

L'innovation technologique au service du développement durable

*Cécile Patris, Gérard Valenduc, Françoise Warrant
Centre de recherche Travail & Technologies
Fondation Travail-Université (Namur) (*)*

1. Objectifs et méthodologie

La recherche vise à étudier les conditions dans lesquelles l'innovation technologique peut favoriser et promouvoir le développement durable. Elle prend en considération toutes les formes d'innovations technologiques potentiellement favorables au développement durable : innovations de procédé, innovations de produit, innovations organisationnelles, innovations de marché. Elle s'intéresse également à toute la chaîne de l'innovation et accorde une attention particulière à la pluralité des dispositifs d'innovation.

La recherche poursuit cinq objectifs scientifiques, eux-mêmes guidés par des préoccupations opérationnelles :

- étudier le rôle ambivalent de l'innovation technologique, analysée à la fois comme une des causes du développement non durable et comme un facteur clé d'un nouveau mode de production, compatible avec le développement durable ;
- caractériser les technologies et les processus d'innovation favorables au développement durable, en tenant compte non seulement de leurs aspects environnementaux, mais aussi des autres dimensions du développement durable ;
- étudier les aspects socio-économiques de ces technologies et processus d'innovation favorables au développement durable, à travers des études de cas ;
- situer l'innovation technologique en relation avec d'autres instruments au service du développement durable ;
- étudier les freins et les incitants à la mise en oeuvre de politiques d'innovation et de diffusion des technologies favorables au développement durable ; mettre les conclusions en perspective par rapport au contexte belge.

L'insertion du Centre de recherche Travail & Technologies de la FTU dans des réseaux de recherche socio-économique sur l'innovation a permis de situer l'objectif du développement durable en référence à un cadre d'analyse plus général des politiques de R&D, ce qui constitue une des originalités de l'étude.

(*) Résumé du rapport final de la recherche "L'innovation technologique au service du développement durable" (HL/DD/020), remis le 28 février 2001 aux Services fédéraux des affaires scientifiques, techniques et culturelles (SSTC), dans le cadre du programme "Leviers du développement durable".

Chaque objectif a requis la mise en œuvre de méthodes de travail appropriées. Il n'y a donc pas d'approche méthodologique uniforme. Plusieurs méthodes de travail ont été utilisées :

- Dans l'approche théorique, basée sur une discussion de la littérature existante, on a privilégié la *confrontation de sources* provenant d'horizons disciplinaires différents, notamment la confrontation entre les études sociales sur l'innovation et les études sur le développement durable.
- Dans la caractérisation des technologies au service du développement durable, un *inventaire* d'innovations a été dressé à partir d'un échantillon d'articles de la presse spécialisée et une *méthode de classification* a été élaborée.
- Pour réaliser les *études de cas* dans des entreprises innovantes et dans des centres de recherche industrielle, un *guide d'entretien semi-directif* et une check-list ont été mis au point, de manière à prendre en compte toutes les dimensions du processus de diffusion des innovations, ainsi que des incitants et des obstacles à la prise en compte du développement durable par les décideurs au sein des entreprises.
- Une *grille d'analyse comparative* a été construite pour passer en revue, sous l'angle du développement durable, une vingtaine de programmes de stimulation ou de soutien à l'innovation, en Belgique et à l'étranger.

Un trait commun à toutes les méthodes utilisées consiste à favoriser une approche pluridisciplinaire, qui prend en compte les dimensions technologiques, écologiques, économiques, institutionnelles et sociales. Cette approche pluridisciplinaire a été favorisée par la variété des qualifications représentées dans l'équipe de recherche

2. Présentation des résultats

2.1. Les stratégies d'innovation des entreprises

Trois approches ont été suivies pour étudier les stratégies d'innovation des entreprises en rapport avec l'objectif de développement durable. Dans un premier temps, une enquête a été menée sur un échantillon d'innovations environnementales, de manière à dégager les caractéristiques de ces innovations. Les résultats ont toutefois montré qu'il était très souvent difficile de caractériser une technologie en tant que telle comme favorable ou non au développement durable, dans la mesure où le processus d'innovation est un critère bien plus déterminant que la technologie elle-même.

Dans un second temps, une série d'études de cas ont été menées dans des entreprises innovantes, précisément dans le but d'appréhender les différentes dimensions du processus d'innovation et de discerner d'éventuelles caractéristiques spécifiques à l'innovation en faveur du développement durable. Parallèlement à ces études de cas, diverses enquêtes existantes, concernant les objectifs et les modalités de l'innovation, ont fait l'objet d'une analyse comparative, sous l'angle du développement durable.

2.1.1. Enquête sur la “vitrine” des innovations environnementales

L'objectif de cette enquête est de tester une grille de caractérisation des technologies au service du développement durable. La méthode consiste à observer, au cours d'une période donnée (huit mois en 1997-98), la manière dont les innovations technologiques au service du développement durable sont “mises en vitrine”. L'inventaire comporte deux types de sources d'information :

- des sources publicitaires : articles, brochures, rapports d'activités d'entreprises, communications à des conférences ou présentations dans des foires spécialisés ;
- les rapports environnementaux publiés volontairement par des entreprises situées en Belgique. Cette source d'information concerne des entreprises a priori mieux sensibilisées aux problèmes d'environnement et soucieuses de leur communication interne et externe. Elle fournit donc un sous-groupe spécifique dans l'échantillon.

Dans les deux catégories de sources, les innovations consistent d'une part en *offres de technologies*, qui sont présentées sur le marché par les concepteurs ou les fournisseurs, d'autre part en *investissements en technologies*, tels qu'ils sont décrits par les entreprises qui les ont mis en œuvre. L'aspect financier des investissements n'est pas pris en compte. L'échantillon choisi reflète la vitrine des innovations favorables à l'environnement, mais non pas les marchés.

Trois catégories de critères sont utilisés pour classifier et caractériser les informations collectées.

- Une première série de critères concerne les *objectifs des innovations* : prévention, traitement en bout de chaîne, réhabilitation, surveillance et mesure, substitution, économie de ressources.
- Un second critère concerne la distinction entre *technologies additives* et *technologies intégrées*. Les technologies additives sont ajoutées aux procédés ou aux produits existants, de manière à réduire les dommages environnementaux liés à la production ou à la consommation. Par contre, dans le cas des technologies intégrées, les caractéristiques environnementales sont incorporées dans la conception même du procédé ou du produit.
- Un troisième critère se réfère à la distinction entre *innovations incrémentales* et *innovations radicales*. Les innovations incrémentales sont des perfectionnements apportés aux produits ou aux techniques de production, de manière à améliorer la qualité, la productivité, la diversité. Les innovations *radicales*, par contre, constituent des ruptures dans l'évolution des procédés ou des produits, impliquant une transformation des méthodes de production ou de commercialisation, ainsi qu'une transformation des qualifications professionnelles.

L'analyse des résultats montre une prédominance des technologies additives sur les technologies intégrées (tableau 1). La proportion de technologies intégrées est toutefois plus élevée dans le sous-échantillon des innovations provenant des rapports environnementaux. Ceci peut indiquer que les firmes qui font preuve d'une meilleure prise de conscience environnementale consacrent aussi une plus grande priorité aux technologies intégrées.

Tableau 1
Répartition entre technologies additives et technologies intégrées

	Sources publicitaires		Rapports environnementaux	
	Offres	Investissements	Offres	Investissements
Technologies additives	76 %	61 %	32 %	53 %
Technologie intégrée	24 %	39 %	68 %	47 %
	100 %	100 %	100 %	100 %

Le tableau 2 montre la répartition de l'échantillon en fonction des différents objectifs environnementaux. Les technologies de bout de chaîne sont les plus répandues, dans toutes les parties de l'échantillon. Visant à réduire les nuisances, elles peuvent être considérées comme des réponses à la réglementation environnementale. Les technologies qui permettent d'économiser l'énergie, l'eau ou les matières premières viennent au second rang. Ces innovations conduisent à une réduction directe des coûts de production des entreprises et ont un retour sur investissement assez rapide. La mise en conformité vis-à-vis des réglementations et les réductions de coûts apparaissent donc comme les principaux incitants à l'innovation.

Tableau 2
Répartition des innovations selon leurs objectifs environnementaux

	Sources publicitaires		Rapports environnementaux	
	Offres	Investissements	Offres	Investissements
Prévention	9.6 %	8.2 %	2.0 %	5.8 %
End-of-pipe	49.3 %	52.3 %	49.0 %	49.0 %
Réhabilitation	5.3 %	2.1 %	1.3 %	4.0 %
Surveillance	19.6 %	4.8 %	0.0 %	5.8 %
Substitution	3.3 %	6.6 %	19.6 %	9.2 %
Economie de ressources	12.9 %	26.0 %	28.1 %	26.2 %
	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %

Quant au troisième critère (innovations incrémentales ou radicales), il est quasiment impossible à évaluer à partir de sources secondaires, sans rien connaître des conditions concrètes de mise en œuvre des innovations dans les firmes concernées.

Les critères utilisés dans la caractérisation de la "vitrine" des innovations environnementales ne sont donc pas suffisants pour comprendre les trajectoires qui conduisent à des innovations favorables au développement durable. C'est pourquoi d'autres méthodes ont été mises en œuvre pour comprendre ces trajectoires.

2.1.2. Etudes de cas dans des entreprises innovantes

L'échantillon des études de cas est constitué aussi bien d'entreprises productrices d'innovations technologiques que d'entreprises utilisatrices (ou les deux à la fois). Dans les

deux cas, c'est le *processus d'innovation* qui est au centre de l'étude de cas. Les innovations à cibler peuvent concerner non seulement les aspects environnementaux, mais aussi l'énergie, les matières premières et les transports, de même que des technologies génériques, comme les technologies des matériaux ou les technologies de l'information et de la communication. Des indices de la dimension "développement durable" sont, d'une part, la préoccupation pour le long terme, alors que beaucoup de technologies environnementales sont des solutions à court terme, et d'autre part, l'ouverture à la problématique Nord-Sud (transferts de technologies, coopération, etc.). Un autre indice possible est la dimension d'éthique des affaires (*business ethics*).

Sur base de diverses sources secondaires (annuaires, rapports d'activités, articles), onze entreprises ont été sélectionnées pour l'échantillon final d'études de cas, selon des critères pragmatiques de faisabilité, de disponibilité d'une documentation préparatoire et d'une prédisposition favorable lors des premiers contacts avec ces entreprises. Les études de cas ont été réalisées sur base d'entretiens semi-directifs, avec un guide d'entretien et une grille d'analyse.

Le tableau 3 propose une synthèse des principales caractéristiques du comportement innovateur de ces onze entreprises.

Tableau 3
Etudes de cas – caractéristiques principales des comportements innovateurs

Entreprise	Nature des innovations	Caractéristiques du processus d'innovation
Peintures	Substitution de produits et de matières premières	Stimulants : réglementation plus stricte, concurrence, santé et sécurité. Collaboration avec des centres collectifs de recherche industrielle.
Colorants	Substitution de produits, nouveaux procédés Epuración des eaux usées, économie de ressources	Stimulants : qualité des produits, sauvetage de l'entreprise, qualité de l'environnement et qualité du travail, mobilisation du personnel. Laboratoire orienté vers le développement de nouveaux procédés plutôt que le contrôle ; collaboration avec des universités. Démarche participative de recherche de solutions techniques (groupes de travail, formation, dialogue social).
Produits pharmaceutiques	Produits et procédés Services associés aux produits Développement de méthodes d'analyse des cycles de vie et des impacts des produits.	Dans le top 20 mondial des ratios R&D/chiffre d'affaires. Laboratoire de 1500 chercheurs. Projet pilote "sustainable performance management". Code d'éthique des affaires, incluant la responsabilité environnementale ; membre du World Business Council for Sustainable Development.
Panneaux solaires	Nouvelles techniques pour réduire le prix des produits	Partenariats européens de R&D. Partenariats en vue de transferts de technologie vers les pays du Sud.
Assemblage d'éoliennes	Design, contrôle électronique, maîtrise des conditions d'installation	Création de joint-ventures pour la conception et la réalisation de nouveaux sites d'implantation d'éoliennes.
Electromécanique	Produit nouveau et unique (hydraulique)	Innovation pilotée par un inventeur – entrepreneur, organisation interne favorisant la créativité.

Entreprise	Nature des innovations	Caractéristiques du processus d'innovation
Transformation des métaux et nouveaux matériaux	Cellules photovoltaïques en matériaux souples	Innovation de produits pour des niches de marché, à haute valeur ajoutée. Système de suggestion d'innovations via l'intranet. Obtention de certifications éthiques : Ethibel et Dow Jones Sustainability Group Index. Attitude proactive et revendicative vis-à-vis des pouvoirs publics et du soutien à la R&D.
Tannerie	Procédés, gestion des effluents	Stimulants : qualité des produits, réduction des dommages environnementaux. Partenariats freinés par la protection des secrets de fabrication.
Filature	Nouveaux produits	Faible potentiel d'innovation interne, recherche de partenariats avec des fournisseurs. Partenariats de R&D plus récents avec des centres collectifs de recherche industrielle.
Traitement des déchets	Informatisation, contrôle électronique, traitement des sols	Développement d'une expertise de haut niveau sur toute la filière de gestion des déchets. Maintien d'une "culture de l'ingénieur". Acquisition et adaptation de technologies. Démarches pour obtenir une certification environnementale.
Production d'électricité	Utilisation rationnelle de l'énergie Energies renouvelables	Stimulants : évolution des marchés, défis environnementaux, réduction des coûts. Définition d'une nouvelle stratégie interne d'innovation pour le long terme. Synergie avec une filiale qui est un bureau d'étude et d'ingénierie. Mise en place d'un système interne de management environnemental et d'audit.

Une caractérisation des entreprises en fonction de leur approche de l'innovation et de l'impact de celle-ci sur le développement durable fait ressortir trois groupes :

1. *Les grandes entreprises.* Celles-ci ne sont pas seulement définies par leur taille, mais aussi par leur insertion dans un groupe ou un réseau commercial international. Le développement durable est un élément de leur stratégie à long terme, car les aspects économiques et environnementaux sont de plus en plus liés. Les entreprises adaptent généralement le concept de développement durable à leurs activités, pour en faire un concept "ad hoc".

Les grandes entreprises sont généralement dotées de structures de R&D ou disposent de moyens financiers suffisants pour accéder aux technologies développées par d'autres. Pour elles, l'innovation technologique est un moyen de se différencier de la concurrence, en proposant de nouveaux produits, en améliorant les performances, en diminuant les coûts de production, tout en réduisant les nuisances liées à la production.

Dans la perspective d'une dématérialisation de l'économie, plusieurs entreprises ont décidé de joindre des services à leur produits ou d'augmenter le contenu en service de leurs prestations. Cette politique permet de réduire la production de biens, génératrice de nuisances, et d'augmenter la production de services, de manière à mieux répondre à la

demande du client, mais aussi de s'assurer sa fidélité. Cet apport supplémentaire requiert un savoir-faire qui ne se standardise pas aisément et qui permet de contourner la concurrence pour de simples produits manufacturés. L'environnement est clairement un argument dans cette stratégie.

La mise en œuvre de stratégies de communication est une innovation de marketing. Non seulement l'entreprise fait connaître au grand public tous ses efforts pour réduire son impact environnemental, mais en plus, elle est à l'écoute de ses clients et cherche à s'assurer l'adhésion de ses salariés. Une forme sophistiquée de stratégie de communication consiste à participer soi-même à l'élaboration de mesures contraignantes (normes d'émission, accords de branche, etc.). Cette démarche semble démontrer l'approche proactive des entreprises en matière d'environnement, mais il peut s'agir au contraire d'une manière de bloquer les avancées environnementales par une politique de lobbying.

2. *Les petites entreprises innovantes.* Elles s'insèrent souvent dans des créneaux assez étroits (en tout cas en Belgique jusqu'à présent) mais sont convaincues que leur produits s'inscrivent en droite ligne dans une perspective de développement durable. Elles trépignent devant la lenteur d'une mise en œuvre par les pouvoirs publics d'une véritable stratégie globale de lutte contre l'effet de serre et de protection de l'environnement. Leur petite taille les empêche de mener une politique de lobbying efficace. Elles ne sont pas passives pour autant et développent des stratégies qui doivent assurer leur maintien ou leur croissance sur le marché actuel.

Bien que conscientes de leur petite taille sur le marché mondial, ces entreprises ne souffrent d'aucun complexe en matière d'innovation technologique. Elles estiment pouvoir développer un savoir-faire suffisant pour pouvoir rester dans la compétition, au moins dans certaines niches bien précises. Elles accordent une grande attention à leurs collaborateurs et créent un climat favorable à un travail de R&D. L'innovation est leur credo.

3. *Les autres entreprises.* Les nuisances environnementales ne menacent pas à court terme leurs activités. Le développement durable n'est pas une composante stratégique, mais un élément parmi d'autres dont elles doivent tenir compte.

2.1.3. Analyse de résultats d'enquêtes existantes sur l'innovation

L'analyse comparative porte sur les résultats de trois enquêtes récentes, qui fournissent des enseignements utiles sur les processus d'innovation, sur les nouvelles formes de management, y compris le management des connaissances, et sur la contribution de l'innovation technologique au développement durable. Il s'agit respectivement de résultats partiels relatifs à la Belgique de la seconde enquête Community Innovation Survey (CIS-2), menée à l'échelle européenne en 1997-1998, de l'enquête menée en 1998 par la Fondation de l'Entreprise (FDE) sur les nouvelles formes de management et enfin de l'enquête publiée en 2000 par le World Business Council for Sustainable Development (WBCSD).

Il ressort du volet belge de l'enquête CIS-2 que la réduction des atteintes à l'environnement, la réduction de la consommation d'énergie et la réduction de la consommation des ressources ne figurent pas au premier rang des motivations à innover. La taille des entreprises est un facteur discriminant, au bénéfice des grandes entreprises.

On retiendra de l'enquête FDE que la pratique de la R&D est le mode d'accès à la technologie le plus répandu. En ce qui concerne la diffusion des technologies, les données de l'enquête FDE mettent en évidence la faible participation des entreprises à des bourses technologiques. Enfin, il faut encore retenir de cette enquête l'effet discriminant de la taille de l'entreprise sur de nombreux aspects : la pratique de la R&D, l'organisation d'un département de R&D, l'existence d'une procédure formelle de suivi des suggestions adressées au responsable R&D, l'établissement de partenariats, l'accès informatique à l'information externe, la diffusion interne des informations recueillies à l'extérieur, la désignation d'un responsable formation, le suivi formel des formations, le lancement de projets interdépartementaux, le recours à des équipes pluridisciplinaires. Cet effet joue en défaveur des petites entreprises, sauf en ce qui concerne l'accès informatique à l'information externe.

La plus faible formalisation des apprentissages et la mise en place moins fréquente de projets interdépartementaux et d'équipes pluridisciplinaires au sein des PME ont des conséquences sur la gestion des compétences. Dans une perspective de long terme, les pouvoirs publics doivent en tenir compte en menant des politiques ciblées à destination des PME, afin d'éviter une dualisation entre les grandes et les petites entreprises.

Du point de vue des mesures d'accompagnement de l'innovation, à déployer dans le cadre de politiques publiques, les résultats de l'enquête WBCSD mettent en lumière :

- le besoin d'une intervention publique compte tenu de la difficulté pour les managers de convaincre les actionnaires de la rentabilité d'une stratégie de développement durable ;
- l'intérêt d'exercices de prospective technologique pour identifier de façon plus précise des technologies prometteuses, à la fois du point de vue de leur soutenabilité, de leur acceptabilité auprès du public et de leurs perspectives économiques (taille du marché, taux de croissance, champ et intensité de la concurrence) ;
- le défi que représente pour les entreprises le management des compétences requises pour innover de façon durable.

2.2. La stimulation de l'innovation technologique favorable au développement durable

2.2.1. Les défis du développement durable pour les politiques d'innovation

Les défis que pose le développement durable aux mécanismes collectifs d'encadrement et de stimulation de l'innovation sont multiples :

1. Pallier la *défaillance des marchés* en ce qui concerne les technologies favorables au développement durable, en recourant à divers mécanismes permettant de combler l'écart entre leur rendement privé et leur rendement social auprès des générations actuelles et futures.
2. Soutenir la *diffusion de technologies propres et sobres*, en favorisant la diffusion des informations et connaissances.
3. Promouvoir la *diversité technologique*, de façon à éviter les verrouillages autour de technologies présentant des risques à long terme.

4. Renforcer *les capacités d'innovation dans le long terme*, en favorisant le développement des compétences et les exercices de prospective stratégique.
5. Prévoir des modalités de *mise en cohérence des acteurs*, pour mettre l'accent sur l'appropriation des technologies par les utilisateurs et par la société.
6. Encourager la *participation citoyenne* lors de la construction de scénarios prospectifs et pour l'évaluation socio-économique des choix technologiques.

2.2.2. Les principaux instruments de stimulation de l'innovation technologique

Le "Tableau de bord de l'innovation", lancé dans le cadre du programme Innovation de la Commission européenne, répartit les instruments de stimulation de l'innovation technologique en trois grandes catégories :

1. *La promotion d'une culture de l'innovation*. La promotion d'une culture de l'innovation comprend des mesures stimulant la créativité, l'initiative, la prise de risques calculés, l'acceptation d'une certaine mobilité sociale, géographique et professionnelle. La promotion de la culture d'innovation a trait aussi au développement des compétences. Elle vise également la capacité à anticiper les besoins et la sensibilisation de l'opinion publique.
2. *Le cadre incitatif*. La mise en place d'un cadre propice à l'innovation est destinée à encourager le développement des innovations, en stimulant à la fois la concurrence et la coopération, en protégeant mieux la propriété intellectuelle et industrielle.
3. *Le renforcement du lien entre recherche, innovation et marché*. Pour améliorer la transformation des fruits de la recherche en produits et services, différentes mesures peuvent être adoptées : exercices de planification stratégique en vue de développer des visions à long terme, création et essaimage d'entreprises innovantes, stimulation de la coopération entre secteur public, secteur privé et enseignement.

En exploitant le cadre d'analyse du "Tableau de bord européen de l'innovation", nous avons réalisé une analyse de vingt programmes de stimulation de l'innovation, en Belgique et à l'étranger, qui illustrent chacun une des lignes d'action du tableau de bord. Le tableau 4 indique les programmes choisis pour illustrer ces lignes d'action.

Tableau 4
Objectifs du Tableau de bord de l'innovation et programmes illustratifs

Objectif	Programme illustratif
<i>Développement d'une culture de l'innovation</i>	
Formation, sensibilisation	National action plan "Environmental education for a sustainable future", 2000.
Négociation, médiation	Projet européen de recherche intitulé "Strategies towards the Sustainable Household" (SusHouse), dans 5 pays, 1998-2000.
Prévision technologique	Workshop OCDE "Technology foresight for sustainable development", 1998.
Prospective régionale	Plan régional de développement durable du Baden-Württemberg (Académie de Technology Assessment, Stuttgart), 1994-1998.
Technology assessment	Long Range Research Initiative (LRI), Conseil européen de l'industrie chimique (CEFIC) et ses équivalents aux USA et au Japon (1999-2004).

Objectif	Programme illustratif
Information pour les professionnels	Kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken, VITO (Mol), Région flamande (depuis 1995)
Mise en grappes	Environmental Cluster Research Programme, Ministère finlandais de l'environnement, 1997-2000
Appui aux collectivités locales	Programme d'intervention des délégations régionales de l'Agence pour l'Environnement et la Maitrise de l'Energie (ADEME), France, depuis 1990.
Coopération internationale	Programme de recherche et de liaison inter-universitaire sur le développement (PRELUDE), depuis 1985.
<i>Renforcement du cadre incitatif</i>	
Financement	Programme SOLTHERM (promotion des chauffe-eau solaires) en Région wallonne, 2000-2010.
Taxation	Primes à l'investissement et aides fiscales aux PME, Région wallonne.
Commandes publiques	Comité pour des marchés publics écologiques et durables, Suède, 1998-2001.
Contrat de gestion	Contrat de gestion avec un opérateur technologique entre le WIN (Wallonie Intranet) et la Région wallonne.
<i>Liaison entre recherche, innovation et marché</i>	
Soutien à la conception	Programme de l'ADEME pour l'éco-conception de produits (1999).
Soutien à la recherche	Programme "Strategische Technologieën voor Welzijn en Welvaart" (STWW), Région flamande, 1998-2000.
Soutien au développement technologique	Programme Prométhée, DGTRE, Région wallonne, avec le soutien du programme européen "Regional Innovation Strategy" (1998-2001)
Soutien à la démonstration	Environmental Technology Verification Programme, US Environmental Protection Agency. depuis 1990.
Soutien au recyclage	Recywall, groupement d'intérêt économique, Région wallonne.
Guidance technico-économique	Industrial Assessment Centres Programme (IAC), Office of Industrial Technologies, Federal Dept. of Energy, USA.
Financement par capital à risque	Ecotech Finance SA, Wallonie.

2.2.3. La place du développement durable dans les centres de recherche industrielle à vocation collective

Pour compléter cette approche en termes de dispositifs de soutien à l'innovation, il est apparu utile de s'intéresser à une spécificité déjà ancienne du système belge d'innovation : les centres collectifs de recherche industrielle. Cinq institutions ont fait l'objet d'une analyse : deux centres collectifs de recherche au sens strict, un centre public de recherche de la Région wallonne, un centre technologique créé dans le cadre de l'Objectif 1 en Hainaut et un centre sectoriel appartenant au secteur privé.

Les centres de recherche collectifs ont une sensibilité élevée à la problématique du développement durable et leur niveau de compétence les autorise à imaginer des solutions originales. Ils déplorent ne pas pouvoir les développer suffisamment, notamment faute de moyens publics suffisants mis à leur disposition pour mener des recherches génériques sur des solutions préventives, en amont des processus de production.

2.2.4. Un domaine technologique emblématique : la production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables

Le secteur énergétique illustre bien la panoplie d'instruments que les pouvoirs publics doivent déployer pour stimuler le développement et la diffusion d'innovations technologiques. Le lien entre les exigences de développement durable, le besoin d'innovation et le rôle des pouvoirs publics est illustré à partir de deux cas concrets : les résultats du projet européen ATLAS, auquel la Flandre et la Wallonie ont participé, et le cas des sources d'énergie renouvelable dans la production d'électricité.

Le projet ATLAS, réalisé dans le cadre du programme européen Joule – Thermie, a permis de réaliser une vaste synthèse sur les technologies énergétiques. Cette synthèse comporte un état de l'art sur les différentes technologies, une analyse des barrières à la diffusion et un examen des mesures de stimulation à adopter. Les résultats révèlent :

- des différences de maturité technologique, qui mettent en relief l'importance de la phase de démonstration ;
- des barrières à la diffusion, notamment le manque d'information sur le degré de maturité technologique et commerciale des innovations, le manque de confiance des investisseurs, y compris les investisseurs institutionnels, et le prix trop bas des énergies conventionnelles, qui ne tient pas compte de leurs externalités négatives ;
- le besoin de déployer simultanément des mesures techniques et non-techniques (financières, environnementales et organisationnelles).

Dans son rapport d'octobre 2000, la Commission pour l'Analyse des Modes de Production de l'Electricité et le Redéploiement des Energies (Commission AMPERE) évalue le potentiel des énergies renouvelables dans la production d'électricité à 10% de la consommation actuelle. Ce potentiel pourrait être atteint à l'horizon 2010-2020.

Les principales barrières à leur diffusion, déjà mentionnées dans le projet ATLAS, sont le mauvais rapport de prix par rapport à l'électricité conventionnelle et le poids économique, politique et institutionnel des producteurs d'électricité conventionnelle. D'autres obstacles sont liés à l'évaluation de leur impact environnemental, à la compétition pour l'occupation de l'espace et à des mesures administratives de nature diverse, qui peuvent avoir des effets pervers ou contradictoires. Trois types de mesures peuvent être envisagées pour favoriser le développement des sources d'énergie renouvelables dans la production d'électricité : des actions sur les coûts, des mesures administratives et des initiatives de démonstration. La R&D peut jouer un rôle significatif pour arriver à comprimer les coûts.

2.2.5. Une évaluation générale des dispositifs de stimulation de l'innovation

De façon globale, on constate que la palette d'interventions destinées à encadrer et à stimuler l'innovation sur une base collective est extrêmement large, faisant intervenir les trois grandes familles d'instruments présentés par le Tableau de bord européen de l'innovation. Ces instruments doivent être envisagés non pas de façon isolée mais combinatoire. Un enjeu important consiste à faire admettre que le critère de durabilité s'insère parmi les autres critères couramment invoqués (rentabilité économique, performance technique, création d'emplois) dans les différents modes d'intervention des pouvoirs publics. Le travail en réseau dans le cadre de consortiums de recherche, de clusters stratégiques, le développement de nouveaux

partenariats public/privé, les négociations volontaires, les actions de communication constituent les accents dominants des actions collectives menées pour stimuler l'innovation à la faveur du développement durable.

Les principales difficultés rencontrées pour soutenir l'innovation durable ont trait à des secteurs fort monopolistiques, peu enclins à innover, ou fort morcelés, où la diffusion des innovations est malaisée. Le défi majeur réside du côté des PME, non seulement en termes d'appui financier, mais aussi sous forme de guidance technico-économique, de mise à disposition d'information et d'évaluation indépendante, d'aide à la commercialisation et à l'exportation de nouveaux produits ou procédés durables.

Les modalités collectives d'encadrement de l'innovation varient bien entendu selon le degré de maturité de la technologie en question. Au stade émergent, l'intervention collective se concentrera sur le soutien à la recherche fondamentale, la tenue d'exercices de prospective et de veille technologique, l'évaluation des risques à long terme. Au stade amont du développement technologique, l'intervention collective visera à répartir la charge des investissements matériels et immatériels nécessaires à l'innovation, à susciter la prise en compte des besoins du marché, à inciter à penser très tôt à la valorisation économique. Au stade aval, l'intervention collective ne doit pas se limiter à des mesures techniques, des mesures non-techniques peuvent jouer un rôle. Le défi du stade aval consiste principalement dans l'amorçage d'un marché de façon à permettre la diffusion à large échelle de produits ou procédés nouveaux et durables.

4. Conclusions et recommandations

4.1. Principales conclusions de la recherche

Mettre l'innovation technologique au service du développement durable est un défi complexe, car les concepts d'innovation et de développement durable présentent tous deux un caractère multidimensionnel. Ce rapport de recherche a tenté d'en cerner toutes les dimensions et d'explorer celles qui paraissent les plus déterminantes.

Un des objectifs du projet de recherche était de caractériser les technologies au service du développement durable, tout en sachant que la caractérisation ne devait pas porter seulement sur la technologie elle-même, mais aussi sur son processus de conception et de diffusion. Cette nuance est de taille. Elle s'est imposée comme un constat majeur. La distinction entre technologies additives et technologies intégrées s'avère significative, mais moins pertinente que prévu. De plus, les technologies au service du développement durable ne se réduisent pas aux seules technologies environnementales. Les études de cas montrent que les entreprises qui innoveront dans une perspective de développement durable doivent mettre en œuvre une combinaison d'innovations de procédé, d'innovations de produits, d'innovations organisationnelles et d'innovations de marché, entre lesquelles les priorités sont établies de manière pragmatique, en fonction des opportunités et des contraintes.

Les freins à la diffusion de technologies favorables au développement durable ne proviennent pas en premier lieu d'un déficit de technologies disponibles. Celles-ci présentent cependant des degrés de maturité très variables. Les phases de maturation, de démonstration et de

validation ont un poids important dans les facteurs qui expliquent le succès ou l'échec de la diffusion d'innovations.

Les effets des politiques environnementales sur l'innovation sont certes positifs, mais les réponses des entreprises sont très flexibles. D'une part, les réponses technologiques que développent les entreprises dépendent de nombreux facteurs contextuels, liés aux structures industrielles, à l'état général de l'environnement, à des facteurs institutionnels et sociaux. D'autre part, les effets de telle ou telle mesure environnementale sur tel ou tel type d'innovation sont très diversifiés, favorisant tantôt les innovations radicales, tantôt les innovations incrémentales, tantôt la diffusion de technologies existantes.

Les études de cas révèlent une large variété de stratégies d'innovation. L'effet de taille est important : une grande entreprise pourra définir une stratégie à long terme, mobiliser ses ressources en R&D, améliorer sa communication interne et externe et pratiquer le lobbying, tandis qu'une petite entreprise préférera investir dans des innovations plus pointues ou des niches de marché et mobiliser la créativité de l'ensemble du personnel.

Les politiques de stimulation de l'innovation technologique favorable au développement durable ont à tenir compte de la flexibilité des réponses aux contraintes environnementales et de la diversité des stratégies. Un point fort des politiques d'innovation est qu'elles peuvent jouer un rôle intégrateur vis-à-vis des politiques industrielles et des politiques d'environnement et influencer les politiques d'aménagement du territoire, d'emploi et de formation. Un autre point fort est leur capacité de susciter des démarches de prospective stratégique.

La transformation des politiques de stimulation de l'innovation est visible sous deux angles. D'une part, les critères de qualité de l'environnement et de développement durable font une percée significative, mais encore insuffisante, au sein des dispositifs traditionnels de soutien à l'innovation : aides et subventions, incitants financiers, systèmes de guidance. D'autre part, de nouveaux types d'actions apparaissent ou se renforcent : mise en grappes (*clustering*), consortiums de R&D intersectoriels, accords volontaires, partenariats public-privé, actions de communication, organisation de l'interaction entre chercheurs et utilisateurs. Par contre, il semble que la gestion des ressources humaines et la gestion des connaissances, en particulier le développement des compétences, la mobilité du personnel de R&D et la capacité de communication, constituent encore des maillons faibles dans les processus d'innovation favorables au développement durable. Quant aux chaînons manquants, ils se situent essentiellement dans la diffusion des innovations. Cet aspect est abordé de manière plus détaillée dans nos recommandations.

4.2. Recommandations

L'utilisation raisonnée des instruments de politique d'innovation aura pour effet d'enclencher des changements, mais sur l'échelle du changement technologique, il existe une gradation allant du statu quo pour une firme déjà en conformité avec une nouvelle exigence, à la diffusion de technologies existantes, à une amélioration continue, à une modification incrémentale, à une modification radicale des produits et procédés. Le degré du changement nécessaire pour faire face aux exigences du développement durable ne se limite assurément pas au statu quo, à la diffusion de technologies existantes, ni même aux modifications incrémentales. Des innovations de rupture sont la voie obligée pour se développer au plan technologique sans compromettre les besoins des générations futures.

4.2.1. Relever les défis du développement durable

Pour pallier la *défaillance des marchés* et combler l'écart entre rendement privé et rendement social des investissements en R&D, les mesures suivantes sont à envisager :

- financement de la recherche fondamentale et de la recherche technologique de base afin d'impulser le développement de technologies propres et sobres ;
- politique de partenariat permettant d'élargir le périmètre au sein duquel la connaissance est volontairement partagée et de réduire le problème posé par l'appropriation imparfaite des retombées de la R&D ;
- politique de soutien de la demande via des commandes publiques, par le biais d'une réglementation renforcée et par la mise au point de schémas de financement novateurs.

En ce qui concerne la *diffusion d'innovations technologiques propres et sobres*, les initiatives les plus urgentes à mener, notamment en direction des PME, sont :

- l'amplification de programmes de démonstration ;
- la fourniture d'une information indépendante à destination des autorités publiques chargées de légiférer dans un domaine technologique ou de le subventionner ;
- la mise en œuvre de programmes de certification et de dispositifs de vérification des performances ;
- la constitution de vitrines pour faciliter l'accès au marché intérieur ou lié à l'exportation ;
- l'appui au transfert technologique notamment par le biais de guidance technologique ;
- une formation des diplômés en sciences appliquées davantage axée sur l'analyse du cycle de vie, l'éco-conception, l'éco-efficacité.

Pour favoriser la *diversité technologique*, il faut parvenir à une masse critique de recherche fondamentale et industrielle de base et favoriser la constitution de consortiums de recherche. La recherche sur des technologies génériques doit être encouragée dans les centres de recherche coopérative. Il faut prévoir, en concertation avec tous les acteurs du développement technologique, les transitions technologiques afin de se dégager de systèmes technologiques polluants sur lesquels on ne ferait que greffer des technologies de remédiation, pour s'orienter vers des technologies intégrées et durables.

Afin d'organiser le *renforcement des compétences à long terme*, il faut comprendre comment les compétences se codifient, se renouvellent et se gèrent au sein des entreprises : cela nécessite le financement et la conduite d'études sur les organisations apprenantes. En matière de formation continue, des initiatives sectorielles ou intersectorielles peuvent promouvoir des méthodes génératrices de comportements industriels plus durables (analyse du cycle de vie, éco-efficacité, maîtrise de la qualité environnementale). Dans une optique de long terme, et à un niveau plus collectif, il convient aussi de procéder à des exercices de prospective stratégique, en s'interrogeant sur les enjeux économiques du développement de telle ou telle technologie, sur l'acceptabilité sociale et culturelle de celle-ci, ainsi que sur sa position concurrentielle et sa capacité de diffusion locale.

Une attention particulière doit être apportée aux PME. Des mesures destinées à accroître leur capacité d'innovation devraient leur permettre soit de développer en interne des technologies

prometteuses, soit d'acquérir des technologies en sachant les adapter à leurs besoins propres, soit de formuler des questions pertinentes lors de coopérations technologiques.

Quant à *la participation citoyenne*, elle peut être encouragée sur divers plans : lors de la construction de scénarios prospectifs, pour la détection avancée de risques, pour l'évaluation socio-économique des choix technologiques, et enfin pour la conception et l'expérimentation de produits ou procédés à composante technologique. Cette participation citoyenne doit porter également sur l'adhésion à une économie en boucle, qui nécessite un changement dans les modes de production mais aussi et surtout dans les modes de consommation.

La mise en cohérence des acteurs se joue à plusieurs niveaux. Elle nécessite d'intégrer le critère de durabilité dans les décisions publiques de soutien à l'innovation, dans l'import-export de technologies et lors de l'adoption de réglementations relatives à des technologies. Elle requiert aussi une concertation renforcée entre niveaux de pouvoir différents et entre domaines de compétence dispersés, pour parvenir à une meilleure intégration des instruments de stimulation, qu'ils aient trait à la culture d'innovation, à la mise en place d'un cadre incitatif ou à la transformation des fruits de la recherche en produits et services.

4.2.2. Intervenir tout au long du processus d'innovation

Des dispositifs d'accompagnement peuvent être déployés tout au long des processus d'innovation technologique, tantôt par les pouvoirs publics, tantôt par le privé (au niveau sectoriel, intersectoriel, ou au niveau des entreprises), tantôt par les milieux associatifs. Ces dispositifs doivent être adaptés au *degré de maturité* de la technologie soutenue :

- détection avancée (veille technologique, évaluation des risques, technology assessment, exercices de prévision) ;
- financement de la recherche de base et de la recherche interdisciplinaire ;
- diffusion de méthodes de conception prônant l'analyse du cycle de vie, l'éco-efficacité ;
- développement et démonstration ;
- commercialisation : aide à la vérification technologique, à la certification ;
- dissémination : organisation d'événements de promotion de technologies soutenables, adaptation des cahiers des charges des commandes publiques)

Une *combinaison de mesures d'accompagnement* est souhaitable si l'on veut agir de façon cohérente sur les multiples paramètres qui viennent influencer le changement technique : combinaison de mesures macro- et microéconomiques, de mesures à court terme et long terme, de mesures générales et de mesures ciblées sur des technologies particulières.

La diffusion technologique doit être au centre des préoccupations en matière de soutien à l'innovation favorable au développement durable : en effet, s'il y a un relatif consensus sur l'identification de technologies-clés pour favoriser le développement durable, l'incertitude la plus complète entoure les temps de mise sur le marché et de diffusion à grande échelle de ces technologies. De toute évidence, c'est l'aval du développement technologique qui constitue le principal problème à l'heure actuelle pour que le pilotage du changement technique favorise efficacement le développement durable.