés de service opérant dans ce secteur et d'améliorer les structures administratives des services chargés des économies d'énergie.
- La loi sur le pâturage de 1998 promeut la protection de la biodiversité, l'utilisation viable des ressources en pâturages et la limitation de la dégradation des sols et de l'érosion.

Coordination de l'éco-innovation

Coordination des politiques au sein de l'administration

- Le ministère de l'Industrie et du Commerce coordonne les conditions générales de participation aux projets de l'UE, notamment au programme-cadre pour la compétitivité et l'innovation (CIP) et au programme pour l'innovation et l'esprit d'entreprise (PIE).

Chapitre 6

Perspectives d'avenir : principales conclusions et travaux à envisager en matière de production durable et d'éco-innovation

Ce chapitre synthétise en neuf messages essentiels les constats des cinq chapitres précédents. Il détaille les domaines prometteurs pour les prochaines phases du projet de l'OCDE sur la production durable et l'éco-innovation et présente les recommandations formulées par son Groupe consultatif d'experts. Celles-ci concernent deux grands thèmes de travail : i) améliorer la clarté et la cohérence des indicateurs de la production durable afin de soutenir les efforts des industriels ; et ii) pallier la compréhension lacunaire de l'éco-innovation à l'aide d'études de cas et orienter les politiques publiques innovantes en mettant en commun les pratiques optimales, les visions stratégiques à long terme et les évaluations comparatives.

Introduction

Nous avons présenté dans les chapitres précédents les résultats de recherches et d'analyses menées durant la première phase du projet de l'OCDE sur la production durable et l'éco-innovation. L'objectif de ce projet est de contribuer à accélérer les efforts déployés par les industries manufacturières en faveur de la production durable et de promouvoir le concept d'éco-innovation afin de susciter de nouvelles solutions technologiques et systémiques pour répondre aux problèmes environnementaux planétaires. Le projet s'est d'abord attaché à aider les responsables des politiques publiques et des entreprises industrielles à appréhender les concepts et pratiques pertinents et à réfléchir aux orientations des travaux futurs destinés à pallier les carences cognitives et analytiques. Les activités de recherche suivantes ont été entreprises à cette fin :

- Examen des concepts de production durable et d'éco-innovation et élaboration d'un cadre d'analyse.
- À partir d'exemples existants, analyse des processus d'éco-innovation dans les industries manufacturières.
- Évaluation comparative des séries d'indicateurs utilisées dans l'industrie pour obtenir une production durable.
- Analyse des forces et faiblesses associées aux méthodologies existantes de mesure de l'éco-innovation au niveau macroéconomique.
- Bilan des stratégies et politiques nationales en matière de promotion de l'éco-innovation dans les pays de l'OCDE.

Ce chapitre de conclusion synthétise en neuf messages essentiels les constats des cinq chapitres précédents. Il présente ensuite, sur la base des résultats des recherches menées, les domaines prometteurs qui ont été identifiés par son Groupe consultatif d'experts pour les prochaines phases du projet.

Neuf messages essentiels

1. Les pratiques en matière de production durable ont évolué

Les industries manufacturières pourraient, en adoptant des pratiques de production efficientes et en mettant au point des produits et des services capables d'améliorer la performance environnementale, être motrices dans l'avènement d'une société durable. Sous l'effet notamment de réglementations environnementales plus strictes, elles ont pris diverses mesures de contrôle et de traitement visant à réduire le volume de leurs émissions et

effluents. Leurs efforts d'amélioration des performances environnementales ont évolué ces dernières années : autrefois centrés sur les solutions en bout de chaîne, ils privilégient désormais les cycles de vie des produits et les stratégies et systèmes de gestion environnementale intégrés, car maintes entreprises commencent à se reconnaître des responsabilités environnementales et sociales plus larges dans l'ensemble de leur chaîne de valeur.

Les entreprises cherchent par ailleurs de plus en plus à créer des systèmes de production circulaires, en boucle fermée, qui régénèrent des produits mis au rebut sous forme de ressources productives nouvelles. À titre d'exemple, la création d'écoparcs industriels a pour but d'exploiter les synergies économiques et environnementales qui peuvent exister entre des industriels auparavant sans rapport. L'adoption de méthodes plus intégrées et systématiques visant à améliorer la performance des industries manufacturières a également jeté les bases de nouveaux modèles économiques ou de nouveaux modes de prestation dans lesquels la rentabilité n'impose pas d'utiliser les ressources naturelles de manière intensive.

2. L'éco-innovation recherche des améliorations plus radicales

L'innovation vue comme un moyen pour les industriels et les pouvoirs publics d'avancer vers des améliorations plus radicales des pratiques et performances environnementales des entreprises a récemment bénéficié d'un fort regain d'intérêt. De nombreuses sociétés ont commencé à utiliser le terme d'*éco-innovation*, ou des vocables similaires, pour décrire leurs contributions au développement durable. Certains gouvernements assurent également la promotion de ce concept en tant que moyen de remplir des objectifs de développement durable tout en préservant la compétitivité de l'industrie et de l'économie.

Au sein de l'Union européenne (UE), l'éco-innovation est considérée comme un soutien aux objectifs élargis de la Stratégie de Lisbonne pour la croissance et l'emploi. Ce concept bénéficie principalement du soutien du Plan d'action en faveur de l'écotechnologie (ETAP), qui définit l'éco-innovation comme « la production, l'assimilation ou l'exploitation d'une nouveauté dans des produits, des procédés de production, des services ou des méthodes de management et d'entreprise, qui vise, tout au long du cycle de vie, à empêcher ou diminuer nettement les risques environnementaux, les pollutions et d'autres répercussions négatives découlant de l'utilisation de ressources (y compris énergétiques) ». Les technologies environnementales sont aussi considérées comme susceptibles d'améliorer les conditions environnementales sans entraver la croissance économique des États-Unis, où elles sont favorisées par différents programmes de partenariat public-privé et par des allègements fiscaux (OCDE, 2008).

Jusqu'ici, la promotion de l'éco-innovation a été essentiellement axée sur les technologies environnementales, mais on observe une tendance à élargir l'acception du concept. Au Japon, le Comité de la politique industrielle, scientifique et technologique du gouvernement définit l'éco-innovation comme « un nouveau domaine d'innovations technosociales s'intéressant moins aux fonctions des produits et davantage à l'environnement et à la personne » (METI, 2007). L'éco-innovation y est vue comme un concept directeur fournissant les orientations et l'ambition de mutations sociétales globales indispensables pour aboutir au développement durable. Cette extension du champ de l'éco-innovation correspond à la mise en œuvre plus intégrée de la production durable décrite plus haut.

3. L'éco-innovation comporte trois dimensions : objectifs, mécanismes et impacts

De manière générale, la définition de l'innovation du *Manuel d'Oslo* de l'OCDE[1] s'applique à l'éco-innovation, mais celle-ci comporte deux autres caractéristiques distinctives d'importance :

- L'éco-innovation désigne l'innovation qui se traduit, intentionnellement ou non, par une diminution de l'impact sur l'environnement.
- Le champ de l'éco-innovation peut s'étendre au-delà des frontières organisationnelles classiques des entités qui innovent, et concerner des réorganisations sociales plus larges suscitant des mutations dans les normes socioculturelles et les structures institutionnelles en place.

Ces caractéristiques engendrent une vision nouvelle de l'éco-innovation en termes de :

- **Objectifs** qui constituent l'axe central de l'éco-innovation, à savoir les *produits* (biens et services), *les procédés, les méthodes de commercialisation, les organisations et les institutions* (dispositions institutionnelles et normes socioculturelles). L'éco-innovation appliquée aux produits et procédés repose le plus souvent sur le développement *technologique*, tandis que l'éco-innovation concernant les méthodes de commercialisation, les organisations et les institutions concerne davantage des évolutions *non technologiques*.
- **Mécanismes**, qui indiquent comment on procède au changement dans les domaines visés. Il peut s'agir de *modifications* et de *reconceptions* de pratiques, de *solutions de substitution* aux pratiques en vigueur, ou de *création* de pratiques nouvelles. Ce mécanisme est également associé aux caractéristiques sous-jacentes de l'éco-innovation – selon que le changement prévu est de nature technologique ou non.

- **Impacts**, qui décrivent en quoi l'éco-innovation se répercute sur les conditions environnementales au cours du cycle de vie du produit ou selon une autre dimension. L'expérience montre que les mutations les plus radicales telles que la création de pratiques de substitution ou entièrement nouvelles portent en général les meilleures promesses de gain environnemental.

4. La production durable mobilise l'éco-innovation à différents niveaux

L'innovation joue un rôle essentiel dans la progression des industries manufacturières vers une production durable. Les initiatives évolutives de production durable – du classique contrôle des pollutions aux initiatives en faveur d'une production plus propre, à la démarche du cycle de vie et à la mise en place d'une production en boucle fermée – peuvent être considérées comme facilitées par l'éco-innovation. Si les démarches plus intégrées de type production en boucle fermée sont potentiellement porteuses de gains environnementaux plus importants, elles supposent, pour que ces derniers se concrétisent, l'association d'une palette plus large d'objectifs et de mécanismes d'innovation. Les progrès des initiatives de production durable s'accompagnent d'une complexification du processus d'éco-innovation et de difficultés accrues de coordination.

On qualifie souvent d'*innovations systémiques* ces processus d'éco-innovation évolués et impliquant plusieurs niveaux, car ils se caractérisent par des bouleversements du fonctionnement sociétal et de la satisfaction des besoins (Geels, 2005). Les innovations systémiques peuvent trouver leur source dans le progrès technique, mais la technologie ne peut à elle seule faire la différence : elle doit s'accompagner de structures organisationnelles et sociales et de valeurs humaines et culturelles. Cette nécessité peut faire toucher du doigt non seulement à quel point il est difficile d'obtenir des améliorations environnementales de grande ampleur, mais aussi la nécessité faite aux industries manufacturières d'opter pour une démarche visant à intégrer les différents éléments du processus d'éco-innovation de manière à dégager le maximum d'avantages environnementaux.

5. Les éco-innovations actuelles sont pour l'essentiel axées sur le développement technologique, mais sont facilitées par des évolutions non technologiques

L'examen d'exemples d'éco-innovations tirés de trois secteurs (automobile et transports, sidérurgie, électronique) montre que l'axe principal de l'éco-innovation actuellement à l'œuvre dans les industries manufacturières dépend souvent du progrès technique, et met habituellement en jeu des

objectifs qui concernent des produits ou procédés, et des mécanismes qui sont de l'ordre de la modification ou de la reconception. Pour autant, même si l'accent est nettement mis sur la technologie, différentes mutations non technologiques complémentaires, de nature soit organisationnelles, soit institutionnelles (y compris la création de départements environnementaux distincts ou de réseaux de recherche en collaboration multipliant les parties prenantes), ont alimenté ces évolutions de manière essentielle. Certains acteurs industriels ont également commencé à explorer une éco-innovation plus systémique à travers de nouveaux modèles économiques et de nouveaux modes de fourniture de produits ou de services de substitution tels que le dispositif parisien de partage de vélos et les solutions produits-services apparues dans le secteur de la photocopie et la gestion énergétique des centres de données.

Il n'est donc pas possible à tout coup de représenter correctement la quintessence d'une éco-innovation en se limitant à un ensemble de caractéristiques décrivant ses objectifs et mécanismes. En effet, l'étude d'une éco-innovation et sa mise au point gagnent à mettre en jeu des modifications et des créations appliquées à des produits, des procédés, des organisations et des institutions.

6. Il faut, pour accélérer les efforts de durabilité des entreprises, disposer d'indicateurs clairs et cohérents

Les indicateurs aident les entreprises de transformation à comprendre les problèmes d'environnement inhérents aux systèmes de production existants, à définir des objectifs spécifiques et à suivre les progrès accomplis en faveur d'une production durable. Les indicateurs disponibles dans le domaine de la production durable sont nombreux et diversifiés, et ont été élaborés soit spontanément, soit à titre de norme ou dans le cadre de textes de loi.

Parmi les neufs jeux d'indicateurs représentatifs passés en revue (indicateurs ponctuels, grands indicateurs de performance, indices composites, analyse des flux de matières, comptabilité environnementale, indicateurs d'éco-efficience, analyse du cycle de vie, indicateurs relatifs aux rapports de développement durable et indices d'investissement socialement responsable), aucun n'englobe tous les aspects que les entreprises manufacturières doivent prendre en compte pour instaurer une production durable. Les industriels sont ainsi nombreux à recourir sans les relier à deux ou plusieurs jeux d'indicateurs pour prendre leurs décisions de gestion et renforcer leur exploitation.

Ces entreprises gagneraient à combiner plusieurs séries d'indicateurs pour se faire l'idée la plus complète et la plus juste de l'impact qu'elles exercent au plan économique et environnemental tout au long de la chaîne

de valeur et du cycle de vie de leurs produits. En affinant et en normalisant les techniques d'évaluation environnementale, on pourrait par ailleurs aider les entreprises à prendre des décisions plus judicieuses en matière d'investissement dans les activités de production durable. Les réflexions portant sur le cycle de vie les ont aidées à tenir compte des impacts environnementaux au-delà des portes de leurs usines, mais de nouveaux indicateurs systémiques, s'ils étaient mis au point, pourraient permettre de cerner les répercussions plus larges imputables à la mise en œuvre de produits et de processus de production nouveaux au-delà du cycle de vie de tel ou tel produit.

7. Des améliorations en matière d'évaluation comparative et d'indicateurs contribueraient à mieux faire comprendre l'éco-innovation

La quantification des activités d'éco-innovation contribuerait à une meilleure compréhension du concept et des pratiques et aiderait les responsables de l'action publique à analyser les tendances. Elle permettrait aussi de sensibiliser les industriels, les responsables des politiques et d'autres parties prenantes à l'éco-innovation, et rendrait les progrès obtenus grâce à l'éco-innovation plus évidents pour les fabricants et les consommateurs.

Si l'on veut mieux comprendre la diversité et les caractéristiques des activités d'éco-innovation afin d'en faire profiter les politiques publiques, il convient d'en saisir la nature (quels sont les modes d'innovation des entreprises ?), les moteurs et les obstacles, et les impacts au niveau macro-économique (sectoriel, local et national). On peut mesurer et analyser ces aspects à l'aide de quatre catégories de données : mesures des intrants (par exemple dépenses de R-D) ; mesures des extrants intermédiaires (par exemple nombre de brevets) ; mesures des extrants directs (par exemple nombre de produits nouveaux) ; et mesures des impacts indirects (par exemple évolution de la productivité des ressources). Les données pertinentes peuvent provenir soit de sources génériques, soit d'enquêtes conçues pour l'occasion.

Chaque approche métrique présente des forces et des faiblesses ; il n'existe pas de méthode ni de mesure capable à elle seule de rendre compte de l'éco-innovation de manière complète. Les sources génériques de données peuvent fournir des informations d'accès facile sur certains aspects de la nature de l'éco-innovation, mais au risque d'un champ analytique restreint. Quant aux enquêtes, elles peuvent permettre aux chercheurs de glaner des renseignements plus détaillés et ciblés sur les différents aspects de l'éco-innovation, mais sont coûteuses et n'interrogent qu'un nombre limité d'entreprises.

Il importe, pour cerner les schémas globaux d'éco-innovation, de mettre en œuvre différentes méthodes d'analyse, le cas échéant de manière combinée, et d'envisager ensemble les divers indicateurs. L'élaboration d'un « tableau de bord de l'éco-innovation » associant des statistiques issues de sources génériques de données pourrait améliorer de manière considérable la sensibilisation des pouvoirs publics et du secteur privé à l'éco-innovation en permettant l'évaluation comparative de l'avancement des efforts nationaux. La mesure du « caractère écologique des systèmes nationaux d'innovation » pourrait offrir une autre voie d'évaluation comparative de l'éco-innovation, et être liée à un tableau de bord.

8. Il est essentiel, pour promouvoir l'éco-innovation, d'intégrer politique de l'innovation et politique environnementale

Du fait de leur sévérité, la réglementation et les normes environnementales – même si elles ont grandement contribué à atténuer les dégâts causés à l'environnement – n'incitent pas suffisamment les entreprises à innover au-delà de solutions de bout de chaîne. Récemment introduits, des instruments régis par le marché tels que les écotaxes ou les permis négociables visent par leur surcroît d'efficience à susciter le développement et le déploiement de technologies vertes. Il n'en reste pas moins que pour concrétiser son potentiel, l'éco-innovation devra s'accompagner d'actions garantissant l'efficience de l'ensemble du cycle d'innovation, c'est-à-dire de politiques couvrant toute la gamme thématique qui s'étend de l'investissement dans la R-D au soutien des opérations de démonstration et de commercialisation de technologies existantes et radicalement nouvelles.

D'un autre côté, la politique de l'innovation vise depuis longtemps, pour l'essentiel, à stimuler la croissance économique par la mise au point de nouvelles technologies susceptibles d'améliorer la productivité et par l'ouverture de nouveaux domaines applicatifs. Elle a été trop générale pour traiter de manière adaptée des préoccupations environnementales spécifiques. L'éco-innovation n'a pas été l'un des grands objectifs de la politique de l'environnement ou de l'innovation.

Ces deux domaines d'action gagneraient à une plus grande intégration. Une politique environnementale davantage tournée vers l'innovation pourrait faciliter l'obtention de progrès environnementaux grâce à une application plus fine des technologies, tout en réduisant les coûts des mesures environnementales et en exploitant les nouveaux débouchés commerciaux d'une éco-industrie en croissance. Du point de vue de l'innovation, on admet de plus en plus que « les politiques de l'innovation de la troisième génération doivent devenir totalement horizontales et soutenir une large palette d'objectifs sociaux pour pouvoir remplir leur but, qui consiste à augmenter le taux global d'innovation de nos sociétés » (OCDE, 2005, p. 57).

9. Pour doser efficacement les politiques d'éco-innovation, il faut appréhender les interactions qui existent entre la demande et l'offre

Les résultats d'une enquête menée auprès de dix pays de l'OCDE (Allemagne, Canada, Danemark, États-Unis, France, Grèce, Japon, Royaume-Uni, Suède et Turquie) sur les stratégies et politiques nationales en matière d'éco-innovation montrent qu'ils sont de plus en plus nombreux à percevoir les défis environnementaux non pas comme un obstacle à la croissance économique, mais comme une nouvelle opportunité de renforcer leur compétitivité. Toutefois, il ne semble pas que tous les pays examinés disposent d'une stratégie précise d'éco-innovation, et lorsqu'ils en ont une, la coordination des politiques menées par les différentes entités concernées est souvent limitée.

Les initiatives et programmes publics mis en place par les gouvernements pour promouvoir l'éco-innovation sont variés et comportent des mesures ciblant aussi bien l'offre que la demande. Comme la plupart des pays sont conscients de la nécessité d'une démarche plus coopérative dans le domaine de l'élaboration des technologies qu'exigent les défis environnementaux actuels, de nombreuses initiatives concernant l'offre consistent à créer des réseaux, des plateformes ou des partenariats impliquant différentes parties prenantes industrielles et non industrielles, qui viennent s'ajouter aux mesures classiques permettant de financer la recherche, l'éducation et les démonstrations technologiques.

Les mesures concernant la demande bénéficient de leur côté d'une attention de plus en plus soutenue, car les gouvernements savent que le développement insuffisant des marchés est souvent la première contrainte dont souffre l'éco-innovation. À titre d'exemple, la signature de marchés publics « verts » est une occasion de stimuler la demande d'éco-innovation, même si une telle politique doit veiller à ne pas faire obstacle à la concurrence et à ne pas soutenir des technologies moins performantes que d'autres. Les mesures concernant actuellement la demande sont souvent peu en phase avec celles qui visent l'offre, et nécessitent une approche plus ciblée sur l'exploitation des activités d'éco-innovation. Pour articuler avec succès la politique de l'éco-innovation, il faudra d'abord mieux comprendre les interactions entre l'offre et la demande d'éco-innovation.

Principaux enseignements tirés de la première phase

Dans le contexte des défis environnementaux qui, à l'instar du changement climatique, doivent être relevés, l'innovation, vue comme un moyen de mettre au point des solutions durables, a bénéficié d'une attention soutenue. Les industriels et les pouvoirs publics ont de plus en plus souvent

adopté les concepts de production durable et d'éco-innovation pour faciliter des améliorations plus radicales et systémiques de la performance environnementale des procédés de production et des produits ou services mis en œuvre par les entreprises.

Jusqu'ici, les efforts de production durable et d'éco-innovation se sont en général appuyés pour l'essentiel sur des avancées technologiques prenant la forme de modifications et de reconceptions de produits ou procédés, exactement comme l'innovation classique. Toutefois, certains acteurs industriels à l'avant-garde ont opté pour des mutations organisationnelles ou institutionnelles complémentaires, comme par exemple de nouveaux modèles économiques ou des solutions produits-services venant se substituer à la vente exclusive de produits physiques.

Un panachage judicieux des séries d'indicateurs existantes pourrait aider les entreprises à dresser un tableau plus complet des effets environnementaux tout au long de leur chaîne de valeur et du cycle de vie de leurs produits. S'ils étaient plus clairs et cohérents, les indicateurs leur permettraient davantage de gérer et d'améliorer la performance environnementale. Il conviendrait également de les rendre applicables aux entreprises et aux PME de la chaîne d'approvisionnement afin de faciliter les progrès au niveau du cycle de vie.

Des mesures quantitatives peuvent aussi aider les décideurs publics et privés à mieux appréhender les tendances globales et les caractéristiques de l'éco-innovation. Comme il n'existe pas de démarche métrique capable à elle seule de transcrire l'éco-innovation de façon exhaustive, il importe d'appliquer différentes méthodes analytiques, le cas échéant de manière combinée, et d'observer ensemble différents indicateurs.

Une intégration plus étroite des politiques de l'innovation et de l'environnement pourrait être bénéfique pour les deux domaines de l'action publique et démultiplier les efforts que consacrent les entreprises à la production durable et à l'éco-innovation. Les résultats d'une enquête montrent que tous les pays ne disposent pas d'une stratégie précise en matière d'éco-innovation. Lorsqu'ils en ont une, la coordination des actions entre organes ministériels reste limitée. Les initiatives et les programmes publics actuels sont variés et comportent des mesures visant aussi bien l'offre que la demande. Une compréhension plus complète des interactions entre l'offre et la demande d'éco-innovation est nécessaire pour articuler les mesures publiques avec davantage de succès.

Travaux futurs envisageables

Si l'on se fonde sur les résultats susmentionnés, les domaines de travail prometteurs pour la prochaine phase du Projet de l'OCDE sur la production durable et l'éco-innovation sont les suivants :

- **Orientations concernant les indicateurs de la production durable**. L'OCDE pourrait apporter clarté et cohérence aux séries d'indicateurs existantes en travaillant avec d'autres à la mise au point d'une terminologie commune et d'une même intelligence des indicateurs et de leur utilisation. L'Organisation pourrait aussi contribuer à proposer des mesures de soutien pour renforcer l'utilisation des indicateurs par les entreprises de la chaîne d'approvisionnement et par les PME. Elle pourrait par ailleurs mettre à profit l'expérience acquise lors du pilotage du projet de mise en œuvre des inventaires d'émissions et de transferts de matières polluantes (IETMP)[2] pour normaliser les séries d'indicateurs et la méthodologie applicables à la fois au niveau microéconomique (installation, produit ou entreprise) et au niveau macroéconomique (sectoriel, local ou national). On pourrait aussi, pour stimuler les systèmes d'innovation, envisager un cadre susceptible d'inventorier les impacts systémiques des nouveaux produits et procédés de fabrication.

- **Inventaire des politiques prometteuses pour l'éco-innovation**. Une meilleure évaluation de la mise en œuvre des différentes mesures publiques en faveur de l'éco-innovation contribuerait à identifier les « politiques prometteuses en matière d'éco-innovation », ainsi que les contextes dans lesquels des instruments d'action précis peuvent être déployés efficacement. L'OCDE peut faciliter la mise en commun des pratiques publiques optimales en la matière.

- **Une vision commune de l'éco-innovation**. L'OCDE pourrait, en coordonnant des études de cas approfondies, contribuer à pallier la compréhension aujourd'hui lacunaire des éco-innovations, et notamment de celles qui sont plus intégrées, systémiques et assorties de caractéristiques non technologiques. Afin d'orienter les industriels et les responsables de l'action publique vers des améliorations plus radicales et systémiques, l'Organisation pourrait aussi œuvrer en faveur d'une vision commune de systèmes sociaux écologiques et de plans d'action afférents. Cet exercice devrait impliquer les pays membres, des experts sectoriels, des universitaires et des ONG.

- **Définition commune et tableau de bord**. Faisant fond sur son expérience de la mesure de l'innovation et sur le *Manuel d'Oslo*, l'OCDE pourrait envisager de mettre au point une définition commune de l'éco-innovation, ainsi qu'un « tableau de bord de l'éco-innovation »

qui permettrait d'évaluer les activités et les politiques publiques menées dans le domaine de l'éco-innovation en combinant différentes statistiques et données. Un tel travail pourrait sensibiliser les parties prenantes à l'éco-innovation et guider les efforts déployés par les pouvoirs publics.

Le Groupe consultatif d'experts de ce projet a également recommandé de mener les activités suivantes au cours de la prochaine phase des travaux.

Indicateurs de production durable

- Élaborer une « boîte à outils » ou un manuel afin d'aider les entreprises manufacturières à utiliser les séries d'indicateurs existantes pour améliorer leur performance environnementale en leur fournissant des indications et des recommandations générales sur la terminologie, les processus types, les méthodologies et l'emploi des indicateurs.
- Uniformiser les méthodologies dans le domaine de l'analyse des flux de matières au niveau micro-économique (c'est-à-dire au niveau du site industriel, de l'entreprise et des produits), car il s'agit là de l'un des outils les plus efficaces pour améliorer l'efficience énergétique et l'efficience des ressources.

Plateforme mondiale de l'éco-innovation

- Collecter dans le monde entier des exemples intéressants de différents niveaux d'éco-innovation, et réaliser une étude approfondie des processus qui favorisent cette innovation, de façon à dégager des enseignements utiles aux praticiens d'entreprise et aux responsables de l'action publique.
- Collecter des exemples probants de politiques menées en faveur de l'éco-innovation et effectuer une étude approfondie de leur fonctionnement. Ce travail pourra être suivi du recensement des politiques d'innovation de nouvelle génération, dynamiques et axées sur les résultats, qui encouragent l'industrie à mener des efforts d'éco-innovation.
- Les exemples de bonnes pratiques des industriels et des pouvoirs publics ainsi recueillis pourraient être rassemblés dans une base de données en ligne librement accessible, afin de favoriser la mise en commun des connaissances et l'établissement de liens de coopération ; ils pourraient aussi être diffusés au travers d'ateliers, de conférences, etc.

Notes

1. L'innovation est définie comme « la mise en œuvre d'un produit (bien ou service) ou d'un procédé nouveau ou sensiblement amélioré, d'une nouvelle méthode de commercialisation ou d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques de l'entreprise, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures » (OCDE et Eurostat, 2005, p. 46).

2. Un IETMP est une base ou une liste environnementale nationale ou régionale qui recense les substances chimiques dangereuses et les polluants rejetés dans l'air, l'eau ou le sol et transférés hors site pour traitement ou mise au rebut. Chaque site détermine, collecte et déclare ses rejets et transferts à un IETMP national. Les industriels peuvent exploiter les données des IETMP, car ils peuvent vérifier leurs propres données en les comparant à celles de leurs concurrents. Le travail déclaratif peut de son côté contribuer à ce que les entreprises détectent les fuites, réduisent leurs déchets et réalisent ainsi des économies. L'OCDE a commencé à travailler sur les IETMP en réponse à l'Agenda 21 entériné lors de la Conférence des nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED) de Rio de Janeiro en 1992. En 1996, le Conseil de l'OCDE a adopté la Recommandation sur la mise en œuvre des inventaires d'émissions et de transferts de matières polluantes [C(96)41/FINAL, corrigé sous la cote C(2003)87 en 2003], qui appelait les pays membres à instaurer un IETMP. On dénombrait ainsi en 2007 17 pays disposant d'un IETMP opérationnel ; plusieurs autres pays sont en train d'instaurer un tel dispositif (OCDE, 2007).

Bibliographie

Geels, F. W. (2005), *Technological Transitions and System Innovations: A co-evolutionary and socio-technical analysis*, Edward Elgar, Cheltenham.

METI (ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie du Japon) (2007), *The Key to Innovation Creation and the Promotion of Eco-Innovation*, rapport du Comité de la politique industrielle, scientifique et technologique du Conseil des structures industrielles, METI, Tokyo.

OCDE (2005), *Governance of Innovation Systems, Volume 1: Synthesis Report*, OCDE, Paris.

OCDE (2007), Brochure PRTR [en anglais], OCDE, Paris, *www.oecd.org/dataoecd/35/26/39785042.pdf.*

OCDE (2008), « Environmental Innovation and Global Markets », rapport au Groupe de travail sur les questions d'environnement mondiales et structurelles, Comité des politiques d'environnement, OCDE, Paris, *www.olis.oecd.org/olis/2007doc.nsf/linkto/env-epoc-gsp(2007)2-final*.

OCDE et Office statistique des Communautés européennes (Eurostat) (2005), *Manuel d'Oslo – Principes directeurs pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation* (3e édition), OCDE, Paris.

Glossaire

Analyse du cycle de vie (ACV)	Méthode d'évaluation de l'impact environnemental global d'un produit, procédé ou service tout au long de son cycle de vie, c'est-à-dire depuis l'extraction des ressources jusqu'à l'utilisation et la mise au rebut, en passant par le traitement et la production. Suppose normalement le recueil et l'évaluation de données quantitatives sur les intrants et les extrants de matières, sur l'énergie consommée et sur les flux de déchets.
Bilan massique (bilan matières)	Concept analytique qui permet de mieux appréhender le flux des matières au sein d'un système (processus, site industriel, secteur d'activité, région géographique). En vertu du principe de physique fondamentale selon lequel la matière n'est ni créée ni détruite, les intrants matières de l'environnement dans un système s'équilibrent avec les extrants que ce dernier génère sous forme de produits, d'émissions et de déchets, et de variations de stock. L'étude de la différence entre intrants et extrants permet de détecter des flux de matières qui ont pu passer inaperçus ou se révéler difficiles à mesurer.
Consommation durable	Utilisation de produits et de services qui satisfont les besoins élémentaires, améliorent la qualité de la vie, réduisent le plus possible l'usage des ressources naturelles et de substances toxiques, et diminuent les émissions de déchets et de polluants, de manière à ne pas compromettre la satisfaction des besoins des générations futures.
Éco-efficience	Concept visant à promouvoir un usage efficient des ressources et une moindre production de déchets et de pollutions dans les activités économiques. Peut se mesurer à raison de la valeur économique créée par unité d'impact environnemental (ou vice versa).
Éco-innovation	Innovation se traduisant de manière intentionnelle ou fortuite par un impact environnemental moindre que celui des solutions de remplacement possibles.

Écologie industrielle	Cadre permettant de concevoir et de mener les activités industrielles en harmonie avec les systèmes écologiques grâce à l'application généralisée de la production en boucle fermée au-delà des frontières d'une entreprise donnée.
Écoparc industriel	Pôle d'entreprises coopérant étroitement entre elles et avec le milieu local pour s'échanger des ressources afin d'améliorer la performance économique et de réduire le plus possible les déchets et les pollutions. Le gain collectif est considéré comme supérieur à la somme des gains de chaque entreprise optimisant sa seule performance.
Écotaxe	Taxe visant à rendre les choix et activités des producteurs et consommateurs plus écologiques en intégrant une partie du coût de l'impact environnemental jusqu'ici non pris en compte par le prix de marché.
Fabrication à partir d'éléments de récupération	Procédé industriel dans lequel les produits retrouvent un état équivalent à celui des produits d'origine. Normalement, les produits usagés sont démontés, et les pièces réutilisables nettoyées ou reconditionnées. La fabrication de nouveaux produits se fait par remontage de pièces reconditionnées, combinées le cas échéant à des pièces neuves.
Industries manufacturières	Secteurs industriels assurant la transformation de matières ou de composants en produits nouveaux qui sont soit vendus au consommateur, soit utilisés sous forme de composants d'autres procédés de production.
Innovation	Mise en œuvre d'un produit (bien ou service) ou d'un procédé nouveau ou sensiblement amélioré, d'une nouvelle méthode de commercialisation ou d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques de l'entreprise, sur le lieu de travail ou dans les relations extérieures.
Innovation institutionnelle	Innovation caractérisée par des mutations institutionnelles, y compris des changements de rôle et de structure au niveau des institutions sectorielles et publiques, des infrastructures, des relations avec d'autres organisations, des textes et règlements, des normes et pratiques sociales, des valeurs culturelles, des comportements, etc.

Innovation non technologique — Innovation se caractérisant par des mutations dans la structure ou le fonctionnement d'organisations ou d'institutions, dans les pratiques managériales, les méthodes de commercialisation, les modèles économiques, etc.

Innovation système — Innovation génératrice de bouleversements dans le fonctionnement sociétal et la façon dont des besoins tels que les transports, la communication, le logement, l'alimentation et l'énergie sont satisfaits. Entraîne le plus souvent une évolution concomitante des solutions techniques, infrastructures, pratiques sociales, réglementations et structures industrielles.

Marchés publics « verts » — Pratique consistant pour les organismes publics à intégrer des critères environnementaux dans leurs appels d'offres de biens, services ou travaux, de façon à utiliser leur puissance d'achat pour développer le marché des produits écologiques.

Permis négociable — Droit de vente et d'achat, sur des marchés créés artificiellement, de pollutions effectives ou potentielles. Utilisé comme dispositif obéissant aux lois du marché pour réduire les émissions, par exemple, de gaz à effet de serre (GES) ou de dioxydes de soufre (SO_2). Les autorités fixent les limites d'émission d'un gaz donné, et allouent des quotas d'émissions à chaque entreprise. Si les entreprises émettent moins que leur quota, elles peuvent vendre leurs permis ; dans le cas contraire, elles doivent acheter des permis à d'autres entreprises. On estime que ce dispositif « de plafonnement et d'échange » incite le monde de l'entreprise à polluer le moins possible.

Production durable — Création de biens et de services à l'aide de procédés et de systèmes qui réduisent l'utilisation des ressources naturelles et de substances toxiques et les émissions de déchets et polluants, protègent les travailleurs, les groupes sociaux et les consommateurs et sont économiquement viables.

Production en boucle fermée — Méthode de production visant à obtenir un cycle fermé de ressources matières dans lequel tous les éléments du système productif sont réutilisés, remanufacturés ou recyclés sous forme d'intrants nouveaux.

Production moins polluante	Approche préventive du processus de production visant à réduire le plus possible, à la source plutôt qu'à l'issue du processus productif, l'apport d'énergie et de matières ainsi que le volume et la toxicité des émissions.
Protocole de Kyoto	Accord international (conclu en 1997) fixant des objectifs contraignants aux pays industrialisés en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre, à savoir 5 % en moyenne sur la période quinquennale 2008-12 par rapport aux niveaux mesurés en 1990.
Rapport de développement durable	Pratique consistant pour les organisations à mesurer et rendre publics leur impact sur les conditions économiques, environnementales et sociales, ainsi que leur contribution dans ces domaines. Peut les aider à gérer les efforts déployés en faveur du développement durable, et améliorer la transparence et la reddition de comptes aux parties intéressées.
Recherche-développement (R-D)	Travail créatif entrepris de manière systématique afin d'accroître le stock cognitif, y compris relatif à l'homme, la culture et la société, et utilisation de ce stock pour concevoir de nouvelles applications. Couvre trois domaines d'activité : la recherche fondamentale, la recherche appliquée et le développement expérimental.
Responsabilité sociale d'entreprise (RSE)	Idée selon laquelle les entreprises doivent prendre en compte dans leur exploitation non seulement leurs objectifs économiques et les contraintes imposées par la réglementation, mais aussi des préoccupations sociales et environnementales.
Système d'innovation	Concept qui met l'accent sur l'utilisation de flux de technologies et d'informations entre les individus, les entreprises et les institutions pour transformer une idée en innovation commercialisable avec succès.
Système de management environnemental (SME)	Méthode qu'utilisent les organisations pour pratiquer efficacement leur gestion environnementale et améliorer sans cesse leurs performances environnementales en fonction d'objectifs prédéterminés. Normalement, cycle comportant quatre étapes : planification, mise en œuvre, surveillance/vérification et examen/amélioration.

Système produits-services (PSS)	Modèle économique centré sur l'utilité pour le consommateur plutôt que sur la production et la fourniture de biens physiques. Le recours à un service pour satisfaire certains besoins des consommateurs est considéré comme une manière d'abaisser l'impact environnemental des produits concernés.
Technologie de bout de chaîne	Technologie utilisée pour réduire des contaminants déjà constitués avant leur rejet dans l'environnement, par opposition à une technologie visant d'emblée à diminuer l'utilisation de ressources et à prévenir toute pollution.

Références

Références électroniques

Center for Environmental Economic Development (CEED) Innovative Approaches to Revenue, Arcata, CA, *www.ceedweb.org*.

Commission européenne (CE), site sur la responsabilité sociale des entreprises, DG Entreprises et industrie, Bruxelles, *http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sustainable-business/corporate-social-responsibility/index_fr.htm*.

Commission européenne, glossaire sur les marchés publics « verts », DG Environnement, Bruxelles, *http://ec.europa.eu/environment/gpp/glossary_en.htm*.

Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), Bonn, *www.unfccc.int*.

Economy Watch, Singapour, *www.economywatch.com*.

Lowell Center for Sustainable Production (LCSP), University of Massachusetts Lowell, Lowell, MA, *http://sustainableproduction.org*.

Mass Balance UK, site du projet, Biffaward, Newark, Nottinghamshire, *www.massbalance.org*.

Nations Unies, Division des statistiques, *Environment Glossary* [en anglais seulement], UNSD, New York, *http://unstats.un.org/unsd/ENVIRONMENTGL/default.asp*.

OCDE, Glossaire des termes statistiques [en anglais], *http://stats.oecd.org/glossary/index.htm*.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) Cleaner Production, PNUE, Paris, *www.unep.fr/scp/cp*.

Autres références

Geels, F. W. (2004), « Understanding System Innovations: A critical literature review and a conceptual synthesis », *in* B. Elzen, F. W. Geels and K. Green (dir. pub.), *System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, evidence and policy*, p. 19-47, Edward Elgar, Cheltenham.

Global Reporting Initiative (GRI) (2006), *Lignes directrices pour le reporting développement durable (RG)* (3e éd.), GRI, Amsterdam,

http://www.globalreporting.org/Home/LanguageBar/FrenchLanguagePage.htm.

Levine, R. S., M. T. Hughes et C. R. Mather (s.d.), *Thesaurus of Sustainability*, Center for Sustainable Cities, University of Kentucky, Lexington, KY, *www.cscdesignstudio.com*.

Lowe, E. A. (2001), *Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries*, A report to the Asian Development Bank, Indigo Development, Oakland, CA, *www.indigodev.com/Ecoparks.html*.

Lund, R. (1998), *Remanufacturing: An American Resource*, Actes du Fifth International Congress for Environmentally Conscious Design and Manufacturing, 16 et 17 juin, Rochester Institute of Technology, Rochester, NY.

Ministère norvégien de l'environnement (1994), Oslo Roundtable on Sustainable Production and Consumption, IISD, Winnipeg, *www.iisd.ca/consume/oslo000.html*.

OCDE (1997), *Systèmes nationaux d'innovation*, OCDE, Paris.

OCDE (2002), *La mesure des activités scientifiques et technologiques. Méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement expérimental. Manuel de Frascati*, OCDE, Paris.

OCDE et Office statistique des Communautés européennes (Eurostat) (2005), *Manuel d'Oslo – Principes directeurs pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation*, OCDE, Paris.

PNUE (2002), *Product-Service Systems and Sustainability: Opportunities for Sustainable Solutions*, PNUE, Paris, *www.unep.fr/scp/design/pss.htm*.

ÉDITIONS OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
IMPRIMÉ EN FRANCE
(92 2009 06 2 P) ISBN 978-92-64-07954-0 – n° 57116 2010

L'éco-innovation dans l'industrie

FAVORISER LA CROISSANCE VERTE

L'éco-innovation sera un élément essentiel des efforts consentis par l'industrie pour parer au changement climatique et parvenir à une « croissance verte » dans l'ère post-Kyoto. Elle appelle une adoption plus rapide des percées technologiques et une application plus générale des solutions existantes, y compris non technologiques. Par ailleurs, elle fournit l'occasion d'impliquer de nouveaux acteurs, de développer de nouveaux secteurs d'activité et d'accroître la compétitivité. La restructuration des économies sera impérative dans les décennies à venir.

Cet ouvrage présente les recherches et analyses conduites au cours de la première phase du Projet de l'OCDE sur la production durable et l'éco-innovation. Il a pour objet de fournir des outils d'évaluation comparative de la durabilité de la production et de stimuler l'éco-innovation moyennant une meilleure compréhension des mécanismes de l'innovation. Il passe en revue les concepts et forme un cadre d'analyse ; il décrit la nature de l'éco-innovation et ses processus ; il examine les indicateurs existants de la durabilité de la production ; il étudie les méthodologies applicables à la mesure de l'éco-innovation ; et il fait le point sur les stratégies nationales et initiatives des pouvoirs publics concernant l'éco-innovation. Pour de plus amples informations sur les travaux de l'OCDE dans ce domaine, veuillez consulter ***www.oecd.org/sti/innovation/green***.

La publication *L'éco-innovation dans l'industrie : favoriser la croissance verte* est un volet de la Stratégie de l'OCDE pour l'innovation, stratégie globale destinée à mettre l'innovation au service d'une croissance et d'un développement plus vigoureux et plus durables, et à répondre aux grands enjeux de société du XXIe siècle. Pour de plus amples informations sur la Stratégie de l'OCDE pour l'innovation, veuillez consulter ***www.oecd.org/innovation/strategie***.

L'éco-innovation dans l'industrie : favoriser la croissance verte s'intègre également à la Stratégie de l'OCDE pour une croissance verte, qui aidera les pouvoirs publics des pays membres et non membres de l'OCDE à identifier les politiques propices à une croissance et à un développement économiques propres, économes en ressources et émettant peu de carbone. Pour de plus amples informations sur la Stratégie de l'OCDE pour une croissance verte, veuillez consulter ***www.oecd.org/croissanceverte***.

Le texte complet de cet ouvrage est disponible en ligne aux adresses suivantes :

www.sourceocde.org/environnement/9789264079540
www.sourceocde.org/industrieechanges/9789264079540
www.sourceocde.org/scienceTI/9789264079540

Les utilisateurs ayant accès à tous les ouvrages en ligne de l'OCDE peuvent également y accéder *via* :

www.sourceocde.org/9789264079540

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**.

éditions OCDE
www.oecd.org/edition

ISBN 978-92-64-07954-0
92 2009 06 2 P

9 789264 079540