

INSTITUT DE L'ÉNERGIE ET DE L'ENVIRONNEMENT DE LA FRANCOPHONIE



NUMÉRO 74 – 1^{er} TRIMESTRE 2007



La gestion des externalités dans le secteur de l'énergie



Numéro 74
1^{er} trimestre 2007

La revue *Liaison Énergie-Francophonie* est publiée trimestriellement par l'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie (IEPF).

L'IEPF est un organe subsidiaire de l'Organisation internationale de la Francophonie.

56, rue Saint-Pierre, 3^e étage
Québec G1K 4A1 Canada
Téléphone : 1 (418) 692-5727
Télécopie : 1 (418) 692-5644
Courriel : iepf@iepf.org
Site Internet : www.iepf.org

Directeur de la publication :
Patrice Dallaire

Rédacteur en chef invité :
Jacques Percebois

Comité éditorial interne :
Faouzia Abdoulhalik
Boufeldja Benabdallah
Sibi Bonfils
Patrice Dallaire
Sory I. Diabaté
Chantal Guertin
Louis-Noël Jail
Jean-Pierre Ndoutoum

Comité scientifique :
Samir Allal
Antoine Ayoub
Alioune Fall
Jacques Percebois
Pierre Radanne
Jean-Pierre Revéret
Eddy Simon
Fatima Dia Touré

Chronique :
Jacques Percebois

Rubrique Pour en savoir plus :
Maryse Labriet

Édition et réalisation graphique :
Communications Science-Impact

Tirage :
3200 exemplaires

Dépôt légal :
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
Bibliothèque et Archives du Canada
ISSN 0840-7827

Les textes et les opinions n'engagent que leurs auteurs. Les appellations, les limites, figurant sur les cartes de LEF n'impliquent de la part de l'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie aucun jugement quant au statut juridique ou autre d'un territoire quelconque, ni la reconnaissance ou l'acceptation d'une limite particulière.

Prix de l'abonnement annuel (4 numéros) :
40\$ CAD; 33\$ USD; 30€; 16 000 CFA; 380 000 Dongs vietnamiens
Poste-publications – Convention N° 40034719
Imprimé au Canada

Le prochain numéro de *Liaison Énergie-Francophonie* (n° 75, 2^e trimestre 2007) aura pour thème *Les changements climatiques*.

SOMMAIRE

La gestion des externalités dans le secteur de l'énergie

Mot du directeur par intérim	3
Patrice DALLAIRE, Directeur par intérim de l'IEPF	
Mot de la rédaction	4
Sibi Bonfils, Directeur adjoint de l'IEPF	
Éditorial	5
Jacques PERCEBOIS, CREDEN, Université de Montpellier	
Les instruments d'internalisation des externalités	7
Jacques PERCEBOIS, CREDEN, Université de Montpellier	
Le mécanisme des certificats blancs. Un catalyseur pour le développement du marché de l'efficacité énergétique	12
Paul BAUDRY, EDF, RD Les Renardières, Paris	
Prix du carbone et choix énergétiques	17
Christian de PERTHUIS, CDC et Université Paris Dauphine	
Les politiques de lutte contre le changement climatique: des effets positifs sur l'emploi en Europe et en France	23
Thomas GAUDIN et Jean-Marie BOUCHEREAU, ADEME, Paris	
Vers une nouvelle génération d'instruments de régulation pour un développement énergétique durable	28
Samir ALLAL et Nidhal OUERFELLI, Université de Versailles, Saint-Quentin-en-Yvelines	
Les péages urbains sont-ils efficaces pour réduire la pollution automobile?	31
Yves CROZET, LET, Université de Lyon	
Les coûts des marées noires	35
Henri WANKO, CREDEN, Université de Montpellier	
Les coûts sociaux en Europe. Recherche, énergie, transport et environnement	39
Jean-Michel BAER, Commission européenne Domenico ROSSETTI DIVALDALBERO, Commission européenne	
Les politiques incitatives à la Maîtrise de la Demande d'Électricité (MDE) au Sénégal	45
Hamady SY, Commission de Régulation de l'Énergie, Dakar	
La prise en compte de l'environnement dans la politique énergétique du Vietnam	52
D ^r BUI Xuan, Institut Polytechnique de Hanoi	
Afrique et énergie: environnement, développement et transfert de technologies	59
Caroline GALLEZ, Département Environnement de l'Université Senghor	
COLLABORATION SPÉCIALE	
La diversité biologique et les changements climatiques	69
Ahmed DJOGHLAF, Convention des Nations Unies sur la diversité biologique, Montréal	
LA CHRONIQUE DE JACQUES PERCEBOIS	71
POUR EN SAVOIR PLUS	73



15%

Imprimé avec des encres végétales sur du papier dépourvu d'acide et de chlore et contenant 50% de matières recyclées dont 15% de matières post-consommation.

Mot du Directeur par intérim

Ce numéro de *Liaison Énergie-Francophonie* vous propose des éléments de réflexion pour une approche globale, équilibrée, de la gestion des externalités dans le secteur de l'énergie. Globale parce qu'il s'agit, à la fois, de tenir compte des impératifs du développement économique, via l'accès à l'énergie par tous les pays, et de leur responsabilité de promouvoir des projets alliant utilisation et conservation des ressources naturelles. Équilibrée parce que ce faisant, nous sommes tenus, l'avenir de la planète en dépend, de préserver l'équilibre des différents usages qui sont faits de ces ressources. Cela implique de rechercher une meilleure adéquation entre les bénéfices privés et collectifs du développement, de l'approvisionnement énergétique, et d'aborder directement la problématique des coûts sociaux et environnementaux, trop longtemps ignorés et, surtout, partagés (ou supportés) de façon inéquitable.

Dans ce sens, ce numéro s'inscrit parfaitement dans l'action et la philosophie de l'IEPF qui veulent que l'importance et la complexité des enjeux interdisent tout raccourci dans l'évaluation des problèmes énergétiques ou environnementaux et des solutions à leur apporter. Bien sûr, la complexité des enjeux n'interdit pas que l'on puisse attaquer des problèmes concrets, comme le déclin de la biodiversité, le développement des énergies renouvelables, la désertification, l'adaptation face aux effets des changements climatiques ou encore le calcul et la distribution des coûts sociaux environnementaux avec pour objectif de faciliter leur appréhension par le plus grand nombre. C'est ce que l'Institut a toujours visé dans son œuvre de sensibilisation et d'information objective et c'est ce que fait ce LEF 74.

Si des difficultés méthodologiques font inmanquablement surface dans tout exercice du genre, on peut d'ores et déjà affirmer, sans se tromper, qu'au plan conceptuel, l'idée que l'État (ou des regroupements supranationaux, comme l'Union européenne) ait un rôle à jouer dans la définition des règles permettant d'internaliser les externalités semble, elle, acquise. Bref, si la guerre est trop importante pour être confiée aux seuls généraux, l'environnement l'est trop pour être abandonné aux seules lois du marché!

Certes, il ne s'agit pas ici de jeter l'anathème sur la pensée économique et d'exclure le recours à divers mécanismes de marché pour mieux gérer les externalités. Au contraire, comme le démontrent plusieurs des articles de cette revue. Mais, puisqu'il est désormais acquis que le réchauffement du climat est occasionné principalement par l'activité humaine, pratiquée trop longtemps avec peu d'égard face à la nature non pérenne de nos principales sources d'approvisionnement en énergie, et sans souci de durabilité de l'environnement, il est plus que temps de voir notre lecture de la situation couvrir tout l'horizon plutôt qu'à partir du seul angle économique.

Je tiens à remercier Jacques Percebois, non seulement pour le travail de rédacteur en chef invité de ce numéro, tâche dont il s'est acquitté avec le brio que ceux qui l'ont côtoyé lui reconnaissent unanimement mais, aussi, pour l'appui et la collaboration, maintes fois sollicités (et obtenus) par l'IEPF dans la déclinaison de sa mission. ❁



Patrice DALLAIRE

Directeur exécutif a.i. de l'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie (IEPF).

Mot de la Rédaction

O n a longtemps considéré, et particulièrement aux premiers temps du capitalisme, que les prélèvements sur la nature étaient gratuits et les rejets de polluants sans conséquence. La nature apparaissait sans limites. Les économies aujourd'hui développées en ont tiré un avantage certain.

Plusieurs faits marquants viendront cependant modifier en profondeur cette perception. Il y a d'abord eu, à la fin des années 60, cette image saisissante de la Terre prise de l'espace par les premiers hommes qui ont marché sur la Lune. Notre monde apparaissait sous un jour nouveau, frêle esquif perdu dans l'immensité. Les décennies suivantes connaîtront les pluies acides à l'origine du dépérissement des lacs et de pans entiers des forêts européennes et nord-américaines, le trou dans la couche d'ozone et le réchauffement climatique. Les rejets, par les usines, d'oxydes de soufre et d'ozone, de CFC et de différents gaz à effet de serre dont le dioxyde de carbone (CO₂), externalités non considérées par le marché,

sont à l'origine de ces phénomènes. De graves accidents industriels (Minamata, Seveso, Bhopal...), les marées noires, la déforestation accélérée, comme l'épuisement programmé des hydrocarbures – la pointe de production (*peak oil*) est attendue au cours des deux prochaines décennies – s'ajoutent à ces faits pour mettre en évidence la finitude des ressources naturelles et les limites de capacité d'absorption des pollutions par l'environnement.

La conscience de la fragilité de la Terre et le besoin de la préserver en sont sortis renforcés. Mais aussi le sentiment de l'échec du modèle de développement suivi. C'est ce constat que faisait le Club de Rome en 1970 dans un rapport resté célèbre. Ce constat motivera les différentes conférences internationales sur l'environnement et le développement qui culmineront à Rio, en 1992, au Sommet de la Terre. C'est au fond ce qu'exprime aussi, avec une certaine humeur, Albert Jacquard dans *Mon utopie*, s'agissant du libre marché censé réaliser l'optimum social: «N'ayant pas de mémoire et ignorant l'avenir, la main invisible a fait n'importe quoi.»

Toutes les tentatives actuelles de prise en compte des externalités, d'internalisation des externalités, dans la conception et la mise en œuvre de politiques, plans, programmes et projets, visent à reprendre la main. Le travail remarquable que conduit l'Union européenne dans le cadre de son projet ExternE présenté dans ce dossier, s'inscrit dans cette dynamique.

Mais les mécanismes d'intervention considérés, les taxes, les subventions, les marchés de quotas, etc. rencontrent rapidement une limite, celle de la détermination de la valeur des externalités, surtout quand sont en jeu des valeurs morales ou esthétiques, la santé ou une vie humaine, ou des phénomènes globaux comme le changement du climat.

C'est sans doute ces difficultés conceptuelles qui motivent la promotion des approches globalisantes et intégratrices que porte le paradigme du développement durable. À Rio, la communauté internationale s'est donné une feuille de route, l'Agenda 21, pour construire ce développement qui assure le progrès économique et social pour tous, l'équité intra et intergénérationnelle tout en préservant l'équilibre écologique à long terme. Les approches par les biens et services publics mondiaux, en développement, ou par les Objectifs de développement du Millénaire (ODM) sont autant de tentatives novatrices d'opérationnalisation d'un paradigme qui en a bien besoin. Les Stratégies nationales de développement durable (SNDD) dont chaque pays est appelé à se doter comme recommandé par le Plan d'action issu du Sommet de Johannesburg (octobre 2002) participent de la même dynamique. Ces approches méritent considération à ce titre.

Au-delà des externalités dans le secteur de l'énergie, objet de ce dossier, c'est à ce type de questions que ce numéro de la revue *Liaison Énergie-Francophonie*, invite à réfléchir. Les énergéticiens, plus que d'autres, ont une conscience aiguë de ces questions. N'est-ce pas leur secteur qui est aujourd'hui en première ligne dans la recherche des solutions aux crises de développement actuelles? Quelques-uns d'entre eux ont accepté de faire ce bout de chemin avec nous. Le Professeur Jacques Percebois a cordonné leurs échanges virtuels.

Que tous trouvent ici l'expression de notre gratitude. ✿



Sibi Bonfils

Directeur adjoint de l'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie (IEPF).

Éditorial

L'objet de ce numéro spécial est d'analyser la façon dont les externalités sont aujourd'hui prises en compte dans le secteur de l'énergie. Lorsqu'on parle d'externalités on pense d'abord aux coûts sociaux, environnementaux spécialement, liés à la pollution qui résulte de la production et de l'utilisation des diverses formes d'énergie. On parle d'externalités négatives c'est-à-dire de situations où le coût supporté par la collectivité nationale ou internationale est supérieur au coût reflété dans les prix de marché. Mais certaines externalités peuvent être positives : certains choix privés peuvent générer des avantages collectifs, notamment en termes de développement durable, et il importe alors d'indemniser ceux qui acceptent de les supporter au départ. Le rôle de la puissance publique est de faire coïncider coûts sociaux et coûts privés de façon à ce que les prix de marché reflètent bien tous les coûts supportés par la collectivité à court et à long terme. La puissance publique a à sa disposition plusieurs moyens. Il y a des moyens coercitifs (normes, interdictions) et des moyens incitatifs (taxation, subvention, marché de droits, etc.). C'est à une mise en perspective de ces outils que s'intéresse l'article de Jacques PERCEBOIS consacré aux instruments d'internalisation des externalités. Les articles qui suivent sont pour la plupart centrés sur les externalités négatives c'est-à-dire sur les coûts liés à la dégradation de l'environnement du fait des consommations d'énergie. Ces externalités négatives peuvent être appréhendées à une échelle locale, nationale, régionale, voire à l'échelle mondiale ; les conséquences négatives du réchauffement climatique font partie de cette approche. D'où la nécessité d'utiliser l'énergie de façon rationnelle, ce qui revient à repérer les gisements d'économies d'énergie qui existent dans les divers secteurs.

L'article de Paul BAUDRY est consacré au mécanisme des « certificats blancs » (certificats d'économies d'énergie) qui se met en place actuellement dans certains pays européens. Environ 20% des consommations finales d'énergie peuvent être économisées avec un bénéfice social pour la collectivité. Encore faut-il pouvoir mesurer ces économies avant de mettre en place un marché de

l'efficacité énergétique. Grâce à de tels mécanismes, une culture de l'efficacité énergétique émerge progressivement en réorientant les marchés concernés pour que l'efficacité des équipements devienne un facteur de la décision d'investissement, que ce soit dans le secteur résidentiel et tertiaire ou dans celui des transports.

Face au réchauffement climatique un certain nombre d'acteurs ont commencé à intégrer le prix du carbone dans les décisions économiques. Rappelons que près des deux tiers des émissions mondiales de gaz à effet de serre proviennent de l'utilisation de l'énergie. L'objet de l'article de Christian de PERTHUIS montre que plutôt que de taxer une pollution pour lui donner un coût, on peut utiliser le marché pour tarifier ce coût. Pour ce faire, on fixe un plafond global à la pollution que l'on veut réduire et on répartit ce plafond entre les principaux émetteurs. Chaque émetteur devra respecter sa contrainte soit en réduisant physiquement ses rejets soit en achetant des permis à d'autres acteurs qui auront été plus performants que lui. Le lancement d'un tel système en 2005 au sein de l'Union européenne permet de renforcer le signal « prix » du carbone et fait de l'Europe l'épicentre du marché international du carbone. Demain, le prix du carbone sera un paramètre majeur des choix énergétiques.

L'article de Jean-Marie BOUCHEREAU et Thomas GAUDIN montre que les politiques de lutte contre le changement climatique ont des effets positifs sur l'emploi, et cela est vérifié en France comme en Europe. Il s'agit cette fois d'externalités positives et cela concerne aussi bien les politiques d'économies d'énergie que les politiques de promotion des énergies renouvelables. On peut également noter que la mise en place d'une taxe « carbone » permettrait de réduire le déficit commercial puisque les énergies fossiles sont largement importées. Il s'agit là encore d'une forme d'externalité positive.



Jacques PERCEBOIS

Directeur du Centre de Recherche en Économie et Droit de l'Énergie (CREDEN).



L'article de Samir ALLAL et Nidhal OUERFELLI rappelle que la puissance publique a à sa disposition plusieurs catégories d'instruments pour tenir compte des externalités, dans une perspective de développement durable : des instruments réglementaires, des instruments basés sur un certain volontariat, des instruments économiques ou des instruments « participatifs ». L'un des échecs des politiques de maîtrise de l'énergie et de lutte contre la pollution est sans doute le cas des transports urbains. La question que pose Yves CROZET est donc fondamentale : les péages urbains sont-ils efficaces pour réduire la pollution automobile ? Ce système de péages connaît aujourd'hui un regain d'intérêt puisque des villes comme Londres ou Stockholm l'ont récemment introduit. Le péage urbain représente un progrès par l'intégration dans le calcul économique des agents des pertes de temps liées à la congestion. Mais ce n'est pas forcément la dimension environnementale qui est déterminante mais plutôt une logique patrimoniale, laquelle cherche à protéger la ville des effets pervers liés à la vitesse automobile. Le péage urbain serait nécessaire pour protéger la ville de la « déferlante automobile », quand bien même les automobiles deviendraient des véhicules totalement propres du point de vue des rejets de pollution.

L'article de Henri WANKO s'efforce quant à lui de mesurer les coûts liés à une externalité négative bien connue du grand public : les marées noires. Il dresse le bilan des accidents majeurs survenus dans le transport maritime du pétrole brut depuis la fin des années 1960 et montre qu'il n'est pas toujours facile d'évaluer les préjudices subis car ceux-ci prennent des formes variables et pas toujours quantifiables.

L'article de Jean-Michel BAER et Domenico ROSSETTI di VALDALBERO retrace la façon dont la Commission Européenne s'est préoccupée de l'intégration des externalités dans les choix publics, énergétiques notamment. Ce fut le cas avec le rapport ExternE mais d'autres rapports ont également été écrits sur ce sujet. Cet article précise en outre les thèmes de recherche qui aujourd'hui sont considérés comme prioritaires et font de ce fait l'objet d'une aide de Bruxelles.

Lorsque l'on parle d'internaliser les externalités on a tendance à considérer le cas des pays industrialisés et à oublier quelque peu celui des pays en développement. Ces pays sont eux aussi confrontés à des problèmes de pollution et l'utilisation rationnelle de l'énergie y est une priorité. Ce sera d'ailleurs de plus en plus le cas. L'article de Hamady SY consacré aux politiques incitatives de maîtrise de la demande d'électricité au Sénégal est là pour nous le rappeler. L'auteur montre que la régulation tarifaire constitue déjà un outil performant de MDE mais il existe bien d'autres moyens. La mise en œuvre de technologies modernes d'éclairage ou la mise en place de nouvelles normes de construction des bâtiments sont des exemples révélateurs. La formation des opérateurs est également un moyen de favoriser la pénétration de techniques performantes en matière d'économies d'énergie. L'expérience volontariste menée au Sénégal est révélatrice et riche d'enseignements. Le cas du Vietnam est également intéressant car peu étudié. Dans un pays qui connaît un rythme élevé de croissance économique et énergétique, la contrainte environnementale devient chaque jour plus forte.

L'article de Xuan BUI présente les grandes lignes du système énergétique du Vietnam et analyse la façon dont l'environnement est intégré aux choix énergétiques. Il faut d'abord mettre en place un cadre juridique approprié à l'intégration de la variable « environnement » ; il faut sensibiliser ensuite les acteurs à la maîtrise de l'énergie et à la protection de l'environnement. Le plan national mis en place sur la période 2001-2005 retient plusieurs priorités : une meilleure gestion des déchets, une meilleure gestion des ressources en bois et un renforcement des normes environnementales. Le développement des énergies renouvelables devient lui aussi une priorité.

Caroline GALLETZ analyse les contraintes spécifiques qui se posent à l'Afrique, du fait de l'épuisement des ressources naturelles mais aussi du fait de la prise en compte indispensable de préoccupations environnementales. Le transfert de technologie est ici une priorité que ce soit au niveau de la maîtrise de l'énergie ou à celui de la production et de la distribution des diverses formes d'énergie. Des initiatives existent déjà en ce sens mais l'effort doit être intensifié. ❀

Les instruments d'internalisation des externalités

Une externalité peut être définie comme une « interdépendance entre fonctions et objectifs qui ne trouve pas de compensation monétaire sur le marché ». C'est une défaillance du système des prix de marché puisque le coût social supporté par la collectivité est alors différent du coût privé supporté par le producteur du bien et indirectement par le consommateur de ce bien. Si le coût social est supérieur au coût privé, donc au prix de vente du produit, on dit qu'il s'agit d'une externalité négative. La collectivité supporte des coûts que le producteur ne prend pas en compte et ce sera par exemple le cas avec la pollution. Si le coût social est inférieur au coût privé, donc au prix du bien vendu sur le marché, on dit que l'externalité est positive. Le producteur du bien supporte des coûts qu'il ne devrait pas supporter ou son activité génère pour la collectivité des avantages pour lesquels il n'obtient aucune indemnisation. L'entreprise qui prend à sa charge le financement de certaines infrastructures ou la formation de main-d'œuvre, qui ensuite bénéficieront au reste de la collectivité locale ou nationale, est à l'origine d'une externalité positive.

En économie de marché, l'optimum de Pareto impose que coût privé et coût social coïncident. Le rôle de la puissance publique sera donc d'internaliser ces externalités, c'est-à-dire d'utiliser certaines mesures coercitives ou incitatives pour que le prix du marché intègre tous les coûts, qu'ils soient privés ou sociaux. L'intervention de l'État se situera en fait à deux niveaux complémentaires :

- donner des informations sur les coûts et avantages liés aux diverses externalités ressenties ou observées, ce qui revient à rétablir les conditions d'une meilleure transparence du marché ;
- modifier artificiellement les prix de marché par le biais de dispositifs correcteurs (normes, subventions, taxation, marché de droits, etc.) afin de faire coïncider le coût social et le coût privé.

Dans le domaine de l'énergie, le problème tient au fait que de nombreuses externalités, négatives ou positives, ont des effets à long terme et un impact qui est souvent mondial. Ce sera par exemple le cas du réchauffement climatique associé à la combustion des énergies fossiles. Il faut donc rappeler certaines difficultés



Jacques PERCEBOIS

Jacques PERCEBOIS est Professeur agrégé de Sciences Économiques, Docteur en Sciences Économiques et Diplômé de l'Institut d'Études Politiques. Il est Professeur à l'Université Montpellier 1, Doyen Honoraire de la Faculté des Sciences Économiques (Doyen de 1994 à 2004) et Directeur du Centre de Recherche en Économie et Droit de l'Énergie (CREDEN). Auparavant, il a été Doyen de la Faculté des Sciences Économiques de Grenoble et Directeur de l'Institut d'Économie et de Politique de l'Énergie (IEPE, Université de Grenoble). Il est membre de plusieurs conseils scientifiques, co-responsable du Réseau francophone MONDER (Mondialisation, Énergie, Environnement) et a effectué de nombreuses missions de formation et d'expertise pour le compte de la Banque mondiale, de l'IEPF, du CIFOPE, de la Commission Européenne. Il est auteur de plusieurs ouvrages et de nombreux articles publiés en français, anglais et espagnol.

 jacques.percebois@univ-montp1.fr

méthodologiques lorsqu'on s'intéresse à de telles externalités, avant d'appréhender de façon concrète le cas de certaines externalités négatives puis celui d'externalités positives.

Les difficultés de mesurer certaines externalités

Avec le risque climatique ou la gestion des déchets nucléaires, trois dimensions nouvelles doivent être introduites dans le calcul économique :

- *le caractère mondial du risque.* Le problème est d'emblée planétaire et la solution doit donc procéder d'une volonté internationale de coopérer. On se heurte là à des comportements de « *free riding* », certains opérateurs (firmes ou États) cherchant à profiter de l'action réparatrice des autres sans en payer le prix ;
- *le caractère quasi irréversible de certains effets observés.* D'emblée, le problème concerne le très long terme, implique les générations futures et certaines conséquences seront irrémédiablement acquises. L'épuisement d'une ressource non renouvelable, la disparition de certaines espèces, la dégradation de certains sites seront irréversibles, du moins à l'échelle humaine ;
- *l'ampleur des incertitudes mises en jeu.* L'état de la connaissance scientifique ne permet pas toujours d'apprécier aujourd'hui la nature des risques encourus et *a fortiori* d'en mesurer l'impact. D'où la nécessité de bien dissocier le risque contre lequel il est possible de se couvrir, via un système d'assurance, de l'incertitude majeure face à laquelle le décideur est désarmé car il lui faut alors agir en information totalement imparfaite et non probabilisable. L'introduction d'une « valeur d'option », c'est-à-dire d'une disponibilité à payer pour maintenir ouverte une option, permet ainsi d'attendre que davantage d'informations soient disponibles pour prendre une décision éclairée. En ce sens, c'est l'application du principe de précaution qui introduit un facteur de flexibilité dans les choix collectifs, afin de ne pas rendre irréversibles certaines décisions que l'on pourrait ensuite regretter. On peut aussi introduire une « valeur d'existence » si l'on est prêt à payer pour éviter la disparition de certains éléments du patrimoine mondial, quand bien même l'usage de ces éléments serait hautement improbable.

La grande difficulté, c'est de mesurer et valoriser ces externalités dont la dimension est souvent qualitative. En l'absence de prix de marché, on peut recourir à des « prix hédonistes » ou à l'évaluation contingente. Cette méthode procède par interrogation et enquêtes auprès des agents économiques pour déterminer le montant maximal que les individus sont prêts à payer pour bénéficier d'une amélioration environnementale ou ne pas supporter une détérioration supplémentaire de la qualité de l'environnement.

Une autre difficulté réside dans le choix du taux d'actualisation. Il est économiquement justifié de « dévaloriser » le futur en introduisant un prix du temps mais cela pose un problème dès que l'on raisonne sur le très long terme. Le taux d'actualisation doit tenir compte de deux effets : un « effet d'impatience » qui traduit la préférence pour le présent de tous les agents économiques et un « effet de richesse » qui tient au fait que les générations futures seront plus riches et mieux informées que les générations présentes. Il n'y a donc aucune raison de sacrifier la génération actuelle au profit du bien-être de la génération future mais, dans le même temps, il faut se préoccuper de faire prévaloir un « développement durable ou soutenable », ce qui revient à ne pas compromettre le bien-être des générations futures par des actions présentes. En pratique, on retient souvent un taux d'actualisation dégressif avec le temps. Le Rapport Lebègue (2006) a par exemple proposé au gouvernement français de retenir un taux de 4% en monnaie constante sur les 30 premières années puis d'abaisser ce taux à 2% au-delà pour les choix publics qui impliquent le long terme.

Le cas des externalités négatives

La consommation d'énergie est à l'origine de nombreuses externalités négatives, que ce soit au niveau local (pollution automobile dans les villes) ou au niveau mondial (effet de serre et notamment émissions de dioxyde de carbone). L'objectif de l'État n'est pas de supprimer totalement la pollution provoquée par ces activités car le coût de dépollution serait exorbitant par rapport aux avantages obtenus. L'objectif est d'atteindre le niveau de pollution tel que le coût marginal supporté par les pollués du fait de la pollution soit égal au coût marginal supporté par les pollueurs du fait de leurs efforts de dépollution. Il existe donc une pollution résiduelle « optimale » du point de vue collectif. Pour atteindre

ce niveau « optimal », la puissance publique dispose de trois instruments principaux :

1. *La fixation de normes.* L'État fixe des normes de pollution ou de rejets à ne pas dépasser. Cela suppose bien sûr qu'il soit en mesure de connaître les impacts de la pollution pour fixer le niveau optimal à respecter, au vu des coûts supportés respectivement par les pollués et les pollueurs. Ce système a le mérite de la transparence et il est équitable en ce sens que tous les agents économiques sont soumis à la même règle du jeu. Ce système présente néanmoins deux inconvénients majeurs : il n'y a aucune incitation pour les agents économiques à être plus efficaces que la norme et il faut en outre s'assurer que les normes sont respectées. Il y a donc un coût de contrôle qui est souvent élevé. On peut penser aussi que l'État va subir des pressions de la part de certains agents, soit pour renforcer les normes au-delà de l'optimum, soit pour les assouplir en deçà.

2. *Le recours à la taxation.* L'État, conformément à la théorie de Pigou, fixe une taxe par unité de polluant déversé et le montant de la taxe doit correspondre à la différence entre le coût marginal social et le coût marginal privé. C'est le cas en France, par exemple, avec la TGAP, taxe générale sur les activités polluantes. L'intérêt du producteur-pollueur est alors de réduire sa pollution jusqu'à ce que le coût marginal de dépollution soit égal à la taxe à acquitter. Si tel n'était pas le cas, il supporterait un manque à gagner puisque la taxe est alors supérieure au coût marginal de dépollution. Mais le pollueur n'a pas intérêt à aller au-delà de ce niveau optimal de dépollution puisque le coût marginal de dépollution serait alors supérieur à la taxe. Il a intérêt à acquitter la taxe. On obtient le même résultat d'allocation optimale des ressources en allouant une subvention aux pollueurs pour qu'ils réduisent leur pollution. Ne pas réduire sa pollution, c'est renoncer à une subvention qui est supérieure au coût de dépollution. La réduire au-delà du seuil optimal, c'est supporter un coût marginal de dépollution supérieur à la subvention reçue. La différence entre la taxe et la subvention ne réside pas dans l'efficacité du système mais tient au fait qu'avec la taxe, on applique le principe du « pollueur-payeur », ce qui revient à considérer implicitement que l'environnement est propriété des pollués. Avec la subvention, c'est le principe du « pollué-payeur », ce qui revient à dire que les pollués doivent payer pour obtenir un environnement plus propre. En d'autres termes, la propriété de l'environnement est implicitement accordée aux pollueurs. Notons

que le système de taxation présente l'avantage de fournir des recettes à l'État, recettes qu'il peut ensuite par exemple affecter à l'amélioration de l'environnement. Mais la taxation présente aussi des inconvénients, notamment du fait de la distorsion des prix relatifs qu'elle implique. Elle peut aussi être génératrice d'effets redistributifs non souhaités et surtout elle donne lieu à une « perte sociale nette » du fait de la « règle d'Harberger » : le surplus récupéré par la collectivité est inférieur au surplus perdu par les consommateurs du produit polluant.

3. *Le recours à un marché de permis d'émission.* L'État fixe pour chaque pollueur potentiel un niveau donné de pollution à ne pas dépasser. Ce quota de pollution peut être attribué gratuitement ou non. En général, il est attribué gratuitement selon la règle dite du « grand-père » pour ce qui est des permis de CO₂. L'Union européenne a fixé des quotas d'émissions de CO₂ par pays et chaque pays répartit ensuite ses quotas entre les industriels concernés dans le cadre du PNAQ (Plan National d'Attribution des Quotas). Les pollueurs peuvent vendre une partie de leurs permis sur un marché du CO₂ dans le cas où leur activité de pollution serait moindre que le montant des quotas alloués. Dans le cas contraire, s'ils polluent au-delà du quota attribué pour la période, il leur faudra acheter des permis supplémentaires sur le marché du CO₂. Le prix de la tonne de CO₂ est alors déterminé par la loi de l'offre et de la demande. Dans certains cas, les permis non utilisés peuvent être reportés à la période suivante (*banking*) ; dans d'autres cas, on peut en emprunter sur son quota futur (*borrowing*). Ce système est *a priori* très incitatif puisque les pollueurs qui font des efforts importants de dépollution seront récompensés grâce à la vente d'une partie de leurs quotas. Ce système permet aussi à des associations de « pollués » d'acquérir sur le marché une partie des quotas disponibles, dans le seul souci de renchérir le prix de la tonne de CO₂, ceci afin d'inciter les pollueurs à réduire leur pollution. La mise en place d'un tel marché qui applique les thèses développées par Coase et Dales suppose néanmoins que plusieurs conditions soient simultanément réunies. Tous les agents concernés par la pollution doivent pouvoir participer à l'échange, ce qui n'est pas le cas puisque les générations futures sont absentes de l'échange. Il s'agit donc d'un marché incomplet. Tous les agents doivent en outre être parfaitement informés des conditions de l'échange. L'État doit en outre s'assurer qu'il n'y a pas de pollution sans droits et il

doit fixer une pénalité (non libératoire) si tel était le cas. Il faut aussi que le marché soit suffisamment liquide pour éviter les stratégies de manipulation visant par exemple à faire monter le prix des permis. La forte volatilité des prix des permis est également un inconvénient pour les agents économiques et il leur faut alors recourir à des produits financiers dérivés pour se couvrir contre cette volatilité. Les marchés européens du CO₂ ont montré à la fois leur efficacité et leurs limites mais la tendance est aujourd'hui à privilégier ces marchés de permis par rapport au système traditionnel de taxation.

Le cas des externalités positives

La promotion des énergies renouvelables peut être considérée comme une façon de faire bénéficier la collectivité d'externalités positives puisqu'il s'agit d'énergies qui ne génèrent ni augmentation de l'effet de serre ni nécessité de stocker des déchets à long terme. Il peut donc être collectivement optimal de favoriser de telles énergies *a priori* plus coûteuses que les énergies traditionnelles polluantes. Plusieurs instruments sont aujourd'hui utilisés pour permettre à l'électricité verte d'atteindre par exemple le seuil ambitieux retenu par la Commission européenne à l'horizon 2020 (20% du bilan primaire satisfait par ces énergies renouvelables au sein de l'Union européenne).

Le recours à des prix de rachat rémunérateurs garantis

L'État oblige les fournisseurs d'électricité à racheter l'électricité verte à un prix sensiblement supérieur au prix de l'électricité traditionnelle. Le surcoût est généralement à la charge du consommateur. C'est le cas en France avec la CSPE (Contribution au service public de l'électricité), qui est payée par chaque consommateur au prorata de sa consommation d'électricité, et dont le montant a vocation de financer le surcoût lié au rachat de l'électricité verte. Ce système, utilisé dans la plupart des pays européens pour l'éolien et le photovoltaïque, est très incitatif mais il présente aussi certains inconvénients. On ne connaît pas *a priori* la quantité d'électricité verte qui sera mise sur le marché. Ce prix de rachat garanti sur plusieurs années (15 ans généralement) couvre certes le surcoût lié à la production de cette électricité mais il fournit aussi une rente différentielle aux producteurs d'électricité verte dont le coût marginal de production reste inférieur au prix-limite de rachat

du kWh d'électricité verte. Tous les producteurs d'électricité verte bénéficient du même prix de rachat et certains, dont les coûts de production sont bas par rapport aux producteurs marginaux, bénéficient du coup d'un « effet d'aubaine » (*windfall profits*). C'est en outre un système coûteux pour le consommateur final car les prix de rachat, pour être incitatifs, doivent être sensiblement plus élevés que les prix de marché.

Le recours à un système de quota global avec enchères

L'État fixe cette fois un quota d'électricité verte à atteindre au niveau collectif et il met aux enchères la production de cette électricité. Les producteurs potentiels font des offres en fonction de leurs coûts marginaux et l'État retient ceux qui ont fait l'offre la moins coûteuse jusqu'à concurrence de la quantité souhaitée au niveau collectif. C'est la logique du « *merit order* ». L'État peut opter pour le système des enchères au « prix-limite » (enchères dites à la française), ce qui revient à accorder le même prix de rachat à tous les producteurs retenus. Dans ce cas, la rente différentielle mentionnée précédemment existe toujours pour les producteurs les plus efficaces. Il peut en revanche opter pour le système des « enchères discriminatoires » (enchères dites à la hollandaise), ce qui revient à racheter à chaque producteur d'électricité au prix demandé par chacun de ces producteurs. Il y a dans ce cas discrimination par les prix puisque les producteurs retenus reçoivent le prix qu'ils ont proposé. Le producteur qui, lors d'une soumission, propose un prix élevé bénéficie d'une recette importante mais il réduit la probabilité d'être retenu. Le producteur qui propose un prix bas accroît cette probabilité mais en cas de succès son revenu sera modeste. Un tel système incite donc théoriquement les producteurs à révéler leurs vraies préférences et à proposer des prix alignés sur leurs coûts marginaux. Mais en pratique, les producteurs anticipent la « malédiction du vainqueur » et ils auront donc tendance à revoir à la hausse leur offre, ce qui réduit certes la probabilité d'être retenu mais accroît les recettes en cas de succès. Comme tous les producteurs anticipent cette malédiction, ils ont tous tendance à réviser leurs prix à la hausse, ce qui est coûteux pour la collectivité. Notons que les producteurs peuvent aussi avoir tendance à s'entendre (collusion explicite ou tacite) pour proposer des prix communs supérieurs aux coûts marginaux.

Le système des certificats verts

L'État impose à chaque fournisseur de vendre un minimum d'électricité verte (quota proportionnel aux ventes totales en général). Ce fournisseur peut respecter cette contrainte de trois façons :

- en produisant lui-même l'électricité verte nécessaire ;
- en achetant cette électricité à un autre producteur, généralement plus performant que lui dans ce domaine ;
- en acquérant des certificats verts sur le marché au prorata de la quantité souhaitée, ces certificats ayant été remis à des producteurs qui, sans y être obligés, ont produit de l'électricité verte parce que leurs coûts de production étaient bas.

Ce système a le mérite d'inciter les producteurs les plus performants, c'est-à-dire ceux dont les coûts de production sont les plus bas, à produire l'électricité verte dont la collectivité a besoin et du coup les fournisseurs soumis à une obligation minimale de vente seront incités à acquérir les certificats délivrés par la puissance publique. Bien sûr l'État doit vérifier que ces certificats correspondent à une quantité physique réelle et il doit organiser le marché de telle façon qu'il n'y ait pas de manipulation de prix. Ce système doit en théorie permettre une allocation optimale des ressources puisque ce sont les producteurs les plus

efficaces qui fourniront l'électricité verte. C'est un système souple que certains pays européens (dont l'Angleterre) appliquent déjà pour l'éolien.

Les politiques énergétiques cherchent à atteindre trois objectifs pas toujours compatibles *a priori* : des prix de l'énergie bas pour permettre aux entreprises d'être compétitives, une certaine sécurité des approvisionnements pour un produit qui demeure stratégique, la recherche d'un développement durable visant à préserver l'environnement. Des prix de marché efficaces sont des prix qui intègrent tous les coûts, y compris les coûts sociaux, qu'il s'agisse des coûts environnementaux ou des coûts de défaillance. La dégradation de l'environnement a un coût pour la génération présente et/ou la génération future. La rupture des approvisionnements énergétiques a elle aussi un coût social (coût dit de défaillance). Le rôle de l'État est de faire en sorte que ces deux catégories de coûts soient prises en compte dans le prix payé par le consommateur final.

L'externalité constitue une défaillance du marché et le rôle de la puissance publique est de l'internaliser. Elle peut pour cela utiliser des mécanismes de marché, c'est-à-dire créer artificiellement un marché de permis. En pratique, l'État aura tendance à utiliser conjointement le système des normes, celui de la taxation et celui des marchés de droits. Selon les époques et selon les pays, c'est le dosage entre ces trois outils qui varie. ❀

Indicateurs d'évaluation de la viabilité des politiques énergétiques

Proposés par l'Observatoire de la viabilité énergétique (*Sustainable Energy Watch*), au sein de sa méthodologie d'évaluation des impacts des politiques énergétiques

Indicateurs de viabilité environnementale

Indicateur 1 : Émissions de CO₂ du secteur énergétique par habitant

Indicateur 2 : Polluant(s) local (locaux) le(s) plus important(s) lié(s) à l'énergie

Indicateurs de viabilité sociale

Indicateur 3 : Ménages ayant accès à l'électricité, que ce soit par raccordement au réseau de distribution ou grâce à un système autonome

Indicateur 4 : Investissements dans les énergies propres (estimation de la situation de l'emploi)

Indicateurs de viabilité économique

Indicateur 5 : Sécurité énergétique et avantages des échanges énergétiques

Indicateur 6 : Poids des investissements publics dans l'énergie

Indicateurs de viabilité technologique

Indicateur 7 : Productivité énergétique

Indicateur 8 : Déploiement des énergies renouvelables

Source : HELIO International <http://www.helio-international.org/index.cfm>

Voir aussi : Fiche technique de PRISME http://www.iepf.org/docs/prisme/INDICs_VIABILITE_POLITs_ENERGs.pdf

Le mécanisme des certificats blancs Un catalyseur pour le développement du marché de l'efficacité énergétique

Face aux menaces du changement climatique et aux futures difficultés d'approvisionnement énergétique, les politiques d'efficacité énergétique se renforcent dans le monde entier. La Directive Européenne relative « à l'efficacité énergétique dans les utilisations finales et aux services énergétiques » établit pour chacun des États membres un objectif d'économies d'énergie de 9 % en 9 ans. En France, la « Loi de Programme et d'Orientation sur la Politique Énergétique » votée en juillet 2005 se fixe comme objectif de réduire l'intensité énergétique finale pour atteindre une diminution annuelle de 2 % d'ici 2015, contre 0,8 % par an en moyenne sur les vingt dernières années. Cette loi vise également une réduction d'un facteur 4 à l'horizon 2050 de ses émissions de gaz carbonique.

Ce volontarisme politique est motivé par la conviction, fondée sur la base d'études d'experts, qu'environ 20 % des consommations finales d'énergie peuvent être économisées avec un bénéfice économique et social pour la collectivité. L'objectif prioritaire des politiques publiques est alors de lever les barrières qui s'opposent à la réalisation de ces économies. Parmi les différents outils de politique d'efficacité énergétique, les mécanismes de certificats blancs, encore dénommés certificats d'économie d'énergie, ont été récemment mis en place dans certains pays européens, dont la France, et présentent certains avantages et inconvénients que nous nous proposons de discuter ici.

Description des dispositifs de certificats blancs existants

Un principe commun mais des conditions d'application variables suivant les pays

Il a été constaté que les instruments classiques de politique de maîtrise de l'énergie tels que réglementations, labels, subventions ou taxes ne permettent pas d'exploiter l'ensemble des gisements d'efficacité énergétique. Les nouveaux dispositifs de certificats blancs ont pour objectif de capter ces gisements d'économies non encore exploités.

Selon ce type de mécanisme, les fournisseurs ou distributeurs d'énergie sont dans l'obligation de recueillir, à une échéance donnée, une quantité définie de certificats,



Paul BAUDRY

Paul BAUDRY est Ingénieur et Docteur de l'Institut National Polytechnique de Grenoble (1989), spécialité Electrochimie. Il est Ingénieur senior à la Direction Recherche et Développement d'EDF, responsable de la coordination des programmes relatifs à l'efficacité énergétique.



obtenus soit en réalisant eux-mêmes des actions d'économies d'énergie chez les consommateurs d'énergie, soit dans certains cas en les achetant à des tiers qui les auront recueillis directement auprès de ces consommateurs.

Quatre éléments principaux composent un mécanisme de certificats d'économie d'énergie :

- **le certificat**, qui est l'unité de compte d'économie d'énergie (par exemple 1 kWh d'énergie finale économisée, dans le dispositif français) ;
- **des obligations** d'économies d'énergie, dont le montant est défini par les pouvoirs publics pour une période donnée, et qui sont imposées à des personnes morales « soumises à obligation » (fournisseurs d'énergie dans les dispositifs français et britannique, distributeurs d'électricité et de gaz dans le système italien). Ces obligations déterminent la demande de certificats d'économie d'énergie ;
- **des actions éligibles**, mesures donnant droit à un certain nombre de certificats en fonction de l'ampleur des économies d'énergie réalisées, et le **système comptable** associé permettant de les convertir en certificats. Ces actions éligibles, ainsi que les acteurs qui les mettent en œuvre, constituent l'offre de certificats ;

- **l'organisation du mécanisme** d'enregistrement et éventuellement d'échange des certificats. Dans le cas où les certificats sont échangeables (France, Italie), le dispositif mis en place doit permettre à un acteur « obligé » de profiter des opportunités à moindre coût qu'un acteur « éligible » peut mener à bien, et inversement à un acteur éligible de vendre les certificats qu'il aura obtenus.

Si les différents mécanismes de certificats blancs en Europe s'inspirent d'un principe commun, les modalités d'application peuvent varier fortement d'un pays à l'autre. Et dans les faits, les systèmes mis en place en Grande-Bretagne, en Italie et en France comportent des différences, dont certaines sont assez fondamentales. Le tableau ci-dessous illustre ces différences en présentant une comparaison de certaines dispositions des mécanismes mis en place dans ces trois pays.

Un mécanisme d'obligations d'économies d'énergie, avec ou sans marché

Les dispositifs de certificats blancs sont généralement classés dans la catégorie des instruments de marché, notamment par analogie avec les mécanismes de permis d'émissions négociables de CO₂ et avec

Principales conditions d'application des mécanismes de certificats blancs en France, Grande-Bretagne, et Italie

	France	Grande-Bretagne	Italie
Unité de compte du certificat	Énergie finale économisée Économies cumulées sur la durée de vie des mesures et actualisées à 4 %	Énergie standardisée en fonction du contenu en carbone Économies cumulées sur la durée de vie des mesures et actualisées à 6 % (EEC1) et 3,5 % (EEC2)	Énergie primaire économisée Économies sur 5 ans, non actualisées
Acteurs soumis aux obligations	Fournisseurs d'énergie (électricité, gaz, fioul, GPL, chaleur)	Fournisseurs d'électricité et de gaz	Distributeurs d'électricité et de gaz
Répartition des obligations	Au prorata des ventes dans les secteurs résidentiel et tertiaire Seuil à 400 GWh/an	Au prorata du nombre de clients domestiques Seuil à 15 000 clients (EEC1), puis 50 000 clients (EEC2)	Au prorata des parts de marché Seuil à 100 000 clients
Acteurs éligibles aux certificats blancs	Tout type d'acteur économique	Uniquement les obligés	Obligés + acteurs déclarés en tant qu'ESCO
Secteurs éligibles	Tous les secteurs de consommation de l'énergie	Secteur résidentiel	Tous les secteurs de consommation de l'énergie
Additionnalité	Additionnalité différenciée entre obligés et non obligés	Conditions négociées entre le DEFRA et les obligés	Défini par la référence
Recouvrement des coûts par les obligés	Théoriquement pris en compte dans la révision des tarifs régulés de vente de l'énergie (n% de la vente d'énergie en France)	Politique de prix des fournisseurs d'énergie (marché entièrement dérégulé)	Versement de 100 €tep économisée (2,2 c€/kWh d'énergie finale) en échange de la remise des certificats correspondants
Échange de certificats	Échangeables Épargne possible	Échangeables uniquement de gré à gré entre obligés (pas de marché)	Échangeables Organisation d'un marché

les marchés de certificats verts relatifs aux énergies renouvelables. Pourtant, comme cela a été présenté ci-dessus, la base du mécanisme est la satisfaction d'une obligation d'économie d'énergie adressée à des fournisseurs ou distributeurs d'énergie, mais la mise en place d'un marché permettant d'échanger des certificats n'est qu'une option qui vient en appui à l'objectif principal.

L'opportunité d'harmoniser les différents systèmes de certificats blancs en Europe et de créer un marché d'échanges européen fait actuellement l'objet d'études et de débats au niveau de la Commission Européenne. L'établissement d'un tel marché nécessite un niveau élevé d'harmonisation des systèmes afin d'éviter des effets de distorsion associés par exemple à des différences de comptabilité des économies d'énergie ou à des conditions d'éligibilité des actions différentes suivant les pays. Par ailleurs, un marché de certificats blancs comporterait des externalités provenant des bénéfices locaux d'actions d'économies d'énergie, non traduites dans le prix du certificat.

Caractérisation du mécanisme et conditions d'efficacité

La mesure des économies d'énergie : condition indispensable au développement du marché de l'efficacité énergétique

Contrairement à la fourniture d'énergie elle-même pour laquelle les compteurs permettent de déterminer les quantités exactes d'énergie consommée, il n'existe pas d'objet matériel mesurant les économies d'énergie réalisées. Pourtant, cette mesure est une condition indispensable à la valorisation économique des économies d'énergie.

Pour parvenir à comptabiliser les économies réalisées par la vente d'un équipement performant ou par l'intervention sur un équipement existant, on procède de façon relative en comparant l'énergie consommée après la réalisation de l'action d'économie d'énergie à celle qui était consommée avant cette intervention. Cette comparaison peut être effectuée par estimation en fonction de la performance énergétique de l'équipement installé. On parle alors d'évaluation « *ex-ante* » des économies réalisées. Une autre méthode, plus précise en principe mais difficile

à mettre en œuvre en pratique et plus coûteuse, consiste à relever les consommations énergétiques après la réalisation de l'action d'économie d'énergie et à la comparer avec la consommation antérieure. Cette méthode est appelée évaluation « *ex-post* ».

Lorsqu'une mesure d'efficacité énergétique est mise en place à un niveau centralisé, par exemple par les pouvoirs publics, l'évaluation de l'impact des économies peut être réalisée à un niveau agrégé à l'aide d'indicateurs statistiques correspondant à cette mesure. Cette évaluation globale est de type descendante. Inversement, l'évaluation peut s'effectuer par une comptabilisation individuelle de chaque action réalisée, puis par agrégation de l'ensemble des actions. Il s'agit dans ce cas d'une évaluation de type ascendant.

La méthode d'évaluation : un compromis entre simplicité et précision

Le mécanisme de certificats blancs entre dans la catégorie des mécanismes de type ascendant puisque chaque certificat valorise une action d'économie d'énergie bien identifiée. L'évaluation s'effectue *ex ante*, sur la base d'une estimation des économies qui seront réalisées sur la durée de vie des actions mises en place. Cette méthode permet de délivrer en une seule fois l'ensemble des certificats correspondant à une action d'économie d'énergie.

Mais même avec une méthode « *ex-ante* », si les mesures, d'une part, de la situation énergétique de référence et, d'autre part, de la situation énergétique résultant de l'investissement réalisé sont établies individuellement pour chaque action, les coûts de transaction peuvent demeurer trop élevés. En effet, sur des sites de relativement faible consommation énergétique, par exemple dans les secteurs du résidentiel, des professionnels ou des PME, les moyens à mettre en œuvre pour une description énergétique détaillée sont généralement trop coûteux par rapport aux économies réalisables. Aussi, pour permettre le traitement des gisements d'économies d'énergie sur ces marchés, un système de fiches standardisées indiquant des valeurs forfaitaires d'économies d'énergie pour chaque action élémentaire a été défini. Il permet de réduire de façon importante ces coûts de transaction, au prix d'une moindre précision sur la valeur des économies réellement réalisées.

Lorsque les économies d'énergie sur une opération donnée sont suffisamment élevées pour justifier économiquement l'engagement d'un audit énergétique, le dispositif français de certificats d'économie d'énergie a prévu un mécanisme de validation spécifique. La présence de cette disposition autorisant les opérations «sur mesure» est indispensable pour toutes les actions quelque peu complexes, particulièrement dans les secteurs de l'industrie et du tertiaire, en incluant le patrimoine des collectivités locales.

La présence des deux méthodes d'évaluation prévues dans le dispositif – opérations standardisées ou sur mesure – répond à la nécessité de trouver le meilleur équilibre possible entre, d'une part, la simplicité qui augmente l'incertitude sur le niveau exact des résultats et, d'autre part, la précision qui accroît les coûts de transaction. Il est difficile, au stade actuel, de prévoir quelle sera la part des certificats obtenus par l'une ou l'autre des méthodes. Chercher à distordre *a priori* cet équilibre en favorisant l'une ou l'autre des méthodes conduirait inévitablement à s'éloigner de l'optimum et à tendre, soit vers trop d'erreurs, soit vers des coûts prohibitifs, limitant ainsi l'exploitation du potentiel d'économies d'énergie.

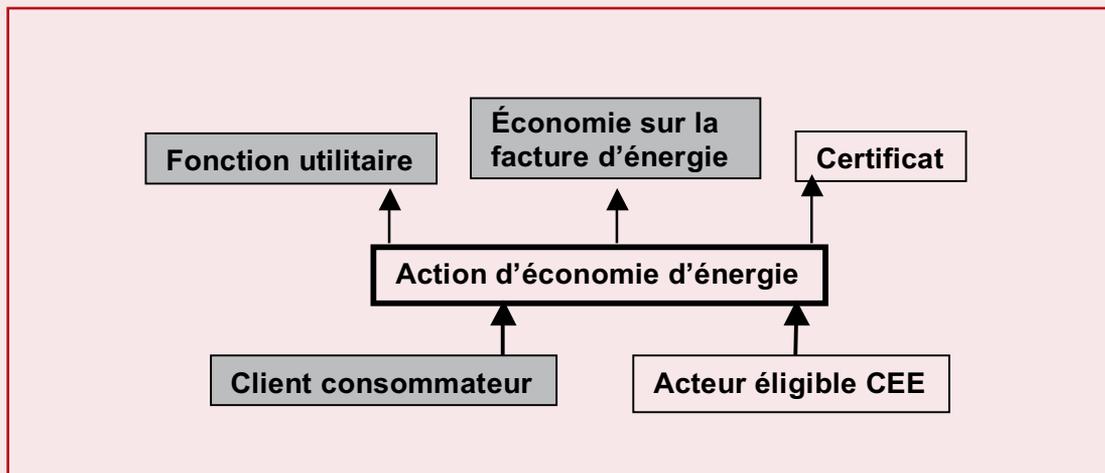
Le marché de l'efficacité énergétique est de nature hybride. Son équilibre offre/demande est particulier

Contrairement aux transactions commerciales habituelles pour lesquelles on attribue un prix à un bien ou un service défini, le marché de l'efficacité énergétique éligible au dispositif des certificats blancs présente des particularités qui rendent complexe l'allocation d'une valeur précise au certificat généré par une action d'économie d'énergie. En effet, pour une action donnée, plusieurs utilités sont produites simultanément: tout d'abord celle de l'équipement installé qui produit sa fonction première, relative par exemple à du confort dans le bâtiment ou à de la production dans le secteur industriel, puis seulement celle de l'économie d'énergie réalisée, calculée par rapport à la situation antérieure ou par rapport à un équipement de même type mais moins performant. Deux types d'acteurs différents participent au financement de l'action réalisée:

d'une part, le client bénéficiant de l'équipement et de l'économie et, d'autre part, l'acteur éligible aux CEE, dont le rôle moteur dans l'accomplissement de l'action d'économie d'énergie lui permet de devenir propriétaire du certificat.

Chercher à distordre *a priori* cet équilibre en favorisant l'une ou l'autre des méthodes conduirait inévitablement à s'éloigner de l'optimum et à tendre, soit vers trop d'erreurs, soit vers des coûts prohibitifs, limitant ainsi l'exploitation du potentiel d'économies d'énergie.

Allocations entre les coûts et les bénéfices des actions d'économie d'énergie



En considérant maintenant l'équilibre offre/demande, c'est-à-dire la rencontre entre l'offre d'un équipement produisant une économie d'énergie et la demande correspondante de cet équipement par les clients finaux, il résulte de la remarque précédente que, sauf dans certains cas où la fonction utilitaire reste inchangée, l'économie d'énergie seule ne suffit pas toujours à créer la demande. Le critère de temps de retour sur investissement rapporté aux seules économies ne peut alors plus être choisi comme facteur déterminant le déclenchement de l'achat. Cette particularité rend complexe la définition d'offres commerciales destinées justement à stimuler le marché des économies d'énergie.

Les bénéfices apportés par les dispositifs de certificats blancs

Un impact limité sur la réduction de la consommation globale d'énergie

L'impact du dispositif de certificats blancs en France sur la consommation d'énergie pour la première période d'obligation allant de juillet 2006 à juin 2009 correspond à une réduction d'environ 2,2 TWh de consommation finale annuelle, équivalant à 0,11% de la consommation française. Pourtant, l'obligation fixée par les pouvoirs publics aux obligés ne devrait pas être atteinte si facilement à l'issue de la première période, d'une part, du fait de la progressivité de transformation des marchés sur l'ensemble de la chaîne économique, d'autre part, en raison de coûts de transaction élevés du dispositif associés à la collecte, à la comptabilité et à l'enregistrement des certificats.

Une comptabilité des économies d'énergie se met en place

Comme cela a été décrit, la comptabilité des économies d'énergie est un facteur clé de l'émergence d'un marché de l'efficacité énergétique. Le dispositif des certificats blancs mis en place en France a mobilisé l'ensemble des acteurs parties prenantes de

ce marché qui sont déjà parvenus à faire émerger des valeurs d'économies d'énergie associées à plus de 70 opérations élémentaires. Ces évaluations, naturellement imparfaites puisque issues de moyennes nationales, seront progressivement enrichies du retour d'expérience qui ressortira des premières années de fonctionnement du dispositif.

Le mécanisme de certificats blancs : facteur de transformation des marchés

La mise en place du dispositif s'accompagne d'une implication grandissante des acteurs concernés réunissant les pouvoirs publics, les fournisseurs d'énergie et de services énergétiques, les collectivités locales, les acteurs de la filière bâtiment ainsi que les fabricants d'équipements performants. Une culture de l'efficacité énergétique émerge progressivement en réorientant les marchés concernés pour que l'efficacité énergétique des équipements devienne un facteur déterminant de la décision d'investissement. Cette transformation des marchés valorisant l'efficacité énergétique des produits pourrait ne pas reposer sur les offres de financement associées, mais rester adossée au principal critère structurant le marché, à savoir l'attractivité économique intrinsèque des produits commercialisés. La valeur des certificats participera à créer les conditions propices au développement du marché, grâce à la sensibilisation des consommateurs et au développement d'offres commerciales orientées vers l'efficacité énergétique. En cela, le mécanisme de certificat blancs agit comme un catalyseur du marché de l'efficacité énergétique. ✨

L'impact du dispositif de certificats blancs en France sur la consommation d'énergie pour la première période d'obligation allant de juillet 2006 à juin 2009 correspond à une réduction d'environ 2,2 TWh de consommation finale annuelle, équivalant à 0,11% de la consommation française.

Prix du carbone et choix énergétiques

L'entrée en vigueur du protocole de Kyoto en 2005 et le lancement du système européen des quotas de CO₂ ont marqué une étape importante dans la tarification du carbone. Un certain nombre d'acteurs ont commencé à intégrer le prix du carbone dans leurs décisions économiques, avec des conséquences encore limitées sur les choix énergétiques. L'économie mondiale n'en est qu'aux premiers stades de sa transition vers un régime plus sobre en carbone.



Christian de PERTHUIS

Christian de PERTHUIS est Professeur associé à l'Université Paris-Dauphine, Mission climat de la Caisse des dépôts.

Expérimentée avec succès aux États-Unis dans les années quatre-vingt-dix pour réduire les rejets de dioxyde de soufre par les centrales thermiques, la technique du marché des permis d'émission repose sur une idée simple : plutôt que de taxer une pollution pour lui donner un coût, on peut utiliser le marché pour tarifier ce coût. Pour ce faire, on fixe un plafond global à la pollution qu'on veut réduire, plafond qui est ensuite réparti entre les émetteurs. Chaque émetteur devra alors respecter sa contrainte, soit en réduisant physiquement ses rejets, soit en achetant des permis à d'autres acteurs qui auront été plus performants que lui. Ce qui confère une valeur économique à ce qui était initialement gratuit est donc la rareté qui apparaît grâce à la fixation *ex ante* d'objectifs quantitatifs de réduction. Ce que les Anglo-Saxons résumant par la formule : « *cap and trade* ».

Les ruptures introduites par le protocole de Kyoto

L'innovation majeure du protocole de Kyoto a été de transposer la logique *cap and trade* à l'échelle internationale en fixant des plafonds d'émission, non plus à des centrales électriques, mais à des pays qui s'engagent à réduire leurs émissions des six principaux gaz à effet de serre. La période d'engagement du protocole Kyoto couvre les années 2008 à 2012. Les engagements de réduction d'émission sont pris par rapport à une année de base qui est 1990 dans la majorité des cas. Ce dispositif concerne à l'heure actuelle l'ensemble des pays industrialisés et des pays en transition vers l'économie de marché à l'exception notable des États-Unis et de l'Australie qui ont signé le protocole mais ne l'ont jamais ratifié. Ils sont généralement dénommés « pays de l'annexe B » (leur liste est donnée dans l'annexe B du protocole).

Les pays engagés par le protocole recevront en 2008 les permis correspondant à leurs plafonds d'émission qu'ils pourront ensuite échanger entre eux. Les transferts de permis depuis les zones où les réductions d'émission sont les moins coûteuses vers celles où elles sont plus difficiles à obtenir permettront ainsi de réduire les



coûts. En matière de gaz à effet de serre, le lieu d'émission est en effet totalement indifférent : une tonne de CO₂ émise depuis la surface terrestre est rapidement délayée dans l'atmosphère pour y rester en moyenne plus de 100 ans et contribuer ainsi au réchauffement climatique. Au plan écologique, le gain apporté par la réduction d'une tonne d'émission est donc identique quel que soit l'endroit où elle est obtenue.

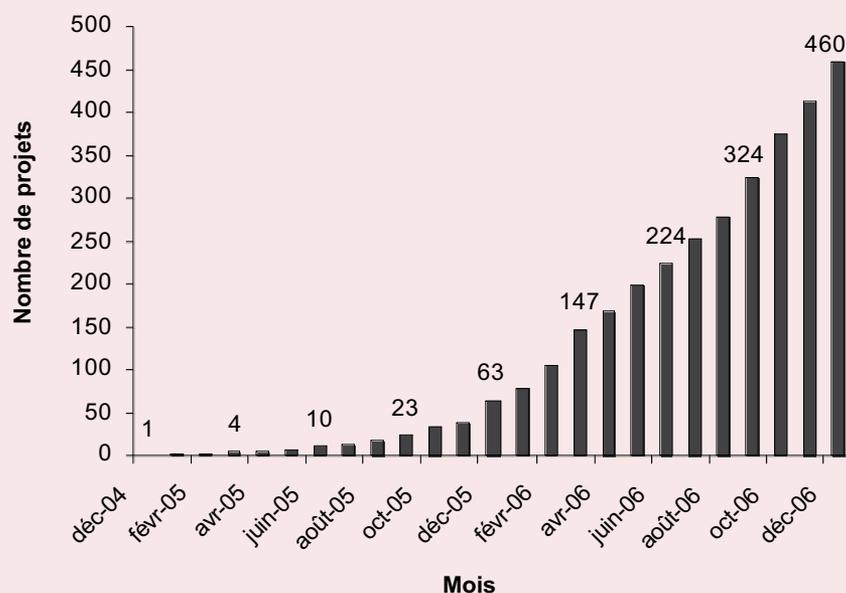
La deuxième innovation de Kyoto consiste à adosser au marché cœur des permis un deuxième pilier qui fonctionne suivant une logique de projets. Le «mécanisme de développement propre» (MDP) permet d'associer les pays en voie de développement qui n'ont pas pris d'engagement de réduction de leurs émissions. Il permet, sous certaines conditions, d'obtenir des crédits carbone en contrepartie de la réalisation d'investissements dans des projets réduisant des émissions dans des pays du Sud. Ces crédits sont ensuite négociables et peuvent en particulier être utilisés par les pays de l'annexe B pour leur propre conformité. Ils atténuent donc la contrainte pesant sur les pays ayant pris des engagements, en leur permettant de racheter des réductions moins coûteuses dans les pays du Sud.

Le mécanisme dit de «mise en œuvre conjointe» (MOC) fonctionne selon une philosophie voisine. Il a été formaté pour inciter au développement de projets dans les pays émergents d'Europe de l'Est où les coûts de réduction des émissions sont généralement sensiblement inférieurs à ceux des pays industrialisés.

La montée en régime du marché international des projets Kyoto

Si le marché des permis entre États ne fonctionne pas encore (il démarrera en 2008), celui des projets a pris une expansion rapide depuis 2002. Environ 6 à 8 milliards de dollars sont en train d'être investis dans des crédits carbone. Ce flux rémunérera des réductions d'émission de l'ordre de 1,2 milliard de tonnes d'équivalents CO₂ d'ici 2012 au titre des mécanismes projets du protocole de Kyoto. La Chine et l'Inde sont les deux pays les plus importants dans l'offre mondiale de crédits Kyoto. Ils sont suivis par le Brésil et la Corée. La Russie et certains pays d'Europe de l'Est vont prochainement accroître l'offre de crédits, mais l'Afrique subsaharienne, à l'exception de l'Afrique du Sud, reste marginalisée.

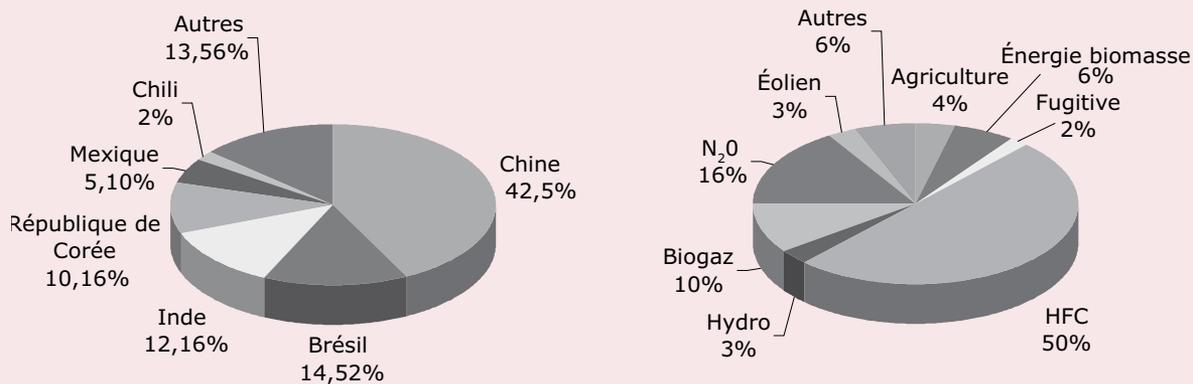
Figure 1 – Nombre de projets MDP enregistrés auprès des Nations Unies



Source : UNFCCC

À la fin de 2006, 460 projets CDM avaient été enregistrés auprès des Nations Unies et 980 étaient en cours d'instruction. Au total, cela représente un potentiel de réduction total des émissions de l'ordre de 1,5 milliard de tonnes d'équivalent CO₂ d'ici à 2012.

Figure 2 – Répartition des crédits MDP par pays et par type de projets (en volume)



Source: UNFCC

Du fait du poids des projets de réduction des gaz industriels (HFC et N₂O), la Chine, l'Inde, le Brésil et la Corée représentaient à la fin de 2006 près de 80% de l'offre mondiale de MDM. L'Afrique et les pays moins avancés n'ont pas tiré parti de ce nouveau mécanisme financier.

L'offre de crédit est d'abord portée par des investissements réduisant les émissions de gaz industriels (CFC ou N₂O) dans de grandes usines chimiques. De même, les projets de réduction de méthane dans les décharges ou les élevages intensifs ont démarré bien plus rapidement que les projets réduisant le CO₂ résultant de la production ou de l'utilisation d'énergie fossile. Un flux limité de crédits rémunérant des investissements dans des énergies renouvelables est néanmoins apparu (hydroélectrique en Amérique Latine et biomasse en Inde). Il y a en revanche très peu de projets dans l'efficacité énergétique et encore moins dans les transports.

Cette polarisation des crédits au titre du MDP sur des projets industriels de grande dimension et à faible effet d'entraînement sur l'économie locale doit faire réfléchir les responsables de la mise en œuvre de ce dispositif. Sa complexité et son mode de gestion parfois bureaucratique ou tatillon ont en effet dans la pratique exclu la grande majorité des porteurs de projets locaux au profit d'une poignée de grandes compagnies ou de sociétés de conseils spécialisées qui seules disposent de ressources nécessaires pour parvenir à faire enregistrer des projets. C'est le même phénomène qui a conduit à l'exclusion de fait du dispositif des pays d'Afrique subsaharienne et de la grande majorité des pays moins avancés. Il y a donc urgence à ouvrir le dispositif des projets MDP vers

tous ces acteurs en adaptant les procédures et en facilitant, grâce à l'aide publique au développement, l'émergence d'équipes compétentes dans les pays moins avancés.

Le marché international des crédits Kyoto constitue le premier pilier de la tarification du carbone à l'échelle internationale. Ce marché n'est pas organisé et connaît de multiples imperfections qui ont conduit des pays comme la Chine à sévèrement l'encadrer et le taxer pour éviter que la valeur des crédits générés sur son territoire n'aille enrichir les intermédiaires financiers. Les premières références de prix, difficiles à connaître, ont tarifé la tonne de CO₂ à moins de 5 dollars.

Le lancement du système européen des quotas en 2005 a totalement changé la donne en fournissant une nouvelle référence qui a tiré vers le haut les prix des crédits carbone sur le marché international : les prix du marché international de Kyoto s'établissent désormais en fonction du prix du quota européen de CO₂ avec une décote proportionnée aux risques. Les meilleurs crédits peuvent ainsi s'échanger jusqu'à 80% du prix européen, soit généralement plus de 15 euros la tonne. Le système européen d'échange de carbone est ainsi devenu l'épicentre de la tarification du carbone dans le monde. D'après les évaluations de la Banque mondiale, il a capté 83% des échanges mondiaux de carbone en 2006.

Le système européen des quotas, épice de la tarification du carbone

L'Union européenne a choisi de préparer l'échéance 2008-2012 par la mise en place d'un marché européen du CO₂ couvrant la période 2005-2007. Ce marché s'applique à 11 500 installations industrielles, représentant plus de 40% des émissions européennes de gaz à effet de serre. Il fonctionne sur une stricte logique de *cap and trade*: chacune de ces installations a

été dotée d'un quota d'émission qu'elle doit respecter année par année. Pour respecter sa conformité, une installation peut soit ramener ou maintenir ses émissions au niveau de son plafond, soit acheter des quotas à une autre installation qui serait parvenue à réduire les siennes en dessous de son plafond. Le secteur énergétique est de loin la première activité concernée par ce nouveau marché: il a reçu un peu plus de 60% des 2,2 milliards de quotas de CO₂ (chaque quota équivaut à une tonne) alloués sur la première période, la production électrique se taillant la part du lion avec un peu plus de 45%.

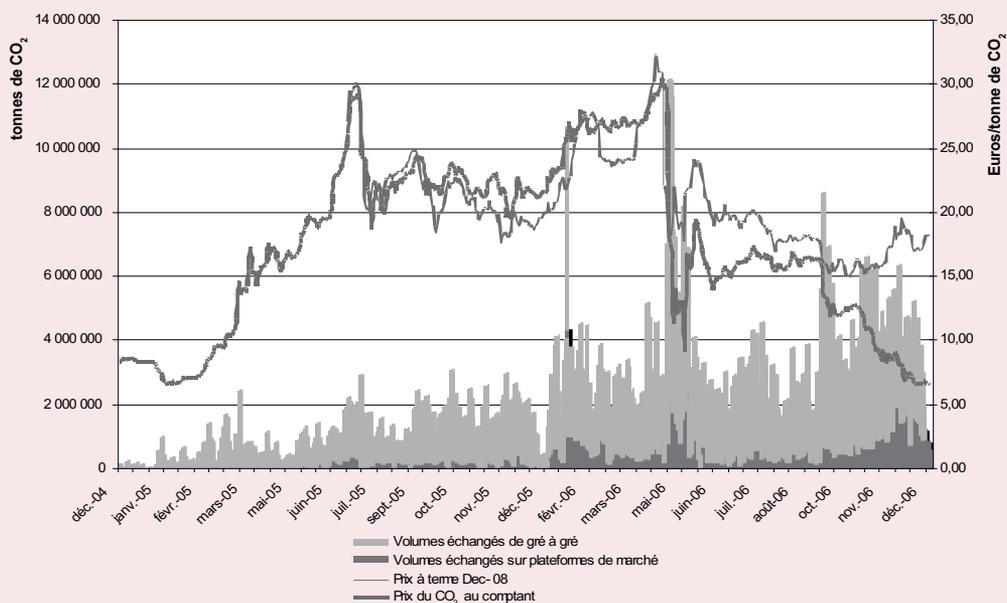
Figure 3 – Les transactions sur le marché européen du CO₂

	2005	2006
Volume des échanges (Mt CO₂)	262,5	817,9
Valeur des échanges (M €)	4 779	14 189
Part des échanges sur les places de marché	10%	30%
Taux de rotation (échanges/allocations)	12%	38%

Source: D'après *Tendances carbone*, bulletin mensuel édité par la Caisse des Dépôts et Powernext Carbon

Avec des échanges de 14 milliards d'euros en 2006, le marché européen du CO₂ a capté plus de 80% des échanges de carbone dans le monde.

Figure 4 – Prix et volumes sur le marché européen du CO₂



Source: Mission climat de la Caisse des Dépôts, Lettre n° 8, janvier 2007

En 2006, le prix du carbone au comptant a fortement reculé au second semestre alors que le prix du contrat de la deuxième période (échéance 2008) est demeuré supérieur à 15 euros, remontant même en fin d'année.

Les dotations de quotas ont en principe été étalonnées en fonction des engagements de réduction pris dans le cadre du protocole de Kyoto que l'Union européenne a répartis entre ses membres. Durant la période de lancement du marché, 2005-2007, seules les entreprises sont contraintes par des engagements de réduction. Mais la deuxième période de fonctionnement du marché européen du CO₂ (2008-2012) se superpose avec la période d'engagement du protocole de Kyoto. Le marché européen s'intégrera alors dans le dispositif plus large du protocole de Kyoto. Dans certaines limites, les industriels pourront y utiliser pour leur conformité les crédits tirés des mécanismes projets du protocole de Kyoto.

Les signaux envoyés par ce marché n'ont pas été conformes aux attentes des experts. Lors de son lancement, le prix de la tonne de CO₂ s'élevait à 7 euros. Il a dans un premier temps grimpé rapidement, sous l'impact de la demande des électriciens, pour se maintenir au-dessus de 20 euros la tonne. Au printemps 2006, le marché a intégré la première information complète sur les émissions réelles de 2005, ce qui a fait fortement reculer le prix. En fin d'année, le mouvement s'est amplifié, les compagnies électriques étant de moins en moins demandeuses de quotas du fait de conditions atmosphériques très favorables (automne et hiver très cléments et pluviométrie favorable à la production hydraulique) et des replis des prix du pétrole et du gaz. La glissade s'est poursuivie début 2007, le prix du carbone au comptant ayant franchi la barre de un euro en février.

Le point majeur a été sur cette période la déconnexion croissante entre prix de la première période et prix de la seconde période. Les décisions annoncées en fin d'année par la Commission de resserrer les quotas alloués à partir de 2008 aux industriels ont même permis de faire remonter le prix de la seconde période vers 20 euros en décembre. Or, c'est désormais ce prix qui guide les décisions des industriels européens et sert de référence pour les contrats permettant de valoriser les projets MDP.

Prix du CO₂ et perspectives du secteur énergétique

Un peu moins des deux tiers des émissions mondiales de gaz à effet de serre proviennent de l'utilisation de l'énergie, les deux premières sources étant la production de l'électricité et la combustion des carburants dans le transport automobile et aérien. Nous avons en effet assis l'opulence de nos sociétés sur un usage croissant des énergies fossiles qui représentent 80% des énergies primaires commercialisées dans le monde. Or, dans le cadre des technologies actuelles, l'usage du charbon, du pétrole ou du gaz naturel s'accompagne de rejets de CO₂ dans l'atmosphère.

Les bilans prospectifs en matière énergétique indiquent qu'il sera très difficile de sortir de cette dépendance à l'égard des fossiles, notamment du charbon qui est la source d'énergie la plus carbonée et dont il existe des réserves massives dans le monde, assez bien réparties et accessibles à des coûts généralement très compétitifs. La meilleure façon d'y parvenir sera sans doute de renforcer le système international de tarification du carbone.

Au prix de 20 euros la tonne de CO₂, référence observée sur le marché européen et utilisés par les grands opérateurs énergétiques, les choix énergétiques européens sont affectés, mais dans des

proportions encore très limitées. L'usage du charbon est renchéri ce qui renforce, toutes choses égales par ailleurs, la compétitivité du gaz dans la production électrique. Mais lorsqu'un choc gazier se produit, comme en 2005-2006, le prix du carbone n'est pas suffisant pour décourager l'utilisation du charbon. Le prix du carbone reste généralement insuffisant pour rentabiliser à lui seul le développement des énergies renouvelables. Suivant les règles qui seront demain décidées sur le traitement des nouveaux investissements, il pourra ou non renforcer la compétitivité du nucléaire en Europe.

Le signal prix du carbone va se renforcer en Europe entre 2008 et 2012, mais il ne permettra pas encore de modifier radicalement nos choix énergétiques en orientant systématiquement les investissements vers

Le signal prix du carbone va se renforcer en Europe entre 2008 et 2012, mais il ne permettra pas encore de modifier radicalement nos choix énergétiques en orientant systématiquement les investissements vers des technologies plus sobres en carbone.

des technologies plus sobres en carbone. Un point important sera son incidence sur le développement des techniques de capture et stockage géologique du carbone. Les règles institutionnelles actuelles ne permettent pas d'inciter au développement des technologies de séquestrations géologiques du carbone qui consistent à réinjecter le CO₂ dans le sous-sol pour le piéger. Ces règles vont cependant évoluer et il est probable que les marchés du carbone faciliteront dans le futur la diffusion de ces technologies susceptibles demain de rendre propre (ou moins sale) l'usage des fossiles.

Dans les pays en développement, les premières générations de projets CDM n'ont concerné que très marginalement le secteur énergétique. Mais plusieurs grands pays émergents, la Chine, l'Inde et le Brésil, réfléchissent à la façon de mieux utiliser le dispositif des CDM pour verdir leurs programmes d'investissement énergétique: valorisation de la biomasse en Inde, efficacité énergétique en Chine, hydroélectricité et biomasse au Brésil. Les prochaines générations de CDM pourraient ainsi avoir une plus grande influence sur le développement des infrastructures énergétiques des pays en développement, mais il faut pour cela que l'horizon s'éclaircisse sur les règles qui seront en vigueur après 2012.

Les enjeux du post-2012

Certains imaginent un retour à la gratuité du carbone après 2012. On peut totalement écarter cette perspective. L'Union européenne qui constitue aujourd'hui l'épicentre du marché international du carbone a construit un marché qui peut fonctionner à partir de 2013 en l'absence de tout accord international post-Kyoto. Quant aux États-Unis, la question n'est plus de savoir s'ils auront à cette échéance une contrainte carbone ou pas, mais seulement si celle-ci sera harmonisée au plan fédéral ou pas. Par ailleurs les marchés *cap and trade* du carbone en cours de constitution outre-Atlantique sont construits suivant des règles destinées à permettre demain leur connexion avec le dispositif européen.

Notre anticipation est donc que la contrainte imposée par les États sur les émissions de gaz à effet de serre sera plus forte à partir de 2013 et qu'elle ira croissante dans le temps. Demain, le prix du carbone sera donc un paramètre majeur pour nos choix de production et de consommation d'énergie. Les bonnes stratégies consistent donc à s'y préparer dès aujourd'hui. ❁



Les politiques de lutte contre le changement climatique : des effets positifs sur l'emploi en Europe et en France

Le changement climatique sera déterminant pour l'évolution de notre société et de notre économie. Des études récentes révèlent que la lutte contre ce bouleversement pourrait être fortement créatrice d'emploi. Malgré beaucoup d'incertitudes dans les méthodologies à employer et dans les estimations, cet article propose quelques éclairages et ordres de grandeur.

Investir dans les économies d'énergie et les énergies renouvelables n'est plus un luxe, cela devient une obligation. Les investissements en la matière participent aux engagements de lutte contre le changement climatique et à une utilisation raisonnée des ressources énergétiques, notamment les énergies fossiles dont les réserves se feront à un moment ou à un autre plus rares. Ces investissements sont guidés par leur rentabilité. Par exemple, un ménage qui a isolé les combles de sa maison en 1998 aura, en 2005, récupéré la totalité de son investissement grâce aux économies d'énergie, et réalisera une économie nette jusqu'en 2015, voire en 2020. À côté du dividende environnemental attendu, un autre dividende des investissements d'économie d'énergie et d'énergies renouvelables est souvent masqué : la création d'emploi. Parce qu'ils contiennent une part importante de main-d'œuvre, que ce soit initialement (l'isolation d'un logement, la production de biocarburants) ou en fonctionnement (réglage périodique d'une chaudière à gaz, exploitation d'une chaufferie bois), ces investissements sont riches en emplois, dont une bonne partie sont localisés dans le pays de consommation ou à proximité du lieu de consommation (les énergies renouvelables sont, par nature, locales et décentralisées).

Des effets sur l'emploi de différentes natures et qui touchent de nombreux secteurs

Les économistes distinguent les emplois directs – ceux de l'entreprise qui isole une maison, pour prendre cet exemple –, les emplois indirects – ceux de l'entreprise qui fabrique l'isolant –, et les emplois induits – ceux des entreprises qui fournissent les biens et les services consommés grâce aux revenus supplémentaires créés par les emplois directs et indirects. Nous prendrons trois illustrations, en nous cantonnant par précaution, mais en notre défaveur, à des évaluations en emplois directs.

Dans le domaine des transports, on s'accorde aujourd'hui à dire qu'en chiffres ronds, il faut 2 fois moins d'énergie et 2 fois plus d'emploi pour se déplacer en



Thomas GAUDIN
et Jean-Marie BOUCHEREAU

Thomas GAUDIN, ADEME, est Économiste au Service observation, économie, évaluation.

Jean-Marie BOUCHEREAU, ADEME, est Adjoint au Chef du Service observation, économie, évaluation.

jean-marie.bouchereau@ademe.fr
thomas.gaudin@ademe.fr

transports collectifs plutôt qu'en voiture individuelle. Il est vrai que les investissements en transports en communs sont coûteux, mais leurs avantages sont loin de se limiter à l'énergie et à l'emploi : la sécurité et la santé des habitants des villes en sont largement améliorées. Et les dépenses sociales en sont par là même diminuées.

L'isolation des logements anciens, construits en France avant l'instauration des normes thermiques en 1975, est également génératrice d'emplois. Plusieurs millions de logements sont concernés, pour lesquels une rénovation thermique bien conçue aboutirait à une division par 2 des consommations de chauffage. Réhabiliter 100 000 logements par an permettrait d'économiser annuellement 50 M€ de combustibles, d'améliorer sensiblement les nuisances sonores, de revaloriser le patrimoine... et de créer 20 000 emplois directs dans le bâtiment !

Dans le domaine des biocarburants, ce sont 20 000 à 30 000 emplois pérennes, à la fois dans l'agriculture et la fabrication industrielle, qui auront été créés lorsque la France aura atteint l'objectif européen de 2010, c'est-à-dire l'incorporation de biocarburants à hauteur de 5,75 % dans l'essence et le diesel. Les surfaces de cultures énergétiques auront alors passé de 0,3 million d'hectares – aujourd'hui – à 1,6 Mha en 2010.

Bien sûr, les investissements consentis dans la maîtrise de l'énergie se traduiront par des baisses de consommation d'énergie traditionnelles, c'est leur premier objet. Mais les emplois éventuellement perdus dans la production et la distribution de ces énergies seront faibles ; il s'agit d'industries d'équipements plutôt que de main-d'œuvre. On les évalue couramment très en dessous de 10 % des gains en emplois réalisés.

Un sujet crucial au niveau européen

Au niveau européen, la Confédération Européenne des Syndicats (CES) a initié, avec le soutien financier de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) une première étude d'envergure pour évaluer les impacts des politiques de lutte contre le changement climatique sur la création d'emploi dans les secteurs clés de l'économie et leur compétitivité. Elle s'inscrit par là même dans la

continuité de la stratégie de Lisbonne¹, en cherchant à concilier politique énergétique, croissance et emploi.

Les 20 et 21 février 2007, les représentants de la Confédération Européenne des Syndicats ont présenté les résultats de recherches sur les effets de la lutte contre l'effet de serre sur l'emploi et l'activité économique en Europe. L'étude a été financée par la Commission européenne, l'ADEME et des ministères européens en charge de l'environnement. Elle sera prochainement mise en ligne sur le site de la CES (www.etuc.org). Les travaux ont été pilotés par le cabinet de conseil Syndex.

Dans le cas d'une réduction de 30 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) à l'horizon de 2030, les secteurs les plus gourmands en énergie, comme la cimenterie ou la sidérurgie, subiraient des pertes de l'ordre de quelques dizaines de milliers d'emplois directs et indirects pour l'ensemble de l'Union des 25.

Mais globalement, les politiques de lutte contre le réchauffement climatique seront très largement créatrices d'emplois en Europe, aux dires de la CES, les pertes étant amplement compensées par la création de plusieurs centaines de milliers d'emplois dans d'autres secteurs de l'économie. L'étude estime à 12 %, 14 % et 30 % la croissance de l'emploi dans les branches de la production d'électricité, du logement et des transports, par rapport à un scénario tendanciel, sans politique de lutte contre le réchauffement climatique, grâce au développement des énergies renouvelables, des réseaux de transport en commun et à la rénovation du bâtiment.

Ainsi, dans le secteur de la production d'électricité et des équipementiers, plus de 50 000 emplois seraient créés par rapport à un scénario tendanciel prévoyant déjà une hausse de 150 000 emplois dans l'UE 25. Une augmentation de 2,5 millions d'emplois est attendue dans le secteur du logement. Concernant les transports, plus de 500 000 emplois seraient créés dans l'hypothèse d'une baisse de 10 % des émissions de GES liés à cette branche dans l'UE 25, d'ici 2030.

Mais les transferts d'emplois ne se font pas uniquement d'un secteur à l'autre. Par exemple, si 80 000 emplois sont objectivement menacés dans la

1. Le conseil européen de Lisbonne a fixé un objectif stratégique visant à faire de l'Union européenne « l'économie de la connaissance la plus compétitive et la plus dynamique du monde d'ici à 2010, capable d'une croissance économique durable accompagnée d'une amélioration quantitative et qualitative de l'emploi et d'une plus grande cohésion sociale ».

sidérurgie en Europe, la création de 50 000 autres est prévue dans ce même secteur, selon cette étude, grâce au développement de processus « bas carbone » qui confère un avantage compétitif.

Ces gisements d'emplois ne seront néanmoins accessibles qu'au prix d'efforts de formation permettant d'assurer la transition de l'offre de travail vers une économie à faible contenu en carbone.

La CES a ainsi démontré que la politique de lutte contre le changement climatique est créatrice de nombreux emplois en Europe.

Même si ces travaux doivent faire l'objet de compléments, afin notamment de mieux définir les scénarios européens et la nature des emplois créés, les chiffres qui en découlent indiquent que les effets des politiques de lutte contre le changement climatique pourraient en partie contrebalancer les impacts négatifs que le réchauffement du climat induirait en matière d'emploi.

Aux vues de ces résultats, la CES, principale confédération syndicale de l'Union, recommande d'adopter sans plus tarder une politique globale de réduction des émissions de gaz à effet de serre assortie de mesures plus précises, notamment en matière d'amélioration des normes en vigueur dans le secteur des transports, de rénovation des

logements, notamment sociaux, de fiscalité, de projets d'infrastructures et d'accompagnement des transitions sociales nécessaires.

Analyse par filière des gisements d'emplois (exemple de la France)

L'impact des politiques de lutte contre le changement climatique sur l'emploi, au niveau européen et français, reste assez méconnu. Toutefois, les résultats des premières estimations conduites par l'ADEME concernant les énergies renouvelables et les travaux d'efficacité énergétique chez les particuliers donnent des premiers ordres de grandeur qui confirment en les détaillant les évaluations conduites au niveau européen. Selon ces calculs, la France est, potentiellement, un important bassin d'emplois en matière de maîtrise de l'énergie.

Les effets des politiques de lutte contre le changement climatique pourraient en partie contrebalancer les impacts négatifs que le réchauffement du climat induirait en matière d'emploi.

Énergies renouvelables : création de plus de 75 000 emplois d'ici 2010

Le Syndicat des Énergies Renouvelables a récemment conduit une évaluation qui prévoit une création de plus de 75 000 emplois d'ici 2010 (voir tableau), dans l'hypothèse du respect d'objectifs sectoriels en matière de lutte contre le réchauffement climatique relativement ambitieux pour la France.

Estimation des impacts sectoriels à l'horizon 2010 dans le domaine des énergies renouvelables

France	Bois énergie	Biocarburants	Éolien	Biogaz	Solaire thermique	Photovoltaïque	Micro-hydraulique	Géothermie et Pompes à chaleur	Total
Emplois en 2004	25000	4200	2000	100	1000	1000	2400	3200	38900
Emplois en 2010	45000	20000	22000	2000	10500	3500	2400	10000	115400
Hypothèses sectorielles en 2010	5,5 millions de TEP supplémentaires pour le bois énergie	5,75 % de biocarburants à la vente	9500 MW installés dont 2000 en mer		3,6 millions de m ² de capteurs solaires thermiques installés	un million de m ² de capteurs solaires installés	Pas d'évolution	400000 installations géothermiques installées	

Nombre total d'emplois dans les énergies renouvelables en 2004 : 38 900

Nombre total d'emplois dans les énergies renouvelables en 2010 : 115 400

Nombre total d'emplois créés entre 2004 et 2010 : 76 500

Source : Syndicat des énergies renouvelables

Données en équivalent temps plein

Ces chiffres, examinés par l'ADEME à l'occasion de leur publication par le SER, semblent raisonnables. Concernant la filière bois-énergie, l'ADEME vient également d'achever une étude visant à en évaluer le nombre d'emplois (voir encadré).

Évaluation de l'emploi direct² et indirect³ lié à la filière bois, paille et autres biocombustibles pour les secteurs énergétiques domestique, industriel et collectif (production d'électricité comprise) – Étude ADEME 2007.

En 2006, 60 000 emplois étaient déjà mobilisés par la filière bois-énergie: 23 000 en aval, essentiellement liés à la production des équipements, poêles et foyers. 35 000 en amont, principalement associés à la production de bois-bûche (75 % de l'emploi lié au bois-bûche est informel). Un scénario prospectif basé sur les objectifs des documents préparatoires à la Programmation pluri-annuelle des investissements en matière de chaleur estime toutefois à 85 000 le nombre d'emplois dans cette filière en 2015, soit une création de 50 000 emplois. Pour la plupart, ces emplois sont liés au secteur domestique et 10 000 d'entre eux sont dédiés à la production de plaquettes forestières.

Emplois liés aux travaux de maîtrise de la demande d'énergie

Pour mesurer l'impact des travaux de maîtrise de la demande de l'énergie sur l'emploi, le calcul est plus complexe, car il ne s'agit pas à proprement parler d'un secteur d'activité. Différents corps de métiers sont concernés sans l'être chacun entièrement. Il n'y a pas à cet égard de typologie de suivi des emplois comme il peut en exister dans d'autres domaines environnementaux comme dans celui de l'eau ou des déchets. Aussi, l'ADEME a-t-elle effectué ses propres estimations.

Actuellement, le nombre d'emplois directs et indirects liés aux travaux de rénovation dans le bâtiment en lien avec la maîtrise de la demande d'énergie est estimé à près de 80 000.

2. Emploi du secteur.

3. Emploi lié aux achats du secteur: chaîne de fournisseurs.

En effet, selon des enquêtes réalisées par la SOFRES pour l'ADEME de 2003 à 2005, environ 11 % des 10 000 ménages enquêtés déclarent avoir effectué des travaux d'efficacité énergétique dans leur logement dans l'année. Rapporté aux 25,4 millions de résidences principales, cela donne près de 2,8 millions de foyers concernés chaque année. Parmi ces rénovations, on ne distingue cependant pas les travaux à haute efficacité énergétique, compatibles avec un objectif de 50 kWh/m², des autres, qui sont aujourd'hui très majoritaires.

Au total, près de 9 milliards d'euros sont dépensés chaque année en travaux d'économie d'énergie. On peut espérer que le crédit d'impôt⁴ accordé en France aux ménages, en 2006, au titre des dépenses d'efficacité énergétique aura fait grimper cette somme.

Les emplois générés se répartissent en deux catégories. 62 000 d'entre eux représentent de la main-d'œuvre directe, dont 9 000 est employée pour le chauffage et 12 000 pour l'isolation et la pose de fenêtres. Quelque 17 000 emplois sont liés à la fabrication d'équipements en France, parmi lesquels 5 000 sont consacrés aux appareils de chauffage.

En s'intéressant uniquement aux rénovations à haute efficacité énergétique (en utilisant un mode de calcul basé sur la caractérisation de rénovation de logements types), le nombre d'emplois, directs ou indirects, nécessaires à la réhabilitation de 100 000 logements

par an, en France, est estimé à 25 000 hommes par an (avec 80 % de logements individuels et 20 % de logements collectifs).

Les travaux correspondent à une haute performance énergétique (50 kWh/m²) pour un logement antérieur à 1975, date de la première réglementation thermique des bâtiments en France. Ainsi, en appliquant ce

ratio aux 400 000 logements anciens à rénover par an, objectif fréquemment évoqué pour atteindre une division par 4 des émissions de gaz à effet de serre en 2050, ce sont 100 000 hommes par an qui devraient être mobilisés chaque année.

4. Mis en place en 2005, le crédit d'impôt est un dispositif qui permet en France, aux particuliers, de déduire de leur impôt sur le revenu une partie du coût des travaux qu'ils engagent pour s'équiper de matériels performants ou pour procéder à des travaux d'isolation. Ce crédit d'impôt est accordé même si les ménages concernés ne sont pas redevables de l'impôt sur le revenu.

Ces 100 000 emplois sont partiellement cumulables avec les 80 000 emplois calculés plus haut qui, comme on l'a vu, concernent principalement des rénovations partielles du point de vue énergétique.

Changement climatique, croissance et emploi : un lien à approfondir

L'impact du changement climatique sur l'économie est un sujet complexe. Le groupement intergouvernemental des experts sur le climat (GIEC) a évoqué dès son troisième rapport qu'un accroissement de la température globale de 1 à 3 °C pourrait être facteur de bénéfices dans certains secteurs et certaines régions ou, à l'inverse, de coûts dans d'autres secteurs ou d'autres régions. Cependant, les experts estiment que, pour les latitudes faibles et les régions polaires, un accroissement même faible de la température aurait des répercussions négatives sur l'économie. Globalement, les pays industrialisés seraient particulièrement touchés : l'impact moyen se chiffrerait de 1 à 5 % sur le PIB pour un accroissement de température de 4 °C.

Les politiques publiques en matière d'environnement ont pour objet de réduire les dommages à l'environnement. Les instruments d'intervention (instruments économiques, réglementation, actions volontaires) visent à internaliser les coûts des dommages à l'environnement liés à des activités économiques ou à des comportements marchands. Néanmoins, l'effet sur l'emploi de la politique d'environnement peut varier selon l'instrument choisi.

Les instruments économiques contribuent notamment à minimiser l'effet sur l'emploi de l'augmentation des contraintes environnementales. En effet, ils exercent une pression économique dans l'objectif de favoriser des investissements là où le rapport

coût-efficacité est le plus favorable. Judicieusement calibrés, ils conduisent à un abaissement des coûts d'abattement et constituent ainsi un moteur de progrès technologique et d'optimisation économique.

Des travaux ont été conduits dans les années 1990 sur la base de modélisations économiques en équilibre général, pour calculer l'incidence des taxes carbone ou énergie sur l'emploi. Selon les études et les niveaux de taxes considérés, les incidences en termes d'emploi varient mais se situent dans un ordre de grandeur de 1 % d'accroissement net de l'emploi.

Enfin, étant donné que toutes les énergies fossiles sont importées, la mise en place d'une taxe carbone ou énergie permet en théorie (pour une production industrielle équivalente) de réduire le déficit de la balance commerciale. Toute chose égale par ailleurs, cela entraîne mécaniquement une hausse du PIB immédiate et une répercussion positive sur l'emploi. Selon l'Institut national de Statistiques Français (INSEE), un demi-point de PIB supplémentaire équivaut à environ 50 000 emplois créés.

L'effet d'entraînement des mesures d'économies d'énergie sur la croissance paraît en revanche vraisemblablement plus important que les emplois créés en compensation du déséquilibre du commerce extérieur.

Selon les études et les niveaux de taxes considérés, les incidences en termes d'emploi varient mais se situent dans un ordre de grandeur de 1 % d'accroissement net de l'emploi.

Face à toutes ces incertitudes – méconnaissance de l'ampleur des impacts socio-économiques du réchauffement et difficulté méthodologique à mesurer les incidences en termes d'emplois – un constat s'impose toutefois : nos connaissances actuelles nous portent à penser que le changement climatique influera de manière antinomique sur l'emploi. Cependant, il semble certain, d'après nos premiers travaux, que des politiques hardies en matière de lutte contre l'effet de serre seront susceptibles au minimum de venir compenser les pertes en emploi dues au réchauffement et sont de nature à favoriser le développement économique et social. ❁

Vers une nouvelle génération d'instruments de régulation pour un développement énergétique durable

La volonté affichée des pays du Sud de développer l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables pour desserrer les contraintes énergétiques et favoriser le développement invite à s'interroger sur la qualité du fonctionnement du dispositif d'aide à la décision mis en œuvre et tout particulièrement sur l'efficacité comparée des instruments d'incitation qui peuvent être utilisés en vue d'atteindre ces objectifs. Force est de constater qu'une grande variété de mécanismes de soutien à l'énergie durable (efficacité énergétique et énergies renouvelables) voit le jour depuis une vingtaine d'années.

Un instrument de soutien est un moyen d'action choisi par les décideurs politiques devant permettre de modifier le comportement des acteurs concernés de façon à atteindre l'objectif poursuivi. Deux distinctions sont alors à faire. La première consiste à distinguer les instruments directs de ceux indirects (les instruments directs visent à internaliser les externalités positives de l'énergie durable, alors que les instruments indirects concernent l'internalisation des externalités négatives des autres formes d'énergie). La seconde consiste à classer en quatre catégories les instruments de politique énergétique selon la nature de l'intervention de l'autorité publique : les instruments réglementaires, les instruments basés sur le volontariat, les instruments économiques et les instruments participatifs.

Vers une nouvelle génération d'instruments de régulation de l'énergie durable

Les caractéristiques des problèmes énergétiques et environnementaux sont irrémédiablement entachées de conflits et laissent place à une pluralité irréductible de points de vue, et donc de systèmes de valeurs émanant d'individus ou de groupes d'intérêts divers. Force est de constater que les mesures préconisées pour lutter contre les risques liés au développement énergétique imposent des contraintes à court terme (coûts économiques ou modification des modes de vie) alors que les bénéfices se feront sentir dans le long terme. La mise en œuvre de telles mesures exige des « sacrifices immédiats » à divers groupes d'acteurs. Une manière d'envisager l'acceptabilité de tels sacrifices serait de s'assurer de la participation des acteurs concernés au processus décisionnel ; celle-ci devrait positivement contribuer à faire prendre conscience aux acteurs des bénéfices associés à leurs sacrifices, même si ces derniers sont différés dans le temps.



Samir ALLAL et Nidhal OUERFELLI

Samir ALLAL est Directeur de l'Institut Universitaire de Technologie de Mantes en Yvelines, Maître de Conférences à l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines et Chercheur au Centre d'Économie et d'Éthique pour l'Environnement et le Développement (C3ED), UMR n° 063 IRD-UVSQ

Titulaire d'un Doctorat en économie de l'Université de Versailles Saint-Quentin en Yvelines. Nidhal OUERFELLI est Ingénieur chercheur et responsable pédagogique du Master « Économie et Politique de l'Énergie et de l'Environnement » au sein de l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires. (INSTN / CEA Saclay).

directeur@iut-mantes.uvsq.fr
nidhal.ouerfelli@wanadoo.fr

Les processus décisionnels en matière de développement énergétique durable doivent permettre d'articuler différents jugements de valeurs et de logiques différentes qui ne sont pas toujours réconciliables. Ce constat indique le besoin de mise en place de processus participatifs multi-acteurs pour la gouvernance dans le domaine de politique énergétique durable. S'ils s'inscrivent dans un processus large et dynamique de gouvernance, de tels arrangements discursifs peuvent favoriser la construction collective et rationnelle de normes sociales, ainsi que l'élaboration de politiques de développement énergétique durable. La délibération entre acteurs est non seulement possible, mais elle est aussi toujours susceptible d'améliorations. Le développement énergétique durable fournit donc un domaine conceptuel et pratique unique pour la mise en place de nouvelles formes de gouvernance participative, car les besoins et les possibilités du développement énergétique durable ne peuvent être identifiés et réalisés que par les acteurs eux-mêmes.

Les négociations environnementales et réglementaires, la médiation, les groupes consultatifs, les ateliers multi-acteurs, les interfaces experts/décideurs, les forums de réflexion, la prospective énergétique participative sont autant d'exemples d'approches participatives de plus en plus utilisées dans le champ de la prise de décision en matière d'énergie. On assiste, actuellement, à une évolution des instruments de régulation de développement énergétique durable reposant sur des processus de dialogue « multi-stakeholders ». Après les instruments de régulation directe, les instruments économiques se sont développés et, aujourd'hui, on assiste à l'émergence de la troisième génération d'instruments de régulation, que l'on peut qualifier de participatifs.

Les apports des approches participatives sur le processus décisionnel dans le domaine de l'énergie

Les approches participatives peuvent vraisemblablement avoir des effets sur la qualité des résultats de la décision en matière énergétique. Ces effets

sont les plus discutés, dans la mesure où un processus décisionnel énergétique sera d'abord jugé par ses « résultats » en termes de réponse aux besoins énergétiques et leur compatibilité avec le développement durable. La qualité substantive peut être évaluée selon plusieurs critères. Ainsi, une approche décisionnelle participative peut améliorer la qualité substantive des décisions en permettant des choix plus avantageux du point de vue environnemental et du point de vue économique, qui soient techniquement plus judicieux et socialement plus acceptables que les choix qui émergeraient de processus décisionnels non participatifs, de type *top-down* par exemple.

Du point de vue environnemental

La participation d'acteurs différents peut permettre de sortir du cercle restreint de l'expertise et d'intégrer de ce fait au processus une expertise pluraliste, qui prenne en compte des dimensions parfois négligées par l'expertise traditionnelle et qui mette en

lumière d'éventuels effets pervers du point de vue environnemental (Funtowicz et Ravetz 1993; Callon 1998; Faucheux et O'Connor, 1999). La participation peut aider à dépasser les cadres d'analyse classiques et habituels, et en particulier à prendre en considération le long terme dans le domaine de l'énergie pour lequel le processus politique traditionnel est mal armé (S. Allal, 2006, *LEF* n° 71). Elle peut aussi favoriser

une approche transversale, c'est-à-dire qui intègre à la réflexion tous les champs de politique énergétique concernés dans une perspective de développement durable.

Du point de vue économique

La démarche participative peut avoir également pour effet d'aboutir à des choix qui seront économiquement plus pertinents, c'est-à-dire des choix énergétiques se traduisant pour ceux qui les mettront en œuvre par des coûts économiques moindres. C'est un objectif fréquemment poursuivi par exemple par les accords volontaires, engagements pris par des entreprises ou des groupes d'entreprises, souvent suite à des négociations avec les autorités publiques et éventuellement d'autres acteurs.

La participation peut aider à dépasser les cadres d'analyse classiques et habituels, et en particulier à prendre en considération le long terme dans le domaine de l'énergie pour lequel le processus politique traditionnel est mal armé.

Signalons par ailleurs que c'est également un objectif d'efficacité économique qui est poursuivi par les recours aux mécanismes de marché en matière de politique d'efficacité énergétique. Ainsi, la mise en place de marchés de droits d'émissions tels que pour le SO₂ aux États-Unis ou les « instruments de flexibilité » définis par le protocole de Kyoto sur le changement climatique se fait au nom d'un objectif d'efficacité économique. Certains mécanismes de ce type ont une dimension participative lorsqu'ils font intervenir des acteurs autres que les décideurs politiques, en particulier les industriels, mais également des acteurs institutionnels ou de la société civile qui peuvent réguler ou opérer sur le marché. Le cas du Mécanisme pour un Développement Propre (MDP) du Protocole de Kyoto fournit une illustration de l'ouverture participative des mécanismes de marché.

Du point de vue technologique

La participation de différents acteurs au processus décisionnel peut également améliorer la qualité des choix énergétiques qui en résultent du point de vue technologique. En effet, par rapport à un processus traditionnel, l'approche participative permet plus de flexibilité et d'innovation dans la façon dont est appréhendée la technologie. Par des processus ouverts, où peuvent s'exprimer les acteurs qui sont au fait des développements technologiques (notamment les industriels), on pourra, d'une part, éviter des décisions trop rigides qui gèlent le cadre technologique dans certaines voies privilégiées et, d'autre part, intégrer l'évolution

technologique en temps réel dans le processus de prise de décision.

Dans ces exercices, « la spécificité des processus participatifs est de mettre en œuvre les mécanismes de dialogue dans la recherche collective pour des futurs originaux (parfois inattendus) et pour définir, soit le domaine des choix acceptables, soit (lorsque cela est possible) les choix faisant l'objet d'un consensus fondé sur le respect des divergences de critères et de besoin de coexistence » (Faucheux *et alii.*, 2005).

Motiver davantage les différents acteurs

Une approche participative et une plus grande transparence dans les processus de décision en matière de choix énergétiques ne peuvent qu'augmenter la crédibilité de ces choix aux yeux des différents acteurs, voire du grand public. Cette démarche et la crédibilité des processus sont importantes pour au moins deux raisons. D'une part, en l'absence de ces dimensions, et dans l'hypothèse où le résultat de la prise de décision leur est défavorable, les acteurs ne peuvent pas savoir si leurs intérêts ont réellement été pris en compte. Ils percevront alors le processus et son résultat comme peu équitables et donc peu légitimes (Stiglitz 1999). D'autre part, la participation, la transparence et la crédibilité apparaissent de plus en plus comme nécessaires pour motiver les acteurs à mettre en œuvre les résultats de la décision en faveur de choix énergétiques durables (Faucheux *et alii.*, 2001). ❁

La participation, la transparence et la crédibilité apparaissent de plus en plus comme nécessaires pour motiver les acteurs à mettre en œuvre les résultats de la décision en faveur de choix énergétiques durables.

Les péages urbains sont-ils efficaces pour réduire la pollution automobile ?

Après avoir longtemps été proposé, sans succès, par les économistes comme un moyen de réduire la congestion routière, le péage urbain connaît un regain d'intérêt. Des villes comme Londres et Stockholm l'ont instauré, beaucoup d'autres s'interrogent. Ce que montrent ces expériences, c'est la grande diversité des objectifs que recèle l'idée de péage urbain. Dans cet ensemble, ce n'est pas forcément la dimension environnementale qui va l'emporter, mais plutôt une logique patrimoniale qui cherche à protéger la ville des effets pervers, non pas tant de la congestion que de la vitesse automobile.



Yves CROZET

Yves CROZET est Professeur à l'Université Lyon 2 et Directeur du Laboratoire d'Économie des Transports (UMR CNRS n° 5593) www.let.fr

En matière de mobilité urbaine, les missions de la puissance publique se sont longtemps focalisées sur le développement de nouvelles infrastructures, principalement routières, pour faire face à l'accroissement du trafic. En écho à la vigueur confirmée de la demande de mobilité, les politiques publiques avaient comme ardente obligation de promouvoir une offre bien dimensionnée. Mais les objectifs des politiques publiques sont en train de changer radicalement. La construction de nouvelles voiries urbaines se heurte à d'importants verrous financiers et logiques : d'une part, les fonds publics sont déjà largement sollicités et, d'autre part, il semble peu opportun de s'engager dans une surenchère permanente entre l'offre et la demande de voirie.

Dans cette perspective, surgit la question du péage urbain. Il y a maintenant près de 80 ans que les économistes, à la suite d'A.C. Pigou, suggèrent d'instaurer des péages de congestion. Pourtant, face à l'idée de tarifier l'usage des infrastructures, anciennes ou nouvelles, d'autres verrous apparaissent : au nom du principe d'égalité, la tradition de l'accès gratuit à la voirie se révèle très difficile à remettre en cause. Il semble pourtant que cette question de la tarification doive être posée, non pas tellement pour réduire la congestion routière, mais pour des raisons environnementales. Dans cette catégorie, outre l'occupation de l'espace, les nuisances sonores et les effets de coupure, se pose de façon cruciale la question des émissions de polluants, dont les gaz à effet de serre. Le péage urbain a-t-il une pertinence pour réduire ces émissions et notamment celles de CO₂ ?

 yves.crozet1@wanadoo.fr

Le péage urbain : de l'évidence aux ambiguïtés

Du point de vue de l'analyse économique, la nécessité du péage urbain semble une affaire entendue. Aux défis financiers, environnementaux, sociaux et politiques auxquels sont confrontées les grandes agglomérations, l'économiste répond depuis longtemps par des solutions qui lui semblent simples et évidentes. Les coûts externes de la circulation automobile étant dus à la quasi-absence de tarification, c'est cette dernière qu'il faut repenser. Pour cela, l'analyse économique met en avant la nécessité d'imputer aux automobilistes l'ensemble des coûts qu'ils engendrent pour la collectivité, et notamment les coûts de congestion. Ces derniers occupent une place centrale dans l'analyse économique de la tarification de la voirie pour plusieurs raisons :

- historiquement, c'est le premier type de coût externe sur lequel ont raisonné les économistes et notamment le pionnier en la matière A.C. Pigou ;
- lorsque des évaluations des coûts externes de la circulation automobile en zone urbaine sont effectuées, les coûts de congestion représentent la plus grande partie du total ;
- or, le coût de congestion est celui pour lequel aucun signal prix n'est perçu par l'automobiliste alors que la congestion est un facteur aggravant d'émissions polluantes.

Le péage urbain représente donc un progrès par l'intégration, dans le calcul économique des agents, des pertes de temps liées à la congestion. Pour justifier la substitution d'une logique de prix à la gratuité, associée au financement par l'impôt, nous pouvons nous tourner vers Jules Dupuit, connu pour avoir fondé l'idée d'une tarification spécifique des infrastructures de transport consistant à tenir compte des capacités contributives. Dans l'ensemble des infrastructures routières, il faut en effet distinguer celles qui existent depuis longtemps, peu ou prou amorties, et celles qui n'existent pas encore, ou qu'il faut financer alors même que les usagers sont relativement repérables. Il en va ainsi d'un pont ou d'un tunnel, ouvrage d'art destiné à répondre à un besoin précis et localisé d'amélioration des conditions de circulation. Jules Dupuit démontre qu'un financement par l'utilisateur est possible (péage) et plus rémunérateur si le tarif tient compte des capacités contributives des utilisateurs, c'est-à-dire si l'on pratique une certaine discrimination.

La tarification de la congestion, appelée aussi péage urbain, est une forme de discrimination qui consiste à différencier les tarifs dans le temps, en fonction du degré de congestion de l'infrastructure, et donc à déplacer le tarif sur la courbe de distribution des valeurs du temps. Celui qui est prêt à payer plus pour circuler mieux en heure de pointe retire une plus grande utilité que celui qui préfère payer moins en changeant de mode ou en décalant son déplacement dans le temps, en heure creuse. Ainsi, avec la différenciation temporelle des prix, la collectivité fait coup double :

- d'une part, elle optimise l'usage de l'infrastructure en tenant compte de l'utilité différentielle des usagers. Le signal prix est pleinement dans son rôle : indiquer les raretés relatives et opérer une sélection entre les demandeurs ;
- d'autre part, elle dégage des ressources financières permettant de couvrir les coûts des infrastructures.

Une tarification différenciée en fonction des degrés de congestion de la voirie peut donc contribuer à la fois à l'orientation de la demande, en écartant ceux qui provoquent la congestion et dégradent ainsi la qualité de service ; et à l'orientation de l'offre, en donnant la priorité à la construction des infrastructures dont une telle tarification assure la couverture des coûts. Les trois objectifs que se fixe généralement la tarification des services publics (couverture des coûts, orientation de la demande et redistribution) sont ainsi conjointement pris en compte par ce type de tarification ; raison pour laquelle elle est pratiquée depuis longtemps dans le domaine du transport aérien et, en France, pour la grande vitesse dans le transport ferroviaire. Elle est préconisée dans le domaine routier, notamment en zone urbaine, mais son application est loin d'être généralisée à l'exception notable de villes comme Singapour, Londres et tout récemment Stockholm.

Il est donc nécessaire de s'interroger sur la raison pour laquelle une solution aussi évidente pour les économistes a tant de mal à se concrétiser. Faut-il considérer que les politiques publiques sont en retard sur la réflexion économique ? Ou doit-on envisager le fait que le rôle central donné au temps de transport, et donc à la vitesse, dans les raisonnements ci-dessus, se présente, en zone urbaine, plus comme un problème que comme une solution ?

Les interrogations sur la pertinence de la recherche des gains de vitesse surgissent essentiellement en zone urbaine quand on s'interroge sur les objectifs de la tarification.

- Lorsqu'il est destiné à financer de nouvelles voiries urbaines, généralement très coûteuses (tunnels, ponts...), le péage doit atteindre un niveau généralement inacceptable pour la grande majorité des habitants. La tarification bute sur un «triangle d'incompatibilité» qui empêche d'avoir en même temps : un usage quasi quotidien et une forte tarification sans véritable itinéraire alternatif. Pour que le péage soit acceptable socialement, son niveau doit être abaissé. Il en résulte une insuffisance de recettes qui oblige à des transferts publics massifs au profit du mode routier ce qui revient à subventionner le transport routier de personnes. Les gains de temps et leurs implications économiques deviennent alors le prétexte à une subvention qui ne peut se justifier si elle entre en conflit direct avec les objectifs environnementaux (pollution, bruit...) ou urbains (étalement urbain, partage modal...). *Dans une perspective environnementale, le péage urbain ne peut être destiné à financer de nouvelles infrastructures routières !*
- Mais cela ne rend pas pour autant illégitime la notion de péage, qui peut alors devenir un péage de congestion «pur», destiné à assurer une certaine fluidité du trafic sans infrastructure nouvelle. Mais comme nous le montre le cas londonien, il faut alors ne pas perdre de vue l'élasticité relativement faible de la demande. Pour réduire le trafic de 20%, les autorités londoniennes ont dû instaurer un péage de 5 puis 8 livres (12 euros) par jour ! Même à ce niveau, le nombre de véhicules reste important et le trafic progresse à nouveau. Le gain en vitesse est donc faible et la pollution ne diminue pas sensiblement.
- Demeurent enfin des questions sociales liées aux effets redistributifs du péage. La question de l'acceptabilité est la principale difficulté rencontrée par les projets de péage urbain qui conduit à un transfert net au profit de la collectivité. Le gain de temps autorisé par une fluidité accrue est plus que compensé par le coût du péage si l'on se fonde sur la valeur du temps moyenne. En d'autres termes, seule la petite minorité d'individus dotée d'une très forte valeur du temps est gagnante en cas de péage de congestion, si ce dernier est instauré dans une situation où les usagers n'ont pas de réelle alternative en termes d'itinéraire ou d'horaire de déplacement.

Ces remarques conduisent à modérer l'enthousiasme des économistes. Solution intelligente, le péage urbain est difficile à mettre en œuvre. Il suppose, pour être accepté, que des compensations explicites

soient mises en place, comme à Stockholm où l'offre de transports publics a progressé fortement au moment même où se mettait en place le péage. Mais ce n'est pas la seule question. D'un point de vue environnemental, le péage est-il un facteur de réduction des émissions polluantes ou s'agit-il simplement d'une technique de gestion de la voirie ?

Le péage urbain : logique environnementale ou logique patrimoniale ?

La tarification des déplacements n'est pas une simple solution technique, elle renvoie à des questions politiques multidimensionnelles. La théorie économique ne débouche pas sur une recommandation unique puisque son principal intérêt est au contraire de souligner que le choix d'un type de tarification, y compris la gratuité, est le fruit d'un compromis entre diverses logiques, et notamment celle de l'acceptabilité, d'une part, et de la durabilité, d'autre part, une durabilité qui pose la question de la forme urbaine et donc de l'étalement urbain.

Pour éviter la poursuite du phénomène de l'étalement urbain, plusieurs pistes ont été proposées parmi lesquelles est de plus en plus évoquée la remise en cause de la vitesse des véhicules, notamment pour l'accès, non seulement aux centres-villes, mais aussi aux villes centres des grandes agglomérations. L'objectif de telles mesures, auxquelles pourraient s'ajouter un politique volontariste en matière d'offre foncière dans la première couronne des agglomérations, est de produire une ville plus ramassée ou qui, au moins, cesserait de s'étendre. En modifiant peu à peu le nombre de migrants quotidiens dans les différentes zones, au bénéfice des zones denses, les transports collectifs pourraient accroître leurs parts de marché et la circulation automobile connaître une progression moins vive. Pour cela, la plupart des agglomérations européennes se sont lancées dans des politiques de déplacements qui cherchent à infléchir les tendances au «tout-voiture», non pas par le biais d'une seule mesure (réduction des vitesses ou tarification des déplacements) mais bien plutôt une batterie de mesures où réduction des vitesses et tarification des déplacements vont de pair.

Ce couple tarification-moindre vitesse, inattendu si l'on s'en tient à la logique purement économique de la tarification de la congestion, n'est pas si incongru qu'il y paraît si l'on veut bien considérer que la raison économique peut prendre des formes diverses.

- Dans une perspective de développement de la mobilité, il est évident qu'une tarification plus élevée se justifie seulement quand il y a un gain de vitesse. À l'intérieur du coût généralisé du déplacement (coût monétaire plus coût en temps), les deux mouvements se compensent. La hausse des prix correspond à un gain de vitesse. Les succès des autoroutes à péage, du TGV ou des voyages en avion en sont une illustration d'autant plus forte que la valeur du temps progresse avec les revenus.
- Mais dans une logique cherchant une stabilisation, voire une réduction de la mobilité, il devient légitime que les deux composantes du coût généralisé du déplacement évoluent dans le même sens, vers un accroissement du coût total. Si une telle perspective paraît inacceptable du strict point de vue individuel, elle a un sens si elle s'insère dans un projet urbain.

Une des particularités des villes européennes, et de leurs habitants, réside dans la volonté commune d'éviter que la voiture dévore la ville. Or, l'automobile est une formidable consommatrice d'espace dans des ensembles architecturaux qui n'ont pas été pensées pour elle. Et personne ne souhaite démolir les villes pour les reconstruire autour de l'automobile. Ne faut-il pas alors prendre acte de ce qui ressemble fort à un choix collectif empreint de contradiction :

- D'une part, une grande majorité de la population souhaite conserver à la ville son image traditionnelle et ses rôles multiples (commercial, culturel et résidentiel) sans renoncer à l'accès automobile aux aménités urbaines ;
- D'autre part, une partie croissante de la population souhaite, au moins pendant une période et à un coût supportable, bénéficier des avantages de l'habitat pavillonnaire et d'une certaine proximité avec la nature.

La satisfaction de cette demande relativement contradictoire ne peut se faire de façon brutale par une assignation à résidence dans les zones urbaines de haute densité. Elle ne peut non plus être résolue par le simple recours à une tarification très élevée des déplacements de façon à les réduire de façon draconienne. Tout porte au contraire à considérer que les politiques de déplacements urbains joueront sur plusieurs leviers à la fois :

- mise en place d'une tarification sous forme de péage urbain, dont la première forme est, rappelons-le, la tarification du stationnement sur voirie ;
- hausse du prix des carburants ;

- non-développement de la voirie à l'exception des voies de contournement et de certains axes interurbains, ce qui signifie une baisse tendancielle de la vitesse moyenne des voitures en zone urbaine ;
- développement des transports en commun pour l'accès aux centres-villes, y compris avec des formules d'intermodalité aidant au rabattement des résidents de la périphérie vers quelques axes lourds.

Tout cela ayant un coût pour les finances publiques, il va de soi que la tarification des déplacements automobiles en zone urbaine aura de plus en plus un objectif de financement et de moins en moins un objectif de fluidité. Cette évolution ne constitue pas un changement radical des tendances passées, ni un coup de massue sur la mobilité automobile, mais bien plutôt la mise en cohérence des signaux envoyés à ses utilisateurs. *Le projet collectif urbain exige que le coût généralisé des déplacements en automobile augmente dans ses deux composantes, le prix et la durée.* Cela peut se faire de façon progressive et se trouve d'une certaine façon déjà engagé. Même si cela peut surprendre, il ne s'agit ni plus ni moins que d'appliquer un principe économique simple, la hausse du coût face à une situation de rareté. Du point de vue de la raison économique, cette tarification au coût généralisé ne répond pas à la vision traditionnelle du financement d'infrastructure et elle n'est pas non plus, quoiqu'en disent les élus, le fruit d'un impératif catégorique environnemental. Il suffit pour s'en convaincre d'imaginer ce qui se passerait si les automobiles devenaient des véhicules propres. Le péage urbain serait tout aussi nécessaire pour protéger la ville de la déferlante automobile. Les objectifs environnementaux du péage urbain restent donc secondaires ; ils servent de prétexte à la promotion d'une autre logique, la préservation d'un patrimoine commun : la ville! ❀

Repères bibliographiques

- CROZET Y. ; (2006), La « loi de Zahavi » : quelle pertinence pour comprendre la construction et la dilatation des espaces-temps de la ville ? (avec I. Joly), PUCA collection « Recherches » n° 163, Certu, Lyon, 89 p.
- CROZET Y. *et alii.* (2005), Dir. d'ouvrage, La mobilité urbaine en débat, cinq scénarios pour le futur ? Collections Transport et Mobilité, n° 46, DRAST-CERTU, 210 p.
- CROZET Y., JOLY I. (2004) Budgets temps de transport : les sociétés tertiaires confrontées à la gestion paradoxale du « bien le plus rare », *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, n° 45, p. 27-48.

Les coûts des marées noires

L'océan a la principale caractéristique d'être un bien non marchand et non appropriable. Se pose alors le problème de son utilisation, de sa préservation et de sa protection. Garrett Hardin, dans son célèbre article « The Tragedy of the Commons » a parfaitement résumé cette difficulté propre aux biens sans droit de propriété: « une ressource à laquelle tout le monde a librement accès est une ressource dont personne n'a intérêt à assurer l'entretien, ni le renouvellement, puisqu'il s'agit d'actions qui, du fait du principe de libre accès, ne peuvent pas avoir la valeur marchande; il s'agit donc d'une ressource condamnée à être surexploitée et rapidement épuisée ». L'apparence trompeuse de l'abondance de l'eau marine dans le monde donne la fausse impression qu'elle est une ressource inépuisable.



Henri WANKO

Henri WANKO est Maître de Conférences à l'Université de Montpellier (CREDEN).

Flux de transport maritime d'hydrocarbures

Dès 1860, le transport maritime d'hydrocarbures s'est développé rapidement et représente aujourd'hui la forme de commerce international la plus importante, avec environ 2,5 milliards de tonnes transportés par an. Ce transport concerne beaucoup plus le pétrole brut que les produits pétroliers. Il est d'usage de distinguer les produits « noirs » dits lourds tels que le goudron ou le fioul, des produits « blancs » dits légers tels que la naphta, le kérosène, l'essence et le gazole : les premiers sont visqueux et très polluants, alors que les seconds, volatiles le sont moins. L'acheminement par voie maritime des hydrocarbures s'effectue lors de deux étapes distinctes : entre le lieu de production et le lieu de raffinage, mais également entre le lieu de raffinage et de vente à la consommation.

Comme le montre le tableau ci-après, les réserves sont inégalement distribuées à la surface du globe. Ces inégalités aggravent les taux de dépendance des zones importatrices et conduisent à une concentration de l'offre pétrolière.

Entre 1990 et le début du 21^e siècle, la production du brut a augmenté d'environ 15% ; corrélativement, le trafic maritime d'hydrocarbures exprimé en milliers de tonnes s'est accru de 33%. Au cours de cette même période, le volume de transport a augmenté. Les distances moyennes de transport ont aussi augmenté. Associée à la croissance du tonnage transporté et des distances parcourues, l'augmentation du trafic dans les détroits est inquiétante. La concentration des accidents sur les goulots d'étranglement des routes maritimes reflète l'insécurité liée à l'intensité du trafic.

henri.wanko@univ-montp1.fr

Part de production et de consommation de pétrole brut par pôles géographiques en 2001

PÔLES GÉOGRAPHIQUES	PART DE PRODUCTION	PART DE CONSOMMATION
Amérique du Nord	18,3 %	30,4 %
Europe occidentale	9,0 %	21,7 %
Asie/Océanie	10,6 %	27,7 %
Amérique latine (sauf Mexique)	9,9 %	6,2 %
Moyen-Orient	30,0 %	5,9 %
Europe orientale	11,8 %	4,8 %
Afrique	10,3 %	3,3 %

Sources : BP Statistical Review, 2002

Le tableau ci-après regroupe chronologiquement les accidents majeurs ayant entraîné un déversement de plus de 700 tonnes de marées noires dans l'océan.

Une marée noire est habituellement définie comme le déversement accidentel d'une quantité importante d'hydrocarbures dans l'océan et éventuellement sur

des côtes. Plusieurs types d'accidents, propres aux pétroliers ou extérieurs à eux comme les collisions, les incendies ou les conditions météorologiques, peuvent en être à l'origine.

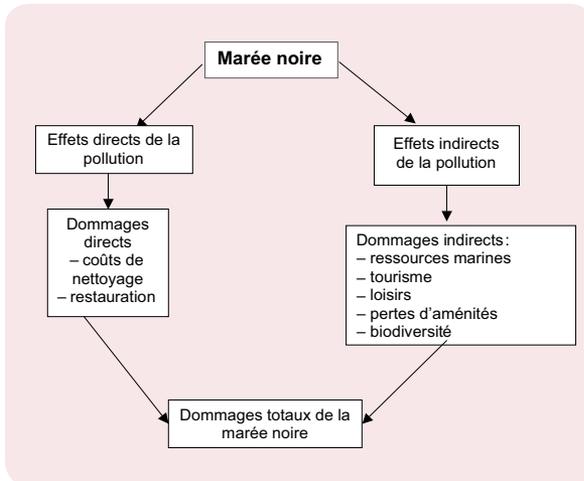
Classification des effets liés à la marée noire

La pollution accidentelle en mer se traduit par des effets sur l'environnement tant de nature physique, que biologique et chimique. Elle est à l'origine d'une perte de bien-être. Elle se définit comme une externalité négative. Ainsi, par le déversement des hydrocarbures, des activités comme les loisirs ou la pêche subissent une dégradation puisque par exemple, le stock de poissons et autres crustacés s'en trouve réduit. Le problème d'évaluation de ces effets externes se pose car le pétrole atrophie le milieu naturel : il rend inaccessibles les champs d'algues, bloque les pêcheurs côtiers au port, détériore les stocks ostréicoles, décime les populations d'oiseaux.

Navire	Date	Localisation	Déversement (tonnes)	Type de produit
TORREY CANYON	1967	Îles de Scilly, côte britannique	119 000	Brut
WAFRA	1971	Cap Agulhas, Afrique du Sud	40 000	Hydrocarbures
METULA	1974	Détroit de Magellan, Chili	50 000	Hydrocarbures
JAKOB MAERSK	1975	Portugal	88 000	Hydrocarbures
BOEHLEN	1976	Île de Sein, France	7 000	Brut lourd
URQUIOLA	1976	La Corogne, Espagne	100 000	Hydrocarbures
HAWAIIAN PATRIOT	1977	300 milles nautiques au large d'Honolulu	95 000	Hydrocarbures
AMOCO CADIZ	1978	Nord Finistère, France	227 000	Brut
ATLANTIC EMPRESS	1979	Caraïbes	276 000	Brut
INDEPENDENTA	1979	Bosphore, Turquie	95 000	Hydrocarbures
GINO	1979	Île d'Ouessant, France	41 000	Carbon Black
TANIO	1980	Île de Batz, France	6 000	Fuel
ASSIMI	1983	55 milles nautiques au large de Muscat, Oman	53 000	Hydrocarbures
CASTILLO DE BELLVER	1983	Baie de Saldanha, Afrique du Sud	252 000	Hydrocarbures
ODYSSEY	1988	700 milles nautiques au large de la Nouvelle-Écosse	132 000	Hydrocarbures
EXXON VALDEZ	1989	Alaska, États-Unis	37 000	Brut
KHARK 5	1989	120 milles nautiques au large du Maroc	80 000	Hydrocarbures
SEA SPIRIT	1990	Gilbratar	8 000	Hydrocarbures
HEAVEN	1991	Gènes, Italie	144 000	Brut
ABT SUMMER	1991	700 milles nautiques au large de l'Angola	260 000	Hydrocarbures
KATINA. P	1992	Maputo, Mozambique	72 000	Hydrocarbures
AEGEAN SEA	1992	La Corogne, Espagne	74 000	Brut
BRAER	1993	Îles Shetland	84 500	Brut
THANASSIS	1994	Sud de la mer de Chine	37 000	Fuel lourd
SEA EMPRESS	1996	Pays de Galles	76 000	Brut
NAKHODKA	1997	Japon	19 000	Fuel intermédiaire
VOLGONF 248	1997	Turquie	1 290	Fuel lourd
ERIKA	1999	Golfe de Gascogne, France	20 000	Fuel lourd
PRESTIGE	2002	Galice, Espagne	77 000	Fuel lourd

Sources : ITOPI, CEDRE

La classification des dommages d'une marée noire est indispensable à leurs évaluations. Deux types d'effets peuvent être mis en exergue : des effets directs liés à la dégradation de la ressource elle-même, et des effets indirects sur la santé des individus, de la flore et de la faune.



Chacun des effets peut par ailleurs se subdiviser en deux composantes selon la victime. Il convient alors de distinguer les effets de court terme de ceux de long terme.

Les principaux dommages à court terme sont tous les effets survenant dans un laps de temps court après la catastrophe. Les conséquences économiques sont immédiates.

La flore et la faune maritimes sont affectées. Différents acteurs sont directement concernés par la pollution du navire : ainsi, les collectivités locales subissent un préjudice en termes de tourisme ; l'affréteur du navire, en plus de la simple perte de sa cargaison, subit un préjudice moral en termes d'image. C'est aussi le groupe pétrolier qui se charge de réduire les effets de la pollution en aidant au nettoyage des côtes, au sauvetage des oiseaux, à la gestion des déchets. Il se charge aussi de neutraliser la cargaison qui se déverse dans l'océan en finançant les travaux de pompage des hydrocarbures, de rétablir un équilibre écologique des milieux souillés. Les pêcheurs et les ostréiculteurs voient leurs zones d'activité se dégrader (zones de pêche, d'élevage, de coquillages, de conchyliculture). Certains dégâts peuvent provenir directement des actions de dépollution. Mal exécutée, elle peut mettre en péril certains équilibres écologiques terrestres. Ces dommages s'ajoutent aux dommages maritimes (effets négatifs induits du fait de ces activités jointes). En effet, le manque

de centres intermédiaires assure de faibles garanties de salubrité et des dégâts aggravés du fait des trous creusés au hasard. Le ramassage peut également conduire à des effets écologiques néfastes : les résidus arrachés aux côtes avec les produits pétroliers sont constitués essentiellement de sable.

Les effets à long terme ne sont pas observables immédiatement, mais résultent davantage d'un processus cumulatif entre plusieurs éléments. Leurs conséquences économiques sont lointaines et incertaines. L'impact écologique de la contamination des eaux par les hydrocarbures n'est généralement constaté qu'en cas d'effets visibles de grande ampleur. Pour pouvoir déterminer l'impact véritable de la contamination, ses effets potentiels sur la santé et le milieu naturel, les facteurs influant sur la dispersion des polluants doivent être mis en exergue. Des effets sanitaires sur la santé altérée des bénévoles et autres personnes ayant eu un contact physique avec les produits pétroliers pourront être probablement observés. D'après certaines études macroépidémiologiques, la substance serait cancérigène. Il en résulte sur le plan socio-économique, divers effets à long terme induits comme des pertes productives liées non seulement à l'individu même, mais aussi à ses proches. Il existe par ailleurs une certaine difficulté à comptabiliser certains éléments, car un bon nombre n'ayant pas de prix échappent au marché.

L'évaluation de la marée noire

Le coût du naufrage d'un navire peut se décomposer en deux éléments distincts : le coût de la dépollution, et l'évaluation des préjudices.

La détermination d'un coût moyen d'une marée noire pose des difficultés méthodologiques qui ont été développées notamment par Bonnioux F. et Rainelli P. (2001).

Selon ces auteurs, les données parcellaires dont on dispose sur leurs coûts ne permettent pas d'établir rigoureusement un coût moyen statistique d'une marée noire. Le coût d'une marée noire est extrêmement variable car il dépend de multiples facteurs tels que le type de produit transporté (lourd ou léger), la météo (une grosse tempête favorise une dispersion rapide des produits), la vitesse de diffusion du produit dans la mer (plus elle est lente, plus les dommages sont importants), la concentration de population et d'activités économiques dans les zones impactées, ou encore la richesse des écosystèmes et

la sensibilité des côtes polluées. La détermination du coût collectif d'une marée noire est peu aisée car elle renvoie à la fois à des dommages monétaires et non monétaires. Enfin, les effets environnementaux des marées noires s'étalent parfois sur de longues périodes, si bien qu'il est délicat de les évaluer peu de temps après l'accident.

Le coût de la dépollution

Il s'agit avant tout de récupérer le pétrole. Il existe plusieurs méthodes: le brûlage qui peut polluer l'atmosphère, le pompage, et la sédimentation par adjonction d'autres produits chimiques, mais la dégradabilité s'avère longue et destructrice de la vie marine. Il s'agit aussi de la prise en charge du stockage et du traitement des déchets. En effet, la gestion de la marée noire nécessite de la part de l'affréteur la préparation et la réception des résidus des hydrocarbures (construction de barrages de protection, centres de stockage spécialisés), le pompage du pétrole restant, et la restauration de l'équilibre écologique. L'État et les collectivités locales mobilisent différents moyens financiers, matériels et humains. Plusieurs types de coûts pour la collectivité peuvent être établis, selon leur temporalité, leur caractère marchand ou non, et le type d'impact du dommage. Les divers dégrèvements liés aux charges sociales et reports de paiement aux pêcheurs et aux conchyliculteurs représentent un coût non négligeable. Certaines activités sont directement touchées par la marée noire: la pêche ou la conchyliculture fait travailler une partie de la population active, ainsi que la plupart des commerces. Une dégradation de leur environnement déclenche des pertes de revenus qui augmentent ainsi le coût proprement dit de la marée noire.

Évaluation des préjudices subis

Il s'agit d'appréhender les coûts par l'évaluation des dégâts. Si attribuer une valeur économique à une plage ou aux fonds marins apparaît délicat, la valorisation s'avère nécessaire dans la mesure où elle peut modifier les choix *ex ante*. On peut par exemple s'interroger sur les revenus futurs provenant de la mer (pêche et tourisme). On adopte ainsi une approche

de type capital dans la mesure où l'on suppose que la valeur du bien est représentée par ce qu'elle produit, et que cette productivité est mesurée par les revenus qu'elle procure. En conséquence, il suffit d'évaluer les pertes liées à leur « déficit d'image ». Toutefois, ici, la production non marchande est négligée. De plus, le taux d'actualisation correspond généralement à la préférence pour le présent. L'actualisation est une variable clé dans cette approche puisqu'elle permet, au sein d'un calcul économique, d'exprimer en valeur présente l'ensemble des flux futurs. Il y a néanmoins de nombreuses controverses sur la valeur à retenir, qui peut être décroissante dans le temps (c'est le cas en France: 4% sur les 30 premières années, puis 2% ensuite).

Une autre méthode vise à interroger un échantillon de population en leur demandant leur consentement à payer pour réduire le risque d'un accident en mer, ou la valeur d'évitement d'une catastrophe. Le consentement à payer (observé ou révélé) résulte des méthodes d'interrogation. Les méthodes indirectes conduisent à une valorisation *ex post*, alors que les méthodes directes analysent les réponses d'individus *ex ante*. Cependant, il existe de nombreux biais difficilement contrôlables.

En ce qui concerne l'estimation de la perte de la biodiversité, le problème est beaucoup plus complexe.

Incontestablement, de grandes incertitudes demeurent quant à la bonne valorisation des dommages marchands ou non marchands occasionnés par les marées noires, et il est probable que les marges généralement retenues sous-estiment l'impact des marées noires. ❁

De grandes incertitudes demeurent quant à la bonne valorisation des dommages marchands ou non marchands occasionnés par les marées noires, et il est probable que les marges généralement retenues sous-estiment l'impact des marées noires.

Références bibliographiques

- Bonnieux, F. et Rainelli, P. « Évaluation des dommages des marées noires: une illustration à partir du cas de l'Erika ». *Économie et Statistique*, n° 357-358, 2002.
- Vital, C. « Les conséquences économiques et environnementales de la marée noire ». *Conseil Économique et Social, Région des pays de la Loire*, 2000.
- Wanko, H. « Sous-optimalité de l'indemnisation des victimes des pollutions maritimes. Cas des marées noires en Europe ». *Colloque Monder Buenos Aires*, 2003.

Les coûts sociaux en Europe. Recherche, énergie, transport et environnement

Au départ seulement considérées par quelques économistes du bien-être et par la théorie des biens publics, après vingt ans de recherche internationale, surtout européenne, la quantification et la monétarisation des coûts externes ont acquis leurs lettres de noblesse. Il s'agit à présent de la difficile phase où les décideurs politiques doivent opter pour la meilleure façon d'intérioriser les coûts externes ou, dit autrement, de faire payer les pollueurs pour les dommages qu'ils occasionnent à la santé humaine et à l'environnement.

Les coûts externes et l'analyse coût-avantage en Europe

Certains *coûts* sont dits « *externes* » parce qu'ils s'imposent à la société et à l'environnement sans qu'ils ne soient pris en compte par les producteurs et les consommateurs, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas inclus dans le prix du marché. La collectivité subit des coûts – non désirés – supérieurs aux coûts privés. Ainsi, en présence d'effets externes, l'optimum social n'est pas atteint et les failles des mécanismes de marché apparaissent. Il existe en effet un écart entre les coûts supportés par les agents responsables de décisions économiques et les coûts totaux induits par ces décisions pour la société toute entière.

L'*analyse coût-avantage* (ou coût-bénéfice), contrairement à l'analyse coût-efficacité, compare tous les avantages par rapport à tous les coûts¹. Si le ratio bénéfice/coût est supérieur à 1, le projet ou le programme a une valeur sociale. Généralement de type prospectif et ayant une perspective générale (ensemble de la société), l'analyse coût-avantage permet de déceler la modification nette de la valeur du bien-être de tous les acteurs. En cela, elle donne le coût social.

En 1986, l'Acte Unique Européen (AUE) introduit la politique de l'environnement, le principe du pollueur-payeur et de l'intégration des exigences en matière de protection de l'environnement dans les autres politiques européennes. L'AUE stipule également (art. 130 R, 3) que « dans l'élaboration de son action en matière d'environnement, la Communauté tiendra compte des données scientifiques et techniques disponibles ; des conditions de l'environnement dans les diverses régions de la Communauté ; et des *avantages et*



Jean-Michel BAER et Domenico ROSSETTI DI VALDALBERO

Après avoir travaillé au Cabinet de Jacques Delors (1984-1989), Jean-Michel BAER a été successivement Chef de la Représentation de la Commission en France (1990-1994), Directeur à la DG Éducation et Culture (1994-2003) et Vice-président d'ARTE (2003-2005). Il est actuellement Directeur en charge du Programme « Science, économie et société » à la DG de la Recherche de la Commission européenne.

Domenico ROSSETTI DI VALDALBERO est Administrateur à la DG de la Recherche de la Commission européenne. Après avoir été responsable de la recherche socio-économique en énergie durant dix ans, il est actuellement en charge des dossiers relatifs à la société « post-carbone », aux investissements intangibles et à l'économie des services. Il est l'auteur d'une centaine d'articles scientifiques et de vulgarisation.

Jean-Michel.Baer@ec.europa.eu
Domenico.Rossetti-Di-Valdalbero@ec.europa.eu

1. L'analyse coût-efficacité, souvent de type rétrospectif et ayant une perspective ciblée, reflète le calcul du coût financier direct entre plusieurs options afin d'atteindre un objectif/résultat précis.

des charges qui peuvent résulter de l'action ou de l'absence d'action» [...]. Bref, c'est de l'analyse coût-avantage dont il s'agit.

En ligne avec la Déclaration de Rio de 1992 des Nations Unies qui recommandait l'internalisation des coûts environnementaux, le Livre Blanc de Jacques Delors *Croissance, compétitivité, emploi. Les défis et les pistes pour entrer dans le 21^e siècle* (COM (93)700) fait une référence explicite aux coûts externes. «L'actuel modèle de développement dans la Communauté conduit à une combinaison sous-optimale de deux de ses principales ressources, à savoir la main-d'œuvre et la nature. Ce modèle se caractérise par une exploitation insuffisante de la main-d'œuvre et une surexploitation des ressources naturelles, d'où une détérioration de la qualité de la vie [...]. Une autre forme d'inefficacité de l'actuel modèle de développement est liée aux *effets externes* induits par l'utilisation de l'énergie fossile et nucléaire. Si les progrès de la technologie permettent de résoudre de nombreux problèmes, il n'en est pas moins vrai que l'énergie ne peut plus être considérée comme une ressource illimitée, surtout si l'on tient compte des *coûts externes* liés aux changements climatiques, à l'acidification, aux risques pour la santé, aux risques et aux déchets nucléaires».

Une des premières publications académiques de référence pour les coûts externes de l'énergie, «*Social Costs of Energy*» a été éditée par Olav Hohmeyer et Richard L. Ottinger en 1994 et contient des articles des principaux pionniers dans le domaine². Plus près de nous, Andrea Ricci distingue les coûts externes

«dans le système» (transport, électricité, etc.) et «hors du système» (coûts pour le reste de la société)³.

En vue du Conseil européen de Göteborg de 2001 qui marquera le sceau du développement durable en Europe, la Communication de la Commission sur la stratégie de l'UE dans ce domaine (COM(2001)264) prévoit que «toutes les propositions législatives importantes comprennent une évaluation des *coûts et des bénéfices économiques, environnementaux et sociaux* éventuels d'une action ou d'un défaut d'action, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'UE».

Dans sa récente Communication *Une politique de l'énergie pour l'Europe* (COM(2007)1), la Commission rappelle que l'UE est traditionnellement en faveur du recours à des instruments économiques pour *internaliser les coûts externes*. Ces instruments permettent en effet au marché de déterminer les modalités les plus efficaces et de limiter les coûts.

Le Conseil européen de Bruxelles des 8 et 9 mars 2007 (voir les Conclusions de la Présidence dont plus d'un tiers du contenu est consacré à l'énergie et au climat) relève les trois objectifs de la politique énergétique européenne : accroître la sécurité de l'approvisionnement ; assurer la compétitivité des économies européennes et la disponibilité d'une énergie abordable ; et *promouvoir la viabilité environnementale* et lutter contre le changement climatique. Le Conseil insiste sur la nécessité d'une politique européenne des transports efficace, sûre et durable [...] et prend acte des travaux [...] en ce qui concerne l'évaluation des *coûts externes du transport* et leur internalisation.

Classification des coûts sociaux dans le domaine de l'énergie et des transports

Catégorie de coût social	Coûts externes	
	« Dans » le système	« Hors » du système
Santé et accidents (tout au long du cycle de vie)	Coûts associés à l'augmentation de la probabilité du risque	Coûts sanitaires et autres coûts imposés aux individus et aux collectivités
Pollution atmosphérique (polluants locaux), de l'eau et de la terre (eutrophisation et acidification)	Coûts partiellement internalisés par les taxes, accises et plafonds d'émissions	Coûts imposés à la société (santé publique, environnement et patrimoine)
Changements climatiques (gaz à effet de serre)	Coûts partiellement internalisés pour les installations reprises dans le système européen d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre	Coûts imposés à la société et aux générations futures
Congestion	Coûts en termes de temps perdu par les autres usagers	Coûts économiques imposés aux non-usagers
Bruit, odeur et paysage	Coûts partiellement internalisés par la réglementation	Coûts imposés aux non-usagers

2. O. HOHMEYER, R.L. OTTINGER, *Social Costs of Energy*, Springer-Verlag, Berlin, 1994.

3. A. RICCI – Critical issues in external cost valuation – Report to the Italian Ministry of Environment, Rome (2002).

La recherche européenne sur les externalités et ses résultats

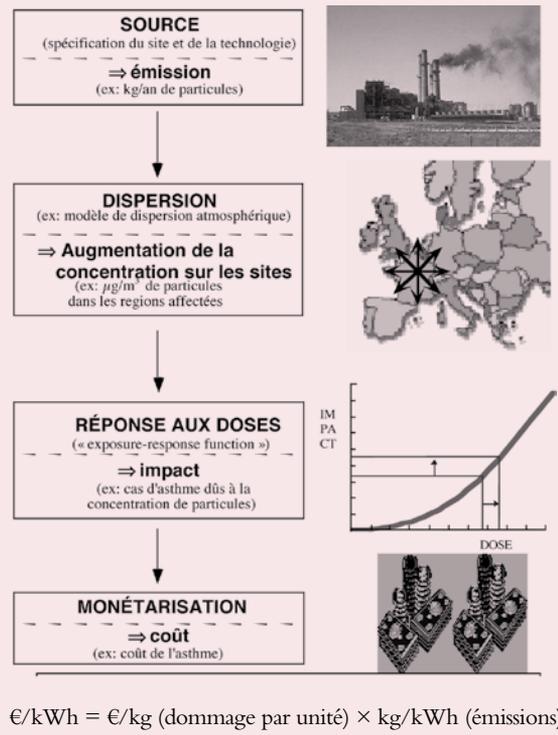
Au niveau européen, les recherches sur les coûts socio-environnementaux liés à l'utilisation de l'énergie (en collaboration avec les États-Unis) et des transports remontent au début des années quatre-vingt-dix. Dès le troisième programme cadre de Recherche et de Développement Technologique (RDT) et jusqu'à aujourd'hui, l'UE a activement soutenu ces travaux sur l'évaluation des externalités, d'abord celle relative à la production de l'électricité, ensuite aux différents modes de transport et, plus récemment, aux différentes technologies industrielles. Les plus grandes recherches sur les coûts externes ont ainsi été menées en Europe et sont devenues les références scientifiques mondiales. Parmi les projets de recherche européens, mentionnons seulement EXTERNE, NEWEXT et NEEDS pour l'énergie, TRENEN, RECORDIT et UNITE pour le transport et ECOSIT pour les technologies industrielles.

À partir d'une méthodologie commune («Cheminement d'impact» ou *Impact Pathway Approach*, voir figure ci-contre), le cadre comptable développé par le projet pionnier EXTERNE permet d'évaluer et de comparer entre eux les technologies énergétiques et les cycles de combustible (charbon, lignite, pétrole, gaz, nucléaire, éolien et hydro), les différents modes de transport (routier, ferroviaire, aérien et maritime) et les technologies industrielles alternatives⁴. Cette comparaison peut également se faire entre les États membres de l'Union européenne.

Les dommages et les impacts de la production d'électricité, des transports et des technologies industrielles sont quantifiés et monétarisés de façon cohérente tout au long de leur cycle de vie. Les principales catégories de dommages pour la santé humaine sont les accidents, les morts prématurées et les maladies provoquées par la pollution atmosphérique. Pour l'environnement, il s'agit du réchauffement de la planète, des dommages sur les récoltes et les forêts, et plus récemment, des atteintes à la biodiversité. Dans le secteur des transports, la congestion est un des

4. Commission européenne, ExternE : Externalities of Energy, vol. 1-10, EC – DG XII/DG Research, Luxembourg, 1995 and 1999; Commission européenne, ExternE : Externalities of Energy, Methodology 2005 update, EC, DG Research, Luxembourg, 2005. Voir : <http://www.externe.info/>. Parmi les principaux auteurs de ces rapports, mentionnons R. FRIEDRICH et P. BICKEL de l'Université de Stuttgart, A. RABL de l'École des Mines et A. MARKANDYA de l'Université de Bath.

L'approche «Cheminement d'impact» pour la quantification des coûts externes



coûts externes les plus importants. Les atteintes au patrimoine, notamment architectural (églises, palais, etc.), bien que mineures en termes quantitatifs, font également partie de l'évaluation des coûts externes.

À partir des résultats de la recherche européenne, il semble possible de conclure que les coûts externes des transports et de l'électricité dépassent 10% du PIB européen, soit plus de 1 000 milliards d'euros par an.

D'après EXTERNE, si on internalisait les coûts externes dans le coût de production de l'électricité à partir du charbon, ce coût doublerait. Le coût de production de l'électricité à partir du gaz naturel augmenterait de 30% alors que celui de l'électricité d'origine nucléaire ou d'origine hydraulique et éolienne ne serait que marginalement affecté (peu de polluants, influence limitée sur le réchauffement de la planète, accidents rares dans le domaine des renouvelables et faible probabilité d'accidents dans les centrales nucléaires de l'UE).

Dans le domaine des transports, la très large majorité des coûts externes (plus de 80%) provient du secteur routier (voitures surtout et camions ensuite). De ces coûts externes du secteur routier, près de 60%

des dommages proviennent des accidents et de la pollution de l'air; viennent ensuite les dommages du changement climatique, de la production en amont et du bruit. D'après RECORDIT, sur la base d'une étude de cas sur le transport marchandise (parcours de Patras en Grèce à Göteborg en Suède), l'internalisation des coûts externes conduirait à une surcharge tarifaire pour le transport routier allant jusqu'à 40 centimes d'euro par véhicule/kilomètre⁵.

L'analyse d'impact – largement inspirée des résultats d'EXTERNE et de NEWEXT – jointe à la proposition de Directive concernant «*la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe*» (COM(2005)447) contient une estimation des coûts des dommages provoqués par l'exposition humaine aux particules et à l'ozone dans l'air ambiant. Pour l'année 2000, on a estimé que l'exposition aux particules réduisait l'espérance de vie statistique moyenne d'environ neuf mois dans les pays de l'UE-25. Cela équivaut approximativement à 3,6 millions d'années de vie perdues ou à 348 000 décès prématurés chaque année. On estime en outre à quelque 21 400 le nombre de décès accélérés par l'ozone.

Grâce au soutien du sixième programme cadre de RDT (2002–2006), toujours en réseau européen, les équipes de chercheurs sur les coûts externes poursuivent leurs travaux dans sept domaines principaux:

- l'amélioration de la méthodologie pour l'évaluation monétaire des impacts sur la mortalité et la morbidité;
- l'estimation des coûts externes pour les dommages à l'écosystème (biodiversité, eutrophisation et acidification);
- la quantification des effets des polluants dans l'air mais aussi dans l'eau et le sol;
- les externalités provenant des accidents majeurs tout au long de la filière énergétique (de l'extraction du charbon dans les mines jusqu'à sa combustion dans tel type de centrale électrique);

5. En France, le « Rapport Boiteux » constitue une référence de base dans le domaine des transports. Voir M. BOITEUX, L. BAUMSTARK, *Transports: choix des investissements et coûts des nuisances*, La Documentation française, Paris, 2001. Au Royaume-Uni, rappelons les travaux du regretté D. PEARCE ainsi que ceux de M. HOLLAND et N. EYRE sur les externalités de l'énergie.

- la monétarisation des coûts externes pour les nouvelles technologies énergétiques (photovoltaïque, piles à combustible, etc.);
- l'évaluation, en termes d'externalité, de la sécurité de l'approvisionnement énergétique;
- la mise en place des scénarios d'internalisation des coûts externes⁶.

Soutien aux politiques européennes et voies « d'internalisation »

Fruit d'une collaboration pluridisciplinaire réunissant près une centaine d'équipes de chercheurs de la grande majorité des États membres de l'UE,

les rapports européens sur les coûts externes ont rassemblé des scientifiques de l'environnement, des énergéticiens, des experts de la santé et de l'écologie, des modélisateurs de l'atmosphère, des économistes et des informaticiens. Avant même que ne soit lancé « *l'Espace Européen de la Recherche* » (COM(2000)6) et son chapitre sur le « Système commun de réfé-

rence scientifique et technique pour la mise en œuvre des politiques », les recherches sur les externalités sont exemplaires de cette logique où les scientifiques soutiennent les décideurs politiques par leur expertise.

Depuis plus de dix ans, les travaux de recherches sur les coûts externes ont été utilisés directement pour la législation européenne relative à la qualité de l'air. D'abord, pour la Directive concernant *l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant* (Directive 96/62/CE – « Directive-cadre ») et ensuite dans les trois « Directives-filles » relatives à la *fixation de valeurs limites pour l'anhydride sulfureux, le dioxyde d'azote et les oxydes d'azote, les particules et le plomb dans l'air ambiant* (Directive 1999/30/CE), aux *valeurs limites pour le benzène et le monoxyde de carbone dans l'air ambiant* (Directive 2000/69/CE), et à *l'ozone dans l'air ambiant* (Directive 2002/3/CE).

Plus récemment, la Communication sur la « *Stratégie thématique sur la pollution atmosphérique* » (COM(2005)446) reconnaît explicitement qu'elle s'inspire des modèles et outils économiques et

6. Voir <http://www.needs-project.org/>

environnementaux mis au point grâce aux fonds communautaires consacrés à la RDT, notamment EXTERNE et NEWEXT.

Au-delà de la pollution atmosphérique, plusieurs « Communications » importantes de la Commission dans le domaine des politiques environnementales, de l'énergie ou des transports de l'UE – qu'elles soient de réflexion (Livre vert) ou d'ébauche de pistes d'actions (Livre blanc) ont largement tiré parti des recherches européennes afin de confirmer le concept de « coûts externes ». Parmi ces documents, à titre d'exemple, citons :

- Dans le domaine des transports: le Livre vert « *Vers une tarification équitable et efficace dans les transports* », (COM(95)691), le Livre blanc « *Des redevances équitables pour l'utilisation des infrastructures: une approche par étapes pour l'établissement d'un cadre commun en matière de tarification des infrastructures de transport dans l'UE* » (COM(98)466) et le Livre blanc: « *La politique européenne des transports à l'horizon 2010: l'heure des choix* » (COM(2001)370);
- Dans le domaine de l'énergie: le Livre vert « *Vers une stratégie européenne de la sécurité d'approvisionnement énergétique* » (COM(2000)769) et la Communication « *Une politique de l'énergie pour l'Europe* » (COM(2007)1);
- Dans le domaine de l'environnement et du développement durable: le sixième Programme d'action pour l'environnement – « *Environnement 2010: notre futur, notre choix* », (COM(2001)31) et la Communication « *Développement durable en Europe pour un monde meilleur: stratégie de l'UE en faveur du développement durable* » (COM(2001)264).

Si plusieurs façons permettent de prendre en compte ou « d'internaliser » le coût des dommages causés à l'environnement et à la santé, mentionnons-en quatre utilisées dans l'UE.

La première possibilité consiste à taxer les combustibles et les technologies responsables de ces dommages, ce qui se traduit par une hausse substantielle des prix de l'énergie fossile. Par exemple, l'électricité produite à partir du charbon doublerait quasiment si le coût externe était répercuté dans les factures d'électricité. Sur le plan européen, ce type de taxation est non seulement difficile à imaginer sur le plan institutionnel (unanimité requise des vingt-sept États membres) mais aussi économiquement et socialement parlant dans certains pays ou régions (par exemple, plus de 90% de l'électricité est produite à partir du charbon en Pologne).

Une autre solution consiste à encourager ou accepter de subventionner les sources énergétiques et les technologies plus propres qui permettent d'éviter ou de réduire les coûts socio-environnementaux. En février 2001, la Commission a publié « *l'Encadrement communautaire des aides d'État pour la protection de l'environnement* » qui prévoit explicitement que les « États membres peuvent octroyer des aides au fonctionnement aux nouvelles installations de production d'énergie renouvelable, calculées sur la base des coûts externes évités. En tout état de cause, le montant de l'aide ainsi octroyée au producteur d'énergie renouvelable ne peut pas excéder 5 centimes d'euro par kWh » (JO, C 37, 3/2/2001).

La troisième option consiste à fixer des objectifs énergétiques et environnementaux qui permettent de réduire les coûts externes. La Directive 2001/77 (et les futurs Traité d'Adhésion) prévoit de faire passer l'électricité verte à 21% dans l'UE en 2010. De même, lors du Conseil européen de Bruxelles des 8 et 9 mars 2007, les Chefs d'État et de gouvernements ont adopté trois objectifs ambitieux pour l'UE à l'horizon 2020 :

- Réduire les gaz à effet de serre de 20% par rapport à 1990;
- Augmenter l'efficacité énergétique afin d'économiser 20% de la consommation énergétique de l'UE par rapport aux projections;
- Atteindre 20% d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique totale de l'UE – dont 10% de biocarburants dans la consommation totale d'essence et de gazole destinés au transport (objectifs contraignants)⁷.

Finalement, la dernière possibilité consiste à évaluer systématiquement les coûts et les avantages de telle politique ou de tel programme. Suite à la Communication de la Commission sur *l'analyse d'impact* (COM(2002)276), depuis 2003, toutes les initiatives importantes de l'UE sont soumises à ce type d'évaluation avant d'être prises. L'analyse d'impact permet de révéler les effets positifs et négatifs probables des actions proposées, notamment sur l'environnement et la santé. Il s'agit donc d'une voie indirecte, mais formelle dans la législation européenne, de mesurer les externalités et de les prendre en compte.

7. Conseil européen, Conclusions de la Présidence, Bruxelles, 8-9/3/2007. Voir : www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms_Data/docs/pressData/fr/ec/93141.pdf

Défis pour la recherche et conclusions politiques

Les chercheurs européens sont aujourd'hui confrontés au grand défi – un peu comme les scientifiques du Panel Intergouvernemental sur le Changement Climatique ont dû le faire pour l'enjeu du réchauffement planétaire – d'aboutir à un « consensus scientifique » sur :

- La définition des coûts à considérer comme « internes » ou « externes ». La question de la congestion illustre à merveille ce débat ;
- la valeur statistique de la vie humaine, la valeur d'une année de vie perdue, la valeur du CO₂ et le taux d'actualisation à utiliser dans les évaluations (aujourd'hui environ un million d'euros pour la valeur de la vie humaine, entre 25 000 et 40 000 euros pour la valeur d'une année de vie perdue dans l'UE, entre 15 et 150 euros par tonne de CO₂ et entre 1 et 10% comme taux d'actualisation) ;
- la valeur monétaire des éléments intangibles tels la « sécurité d'approvisionnement énergétique » ou la « préservation de la biodiversité ».

Sur le plan plus politique, la question des coûts externes a franchi plusieurs étapes ces vingt dernières années. Les notions de « bien public » et de « coûts totaux » sont quasiment entrées dans le jargon quotidien de l'UE.

L'envoi de signaux appropriés par les marchés (« fixer des prix qui reflètent les coûts totaux ») constitue sans doute un des plus puissants instruments pour favoriser le changement de comportement des citoyens.

Ce rééquilibrage du marché par le biais d'interventions de tarification s'avère nécessaire pour atteindre un développement plus durable en Europe. Il s'agit à présent de mettre en œuvre les meilleures voies possibles afin d'internaliser les coûts externes. ❁



Les politiques incitatives à la Maîtrise de la Demande d'Électricité (MDE) au Sénégal

Au Sénégal, la Maîtrise de la Demande d'Électricité (MDE ou DSM pour Demand Side Management), méthode qui consiste à influencer de manière active la demande d'électricité, est très vite apparue comme une opportunité pour faire face aux contraintes du système électrique régulièrement pris en défaut. L'État, le régulateur (Commission de Régulation du Secteur de l'Électricité) ainsi que l'opérateur historique (SENELEC) ont été chacun amenés à évaluer, à partir d'une prévision de la demande adéquate, les différentes réponses en termes de schéma institutionnel, de politique tarifaire, d'investissements ou de programmes de maîtrise de la demande d'électricité. L'objectif étant de satisfaire une demande fortement croissante sans pour autant recourir systématiquement à une simple augmentation des capacités de production.



Hamady SY

Hamady SY est Expert économiste à la Commission de Régulation du Secteur de l'Électricité du Sénégal (CRSE). Il est titulaire du DESS Économie et Droit de l'Énergie de la Faculté des Sciences Économiques de Montpellier (France), sous la direction du Professeur Jacques PERCEBOIS. Il intervient régulièrement sur les questions de régulation tarifaire, d'accès des tiers aux réseaux et de mise en œuvre de concessions d'électrification rurale.

L'origine des politiques incitatives à la Maîtrise de la Demande de l'Électricité (MDE)

La forte corrélation entre la consommation d'électricité et le niveau de développement fait que la problématique du développement du système électrique est au cœur de la politique énergétique du Sénégal.

En effet, le développement économique des secteurs qui se modernisent et les phénomènes d'urbanisation sont autant de sources de croissance de la demande au Sénégal. Cependant, le choix consistant à y répondre par de simples ajouts de capacité de production a largement montré ses limites.

Ainsi, l'utilisation rationnelle de l'électricité est apparue comme une nécessité pour ce pays en voie de développement devant faire face aux besoins grandissants de son économie. Ceci d'autant plus qu'une telle utilisation recèle de nombreuses opportunités tant en termes de réponse à la croissance de la demande qu'en termes de moyens de lutte contre les problèmes environnementaux induits par le développement.

S'agissant du potentiel d'économie d'énergie, diverses études de la Banque mondiale ont révélé qu'il était généralement supérieur à 20% pour les pays en voie de développement dans un scénario intégrant la problématique de la Maîtrise de la Demande d'Électricité (MDE).



Compte tenu de ce qui précède, les décideurs publics ont fait le choix d'adjoindre aux augmentations de capacité de production des programmes de Maîtrise de la Demande d'électricité (MDE), pour permettre d'ajuster la capacité de production à une demande elle-même optimisée.

Les particularités du système électrique sénégalais

Deux types d'acteurs interviennent directement dans le secteur de l'électricité au Sénégal. Il s'agit des acteurs institutionnels et des opérateurs.

Au niveau des acteurs institutionnels, on retrouve le Ministère chargé de l'Énergie, la Commission de Régulation du Secteur de l'Électricité (CRSE) et l'Agence Sénégalaise d'Électrification Rurale (ASER).

Le Ministre conçoit puis propose au Président de la République la politique générale ainsi que les normes applicables au secteur.

La CRSE est chargée de la régulation des activités de production, de transport, de distribution et de vente d'énergie électrique.

L'ASER a pour mission d'apporter un soutien technique et financier aux opérateurs souhaitant mettre en œuvre des projets d'électrification rurale. Elle organise à cette fin des appels d'offres pour l'octroi de concessions d'électrification rurale.

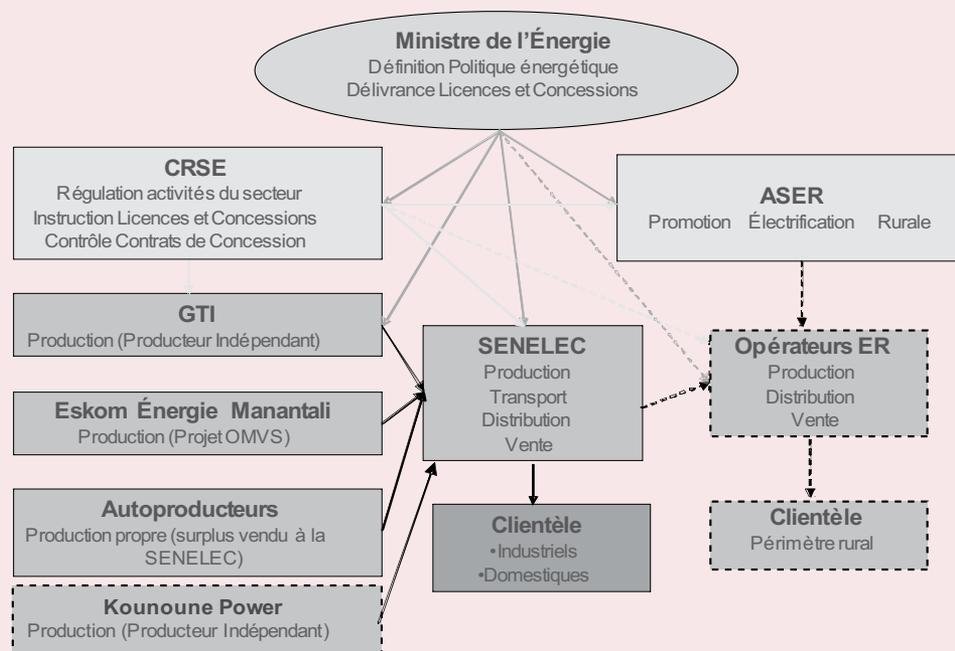
Concernant les opérateurs, la SENELEC, opérateur historique, assure les deux tiers de la production nationale. Elle détient le monopole du transport sur l'ensemble du territoire national ainsi que l'exclusivité de la distribution dans le périmètre de sa concession.

Les autres opérateurs sont des producteurs indépendants :

- Eskom-Énergie-Manantali (EEM), filiale de Eskom Afrique du Sud, exploite la centrale hydro-électrique de Manantali (Mali) et fournit l'énergie, outre à SENELEC, aux sociétés nationales d'électricité du Mali et de la Mauritanie, membres avec le Sénégal, de l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS).
- GTI-Dakar a signé avec SENELEC un contrat de fourniture d'énergie électrique pour une durée de quinze ans.
- Kounoune Power a également signé avec SENELEC un nouveau contrat d'approvisionnement pour une durée de quinze ans mais la centrale est en cours de mise en service.

Enfin, l'Office National d'Électricité (ONE) du Maroc, adjudicataire de la première concession d'électrification rurale du Sénégal, est un futur opérateur.

Figure 1 – Les acteurs du secteur de l'électricité au Sénégal



Le système électrique sénégalais est également caractérisé par une demande croissante qui a évolué en moyenne de 6,43% par an sur la période 2003-2006, passant de 1 445 GWh à 1 742 GWh dans le périmètre de concession de SENELEC.

Tableau 1 – Évolution des ventes annuelles par SENELEC (GWh)

	2003	2004	2005	2006	TCMA
Basse tension	830	922	1 015	1 067	8,73 %
Moyenne tension	456	461	503	517	4,27 %
Haute tension	159	158	172	158	-0,21 %
Total	1 445	1 541	1 690	1 742	6,43 %

De plus, à la demande de la clientèle de SENELEC, viendra rapidement s'ajouter celle issue de la nouvelle clientèle rurale dont l'accès actuel à l'énergie électrique est faible. Le taux d'électrification rurale était de l'ordre de 15% en juillet 2006. Avec le vaste programme d'électrification rurale en cours, le système électrique sénégalais va certainement enregistrer un afflux de nouveaux abonnés dans les prochaines années.

Pour répondre à cette demande, le pays dispose d'un parc de production essentiellement thermique.

Cette prédominance du thermique dans le parc de production constitue un véritable handicap pour le pays puisque la flambée des cours de produits pétroliers entraîne des conditions d'exploitation onéreuses.

Figure 2 – Répartition de la production brute au Sénégal (%)

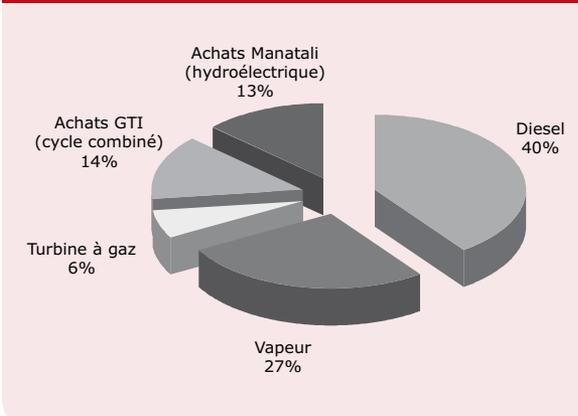
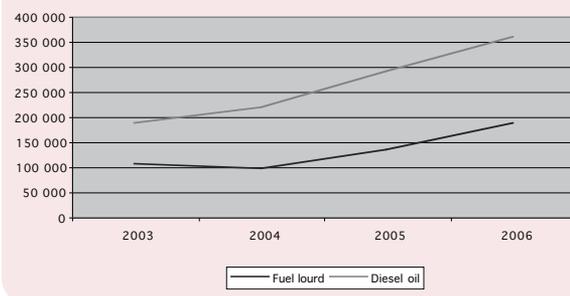
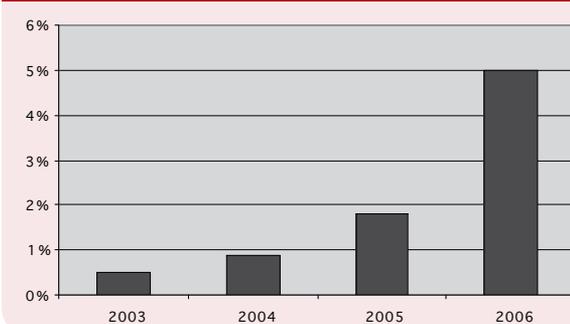


Figure 3 – Évolution des prix des principaux produits pétroliers utilisés par SENELEC (francs CFA/tonne)



De ce fait, les coûts de production de SENELEC ont considérablement augmenté ces dernières années, ce qui a dégradé son exploitation. Ainsi, la demande accessible non satisfaite (Énergie Non Fournie) n'a cessé d'augmenter, comme l'illustre la figure 4.

Figure 4 – Évolution du rapport entre Énergie Non Fournie et ventes



Cette situation, ci-dessus décrite, justifie amplement la volonté politique de s'appuyer sur les opportunités offertes par la Maîtrise de la Demande d'Électricité (MDE).

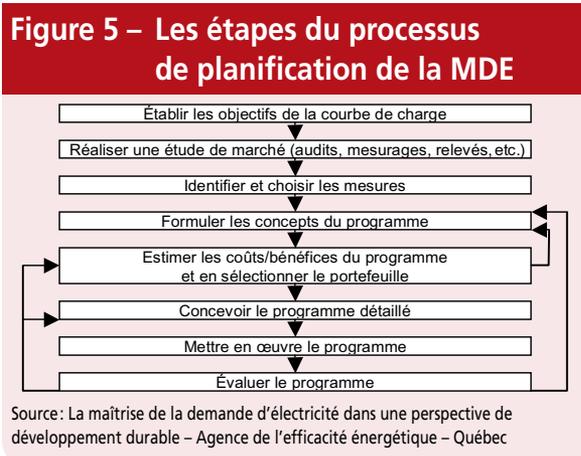
Présentation de la Maîtrise de la Demande d'Électricité (MDE)

La Maîtrise de la Demande d'Électricité consiste à mettre en place une stratégie de contrôle de l'accroissement de la demande électrique. Plus spécifiquement, il s'agit de sélectionner, de planifier puis de mettre en œuvre des mesures susceptibles d'influencer le comportement des consommateurs, de manière à obtenir les changements tendant à maîtriser leur demande.

Ces mesures reposent sur l'analyse de quatre éléments fondamentaux :

- la courbe de charge ;
- les pertes techniques et non techniques des réseaux électriques ;
- les habitudes d'achat d'équipement des abonnés du service électrique ;
- les comportements et les habitudes d'utilisation de l'électricité chez les usagers.

La mise en place d'un programme de Maîtrise de la Demande d'Électricité (MDE) se fait suivant plusieurs étapes présentées dans la figure 5.



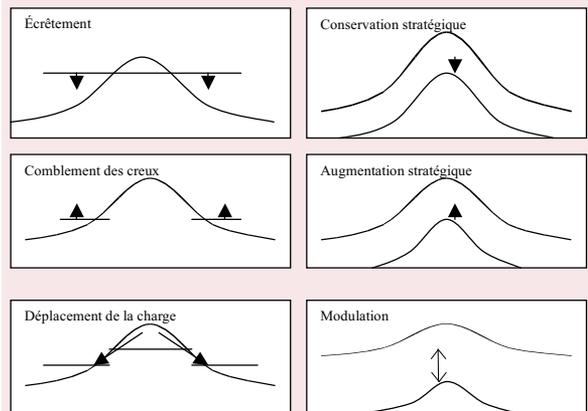
Au cours du processus de planification de la MDE, il est indispensable d'établir les objectifs visés du point de vue de la forme de la courbe de charge pour déterminer les effets bénéfiques pour le système électrique.

Les principaux objectifs de modification de la courbe de charge sont l'écrêtement, le comblement des creux, le déplacement de la charge, la conservation stratégique, l'augmentation stratégique et la modulation.

L'écrêtement, le comblement des creux et le déplacement de la charge permettent d'aplanir la courbe de charge de la demande générale. Ce mécanisme, qui rend la demande la plus constante possible, permet de faciliter la régulation de la production et par conséquent de réduire les coûts d'exploitation et de production. Le comblement des creux sert, en outre, à augmenter les ventes.

Les trois autres types de modification de la courbe de charge visent à rendre le profil de la charge le plus constant possible mais ne sont réalisables que pour certains systèmes électriques.

Figure 6 – Les principaux objectifs de la modification de la courbe de charge



Source : La maîtrise de la demande d'électricité dans une perspective de développement durable – Agence de l'efficacité énergétique – Québec

La Maîtrise de la Demande d'Électricité (MDE) consiste ainsi à définir une variété de programmes pour augmenter ou réduire la charge, parmi lesquels, on peut retenir :

1. Les programmes de conservation d'énergie qui favorisent l'application de mesures d'efficacité énergétique, à titre d'exemple sur les appareils d'éclairage, la climatisation ou les moteurs. Ces programmes sont surtout motivés par la réduction de la consommation d'énergie et indirectement par la diminution de la pointe d'appel de puissance.
2. Les programmes de gestion de la charge qui permettent de contrôler, de couper ou de déplacer la demande dans le temps sur une base horaire ou saisonnière selon les besoins et les contraintes de la demande de pointe. Ces programmes conduisent normalement à une diminution de la pointe d'appel de puissance, accompagnée ou non d'une diminution de la consommation. Dans certains cas, les stratégies et les équipements utilisés pour le contrôle de la pointe peuvent entraîner une augmentation de la consommation.
3. Les programmes de croissance de la demande qui peuvent être appliqués à certaines périodes horaires ou saisonnières afin de combler les « creux » lorsque le réseau est alimenté par des centrales au fil de l'eau, par exemple. C'est ce qu'on appelle généralement les mesures d'accroissement stratégique de puissance ou la consommation excédentaire.

La régulation tarifaire comme outil de MDE

Au Sénégal, les tarifs de vente au détail sont soumis à régulation sur la base des plafonds de prix. Pour SENELEC, les prix plafonds sont issus des revenus autorisés, fixés par la Commission de Régulation du Secteur de l'électricité pour cinq années et indexés sur l'inflation grâce à une formule de contrôle également définie pour cinq années.

À partir du montant des revenus autorisés, les tarifs appliqués aux clients sont déterminés sur la base de la structure tarifaire actuellement appliquée par SENELEC. Cette dernière n'a pas évolué depuis de nombreuses années et présente la particularité d'être dégressive en fonction des consommations, pour l'usage domestique et l'usage professionnel de faible demande. Pour les autres usages, des tarifs aux heures de pointe et aux heures hors pointe, accompagnés de prime de capacité, sont appliqués.

Dans le cadre de la mise en œuvre de la Maîtrise de la Demande d'Électricité (MDE), les deux derniers ajustements tarifaires, intervenus en novembre 2005

et en octobre 2006, ont été appliqués de manière différenciée de sorte à préserver les petits consommateurs et à promouvoir l'efficacité énergétique.

En 2005, pour une hausse globale de 10%, le schéma d'ajustement ci-après a été retenu :

- pour l'usage domestique (UDS et UDG) : pas de hausse sur la 1^{re} tranche, 7% sur la 2^e tranche et 12% sur la 3^e tranche ;
- pour l'usage professionnel de faible capacité (UP1) : 7% sur la 1^{re} tranche, 9% sur la 2^e tranche et 12% pour la 3^e tranche ;
- pour les autres usages ; hausse générale de 12%.

En 2006, pour une hausse globale de 15%, le schéma d'ajustement ci-après a été retenu :

- pour l'usage domestique (UDS et UDG) : 5% sur la 1^{re} tranche, 11% sur la 2^e tranche et 19% sur la 3^e tranche ;
- pour les autres usages ; hausse générale de 15%.

Ces évolutions tarifaires visent donc à favoriser la Maîtrise de la Demande d'Électricité (MDE) en incitant fortement les consommateurs à l'utilisation

Tableau 2 – Structure de l'actuelle grille tarifaire de SENELEC

Tarifs	1 ^{re} tranche	2 ^e tranche	3 ^e tranche	Prime fixe mensuelle (francs CFA*/kW de puissance maximale appliquée)
	correspond aux premières heures d'utilisation de la puissance souscrite (francs CFA*/kWh)	correspond à une partie des heures suivantes d'utilisation de la puissance souscrite (francs CFA*/kWh)	correspond aux dernières heures d'utilisation de la puissance souscrite (francs CFA*/kWh)	
Basse tension				
UDS ; usage domestique spécial	100,25	126,55	82,63	
UDG ; usage domestique général	126,29	103,41	82,63	
UP 1 ; usage professionnel 1	154,01	140,71	98,61	
UP 2 ; usage professionnel 2	109,20	98,61		2386,19
EP ; éclairage public	111,39			2763,93

Tarifs	Hors pointe	Pointe	Prime fixe mensuelle (francs CFA*/kW de puissance maximale appliquée)
	(francs CFA*/kWh)	(19 heures – 23 heures) (francs CFA*/kWh)	
Moyenne tension			
TCU ; tarif courte utilisation	104,74	151,14	801,85
TG ; tarif général	75,38	108,77	3412,95
TLU ; tarif longue utilisation	61,92	89,37	8237,69

Tarifs	Hors pointe	Pointe	Prime fixe mensuelle (francs CFA*/kW de puissance maximale appliquée)
	(francs CFA*/kWh)	(19 heures – 23 heures) (francs CFA*/kWh)	
Haute tension			
UHT ; tarif général	49,22	62,80	8361,39
UHTS ; tarif secours	65,54	78,65	3717,18

* 655 957 francs CFA = 1 euro

rationnelle de l'électricité. Par ailleurs, elles tendent à corriger une des faiblesses de la grille tarifaire actuelle, basée sur un tarif dégressif en fonction de la quantité consommée. De ce fait, plus vous consommez, plus le prix moyen du kWh est faible. L'application différenciée de la hausse tarifaire permet ainsi d'amoindrir cette particularité en parfaite contradiction avec les contraintes du système de production électrique sénégalais.

Par ailleurs, pour une meilleure utilisation de l'outil tarifaire au service de la Maîtrise de la Demande d'Électricité (MDE), la Commission de régulation et SENELEC sont en train de procéder à une étude pour la mise en place d'une nouvelle grille tarifaire qui permette, entre autres, d'optimiser l'offre et la demande électrique.

La MDE au centre de l'accès à l'énergie en milieu rural

Pour permettre l'accès des populations rurales à l'électricité, le Sénégal a lancé un vaste programme d'électrification rurale. Le schéma retenu est une subdivision du Sénégal en douze concessions d'électrification rurales qui seront attribuées à des opérateurs sur la base d'appel d'offres internationaux.

Dans un souci de rationalisation de la demande, le choix de la Maîtrise de la Demande d'Électricité (MDE) a été clairement fait. En effet, l'opérateur attributaire de la concession devra garantir contractuellement la maîtrise de l'énergie. Pour ce faire,

sur la base de la puissance mise à la disposition de l'utilisateur, l'opérateur devra s'assurer de l'utilisation rationnelle de l'électricité, notamment par un suivi de la qualité des installations intérieures et des ampoules à basse consommation, lesquelles sont obligatoirement réalisées et pré-financées par le concessionnaire.

Par ailleurs, du fait du type de tarification retenu, tarification au forfait pour les trois premiers niveaux de service, le concessionnaire est incité à s'assurer que les usagers ne dépassent pas les puissances souscrites. Ces dernières étant relativement faibles, 50 W par exemple pour le premier niveau de service, les usagers devront forcément recourir à des équipements énergétiques efficaces.

La maîtrise des consommations publiques d'électricité

Les consommations du secteur public représentent un gisement important de Maîtrise de la Demande d'Électricité (MDE).

L'étude réalisée en 2001, en collaboration avec l'Institut de l'Énergie et de l'Environnement de la Francophonie (IEPF) a permis d'évaluer les gisements potentiels d'économies sur les dépenses d'électricité du service public.

Les consommations du secteur public (Ministères, Établissements publics, Communes, Communautés rurales, Autres administrations), représentent 8,7% des ventes de SENELEC, hors haute tension et 27,7% des usagers moyenne tension.

L'étude a révélé que la mise en œuvre d'un programme d'analyse et de suivi des dépenses publiques d'électricité devrait permettre d'alléger considérablement la facture de l'État, de l'ordre de 10%.

De surcroît, la mise en œuvre d'un programme volontariste de réduction des consommations axé sur la sensibilisation des usagers et la rationalisation des équipements pourrait permettre de doubler ce résultat.



L'optimisation des consommations d'éclairage public

Une autre opportunité de rationalisation de la consommation d'énergie, d'économies d'énergie et de développement de l'efficacité énergétique est aujourd'hui explorée avec la réalisation d'une étude visant à définir les conditions permettant d'améliorer les choix techniques, la mise en œuvre, la gestion et l'exploitation de l'éclairage public au Sénégal.

Cette étude concerne un parc de 31 364 lampadaires représentant une consommation annuelle de 34,5 GWh.

Ainsi, l'étude devra, dans un premier temps, procéder à un état des lieux détaillé de l'éclairage public des principales villes du pays.

Au terme de cet état des lieux, on procédera à une analyse critique des conditions actuelles de mise en œuvre de l'éclairage public au Sénégal, notamment pour ce qui concerne les choix et options techniques d'éclairages utilisés.

Enfin, il devra ressortir de cette étude des propositions pour l'amélioration de l'éclairage public, après examen notamment de toutes les opportunités d'économie d'énergie et d'amélioration de l'efficacité énergétique.

Conclusion

Le système électrique sénégalais, du fait de la vétusté des installations individuelles et domestiques peu efficaces, recèle de nombreuses opportunités en termes de Maîtrise de la Demande d'Électricité. Ainsi, la mise en œuvre rapide de technologies modernes d'éclairage et la mise en place de normes d'architecture entre autres, sont autant de sources d'amélioration de l'efficacité énergétique et de maîtrise de la demande d'électricité. À ce titre, la diffusion des ampoules basses consommations permettrait d'écrêter la pointe et de minimiser les risques de délestages.

Ainsi, le programme dont a bénéficié le Sénégal au titre de projet de réduction des émissions de gaz à effet de serre par amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments, pourrait faciliter la mise en œuvre des économies d'énergie. Par la formation d'opérateurs aux

techniques de promotion de l'efficacité énergétique et en élaborant un code d'efficacité énergétique des bâtiments administratifs, entre autres, l'État devrait renforcer son objectif de Maîtrise de la Demande d'Électricité (MDE). ❁

Remerciements – Je tiens à remercier, pour leur aide et leurs précieux conseils :

- Madame Maïmouna Ndoye SECK, Directeur de Cabinet du Ministre de l'Industrie, des Mines et de l'Énergie,
- Monsieur Moussa SENE, Directeur des Études Générales de SENELEC,
- Monsieur Lamine THIOUNE, Directeur de l'Énergie,
- Mes collègues de la CRSE (Messieurs Mamadou Ndoye DIAGNE, Pape Samba DIANE, Ibrahima Amadou SARR).

Références

- *La maîtrise de la demande d'électricité dans une perspective de développement durable* – Agence de l'efficacité énergétique – Québec.
- Décisions tarifaires de la Commission de Régulation du Secteur de l'Électricité au Sénégal (CRSE).
- Rapports annuels de la Commission de Régulation du Secteur de l'Électricité.
- *Étude sur la mise en œuvre d'un programme d'analyse de réduction et de suivi des dépenses d'électricité du secteur public* – IEPF
- Politique énergétique du Sénégal – Direction de l'Énergie – Ministère chargé de l'Énergie.



La prise en compte de l'environnement dans la politique énergétique du Vietnam

Les quantités d'énergie consommées et leur nature figurent au cœur des débats environnementaux actuels. Cette question liée à l'environnement est devenue une contrainte de plus en plus importante dans le développement du secteur énergétique de tous les pays. Au Vietnam, ces dernières années, le rythme de croissance du PIB a été en moyenne de 7,7%. Ce développement rapide de l'économie demande une forte croissance en énergie consommée et provoque donc des problèmes liés à l'environnement.

Prenons l'exemple de l'énergie électrique. En 2005, la consommation d'électricité était de 590 kWh/personne. Bien que ce chiffre soit encore inférieur de 3 à 6 fois à celui de la Thaïlande ou de la Malaisie, la consommation électrique au Vietnam s'accroît très rapidement avec un taux moyen de 15%/an. L'élasticité de la demande électrique au PIB est supérieure à 2. De plus, l'efficacité énergétique est très faible. Dans un contexte où le Vietnam vient de devenir membre de l'OMC, les perspectives de développement plus rapide de l'économie et de la société entraînent une forte croissance de la demande énergétique. Les émissions polluantes, l'épuisement des ressources naturelles et le fléau de la déforestation sont des conséquences négatives de ce processus. Les préoccupations environnementales sont donc à prendre en compte pour assurer un développement durable du pays.

L'objectif de cet article est de donner une vue générale de l'état actuel du système énergétique du Vietnam et de la prise en compte de l'environnement dans sa politique énergétique. Après avoir présenté la situation actuelle et la prospective du secteur énergétique, nous évaluerons les impacts de l'énergie sur l'environnement. La politique de protection de l'environnement et la prise en compte de l'environnement dans la stratégie de développement du secteur énergétique seront enfin analysées.



BUI Xuan Hoi

BUI Xuan Hoi est Enseignant et habilité à diriger des recherches au Département d'Économie de l'Énergie, Institut Polytechnique de Hanoi. Il est Vice-Directeur du Département de Planning et Finance de l'Institut Polytechnique de Hanoi, Vietnam.



hoibx-fem@mail.hut.edu.vn

La situation actuelle du système énergétique du Vietnam

Les ressources en énergie du Vietnam sont constituées d'un vaste réseau des rivières fournissant un gros potentiel hydroélectrique¹, de 1,6-1,8 milliard m³ de TOE de réserves prouvées de pétrole, de 2 400-2 700 milliards m³ TOE de gaz naturel, de 5,9 milliards de tonnes de charbon, ainsi que d'un potentiel d'énergies renouvelables². Le secteur énergétique joue un rôle crucial dans le développement économique et social du pays³. Depuis la réforme de l'économie, les exportations d'énergie (pétrole brut et charbon) permettent une importante entrée de devises étrangères, qui s'ajoutent aux revenus du pays. Pour l'économie intérieure, l'énergie est un input très important du processus d'industrialisation et de modernisation. Mais le développement énergétique génère des problèmes environnementaux et le Vietnam doit faire face au défis de gestion des ressources énergétiques pour pouvoir limiter la dégradation de l'environnement sans influencer sur la croissance économique à long terme.

La production d'énergie primaire

Le Vietnam exploite les quatre énergies commerciales : le charbon, le pétrole, le gaz naturel et l'hydroélectricité. Au total, l'énergie commerciale exploitée est passée de 7 016 KTOE en 1990 à 47 400 KTOE en 2004, c'est-à-dire un taux de croissance moyen de 15% pour la période 1990-2000 et de 12,7% pour la période 2000-2004. En 2004, la structure de la production de l'énergie primaire est composée à 44% par du pétrole, 31% par du charbon, 11,3% du gaz et 12,2% de l'hydroélectricité. L'approvisionnement en énergie primaire est passé de 6 600 KTOE en 1990 à 29 000 KTOE en 2004. La consommation d'énergie primaire en 2004 se répartit comme suit : 38,3% pour les produits pétroliers, 26,8% pour le charbon, 20,1% pour l'hydroélectricité et 14,7% pour le gaz naturel.

1. Selon l'Institut de l'Énergie du Vietnam (Planification-Électricité n° 6, 2004), le potentiel total de ressources hydroélectriques est environ 120 milliards kWh avec une capacité de 30 000 MW. Jusqu'à présent, la capacité totale des centrales hydroélectrique est seulement de 4 200 MW.

2. Planification-Électricité du Vietnam n° 6, 2004.

3. En 2005, la production du brut du Vietnam est environ de 20 millions de tonnes avec une valeur d'exportation de 5,56 milliards \$US. L'exportation du charbon augmente très rapidement avec 10,5 millions de tonnes. L'énergie est en seconde place de la valeur d'exportation du Vietnam (Source : Ministre de l'Industrie).

Par ailleurs, les énergies traditionnelles exploitées au Vietnam jouent encore un rôle important dans l'approvisionnement en énergie pour les régions rurales et montagneuses. Ce sont les bois de chauffage, les charbons de bois et les sous-produits agricoles. Leur consommation totale s'élevait à 12 400 KTOE en 1990, 14 190 KTOE en 2000 et 14 820 KTOE en 2004. Les sources d'énergies nouvelles et renouvelables sont potentielles mais encore très peu exploitées et utilisées.

La consommation d'énergie

La consommation de l'énergie primaire par habitant a augmenté de 0,102 TOE en 1990 à 0,354 TOE en 2004. Ce niveau de consommation des Vietnamiens est encore très faible et ne représente que 22% du niveau mondial moyen. La consommation totale d'énergie finale du Vietnam est passée de 4 212 KTOE en 1990 (31% pour le charbon, 56% pour les produits pétroliers et 13% pour l'électricité) à 19 449 KTOE en 2004, avec une diminution de la part du charbon à 30% et à 51% pour les produits pétroliers, et une augmentation de la consommation d'électricité à 19%. La croissance moyenne est de 11,7%/an pour la période de 1990-2004 (voir tableau 1).

Les trois plus grands consommateurs sont l'industrie, le transport et le secteur résidentiel et commercial (voir figure 1). Avec une contribution de 40,6% au PIB en 2004 et un rôle majeur dans la croissance de l'économie du pays, le secteur industriel consomme 40% de la consommation totale d'énergie. L'énergie finale consommée par l'industrie est passée de 1 700 KTOE en 1990 à 7 900 KTOE en 2004. En pourcentage, la proportion de charbon consommée par ce secteur est passée de 59,5% en 1990 à 47,8% en 2004, alors que la consommation d'électricité a augmenté de 14,3% en 1990 à 19,2% en 2004 et que la proportion des produits pétroliers se stabilisait à 27%.

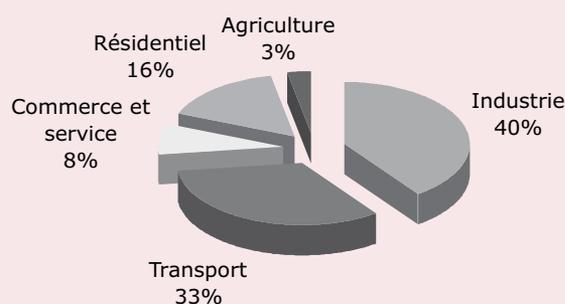
En 2004, le secteur du transport contribuait à seulement 2-3% du PIB du pays mais utilisait 33% de la consommation totale de l'énergie. L'énergie finale utilisée, essentiellement des produits pétroliers, s'élevait à 1 400 KTOE en 1990 et à 6 500 KTOE en 2004, soit une augmentation de 11,6%/an pour cette période. La consommation des secteurs du commerce et du service s'élevait à 330 KTOE en 1990 et à 1 500 KTOE en 2004, avec la répartition suivante : 67% pour les produits pétroliers, 22% pour l'électricité et 10% pour le charbon. Ces deux secteurs contribuent pour 38,5% au PIB du pays

Tableau 1 – La consommation d'énergies finales au Vietnam pour période de 1990 à 2004 (en KTOE)

Année	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Charbon	1 324	2 603	3 223	3 984	4 302	5 028	6 007
Produits pétroliers	2 356	4 344	6 760	7 456	8 765	9 639	9 985
Gaz naturel ⁴	0	22	18	15	19	18	43
Électricité	532	963	1 927	2 214	2 586	2 996	3 414
Total	4 212	7 932	11 927	13 669	15 672	17 681	19 449

Source: Institut de l'Énergie, 2006

Figure 1 – Énergie commerciale consommée par les secteurs économiques (en %) en 2004



Source: Institut de l'Énergie, 2006

mais ne représentent que 8% de la consommation totale en énergie. Le secteur agricole, qui emploie 74% de la population vietnamienne, contribue pour 9,14% au PIB mais avec seulement 2-3% de la consommation totale de l'énergie. La consommation énergétique de ce secteur s'élevait à 240 KTOE en 1990 et à 540 KTOE en 2004, soit une croissance de 6%/an. Enfin, le secteur résidentiel a consommé 480 KTOE en 1990 et 3 100 KTOE en 2004, soit une croissance de 14,2%/an. On peut observer une forte substitution de l'énergie électrique aux autres énergies dans l'utilisation résidentielle.

Ainsi, on peut constater que la croissance de la demande de l'énergie est largement supérieure à celle du PIB. Par conséquent, l'intensité de l'énergie commerciale est passée de 0,350 TOE/\$US en 1990

à 0,487 en 2000 et à 0,54 TOE/\$US en 2004⁵. Cette intensité de l'énergie du Vietnam est 1,5 fois plus élevée que celle de la Thaïlande et 2 fois plus que l'intensité moyenne mondiale. L'intensité énergétique du Vietnam augmente ainsi de manière régulière parce que le processus d'industrialisation et de modernisation du pays accroît massivement la demande d'énergie et parce qu'une substitution de l'énergie commerciale à l'énergie traditionnelle se développe. Mais la forte intensité énergétique du pays est également due à la politique de subvention des prix énergétiques, au bas prix de l'énergie et à une faible efficacité énergétique.

En résumé, on peut dire que le Vietnam consomme moins d'énergie que les autres pays de la région et dans le monde, mais il existe un grave déséquilibre entre le développement économique et social et celui de l'énergie. Cette situation du système énergétique est due à trois raisons principales: une perte et un gaspillage importants dans la production et la consommation de l'énergie; une faible efficacité énergétique; une politique de prix de l'énergie en faveur des consommateurs (voir tableau 2). Dans le secteur électrique, par exemple, la production électrique en 2005 est de 53,32 GWh mais l'électricité commercialisée n'est que de 44,9 GWh, soit une perte de 15,8%, alors que dans d'autres pays cette valeur est de 7 à 9% seulement. Le prix de l'électricité appliqué aux consommateurs ruraux est de 390 VND/KWh tandis que le coût de production électrique est de 750 VND/KWh.

4. Ces données du gaz naturel ne tiennent pas compte de la partie utilisée dans la production électrique.

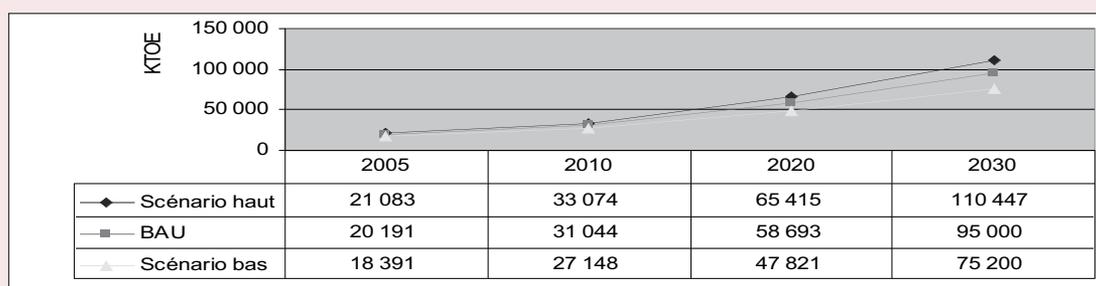
5. Cette intensité de l'énergie est calculée dans le cas où le PIB est converti en \$US en 1994.

Tableau 2 – Les indicateurs « Énergie-Économie » principaux au Vietnam

Indicateur Énergie-Économie	1990	2002	2004
Taux de croissance du GDP	6,5	7,4	7,7
GDP (USD/per.)	114	407	542
Consommation de l'énergie commerciale (KgOE/per.)	63	208	315
Consommation électrique KWh/per.	93	382	484
Intensité de l'énergie (KgOE/1000 \$US)	344	512	541

Source: Institut de l'Énergie, 2006

Figure 2 – La prévision de la demande d'énergie primaire au Vietnam (en KTOE)



Source: Institut de l'Énergie, 2006

Cette situation actuelle du système énergétique pourrait provoquer des risques d'épuisement des ressources fossiles et une dégradation de l'environnement, notamment dans une perspective où la demande en énergie continue à augmenter. Une prévision de la demande de l'énergie réalisée par l'Institut de l'Énergie en utilisant des modèles comme ENNEP, MEDEE-S, ETB-ENERGY TOOLBOX montre une croissance importante de la demande en énergie pour la période étudiée (voir figure 2). Cette prévision de la demande d'énergie intègre sans doute une augmentation de plus en plus importante des émissions polluantes du secteur énergétique au Vietnam.

Les impacts environnementaux du secteur énergétique

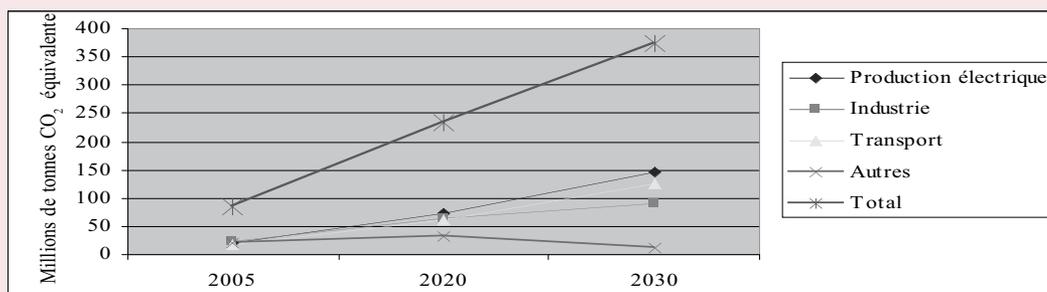
La relation « Énergie-Environnement » est claire. D'une part, le secteur énergétique est le principal responsable de la dégradation actuelle de l'environnement. D'autre part, la mise en place de contraintes environnementales influera sur la dynamique énergétique.

Les impacts de l'énergie sur l'environnement sont nombreux et liés à toute la chaîne énergétique. Au Vietnam, les activités énergétiques sont assez multi-formes et posent par conséquent plusieurs questions

environnementales. La production de charbon provoque des problèmes de changement de la configuration du sol et de la géomorphologie, des poussières nocives, et rejette de l'eau contenant des métaux lourds. Les incidents dans la production pétrolière et dans les projets hydroélectriques ont souvent provoqué des dégradations de l'environnement. Par ailleurs, les énergies traditionnelles représentent encore 41 % de la consommation d'énergie finale au Vietnam. Cet auto-alimentation de l'énergie contribue à la déforestation et donc à la dégradation de l'environnement.

Cependant, les problèmes de l'environnement impliquent essentiellement les émissions de polluants atmosphériques et celles de pollution globale comme le CO₂, CO, NO_x, SO₂, etc. La production et l'utilisation énergétique sont responsables de 85 % des émissions totales du pays. Les calculs des émissions polluantes sont réalisés par l'Institut de l'Énergie, en se basant sur les données statistiques, sur les prévisions du système énergétique et sur la méthode utilisée par l'IPPC. Les émissions du secteur énergétique sont présentées à la figure 3. Ainsi, la production électrique et le secteur industriel sont les plus grands émetteurs de gaz à effet de serre. En 2005, le secteur électrique est responsable de 21 526 millions de tonnes de CO₂ équivalentes (MTCO₂-E), soit 25,4 % des émissions totales du

**Figure 3 – Les émissions provenant du secteur énergétique au Vietnam
(en millions de tonnes CO₂ équivalente)**



Source: Institut de l'Énergie, 2006

Vietnam, et l'industrie a émis 24,76 MTCO₂-E, soit 29,2%. Les émissions polluantes du secteur des transports augmentent très rapidement. En 2005, ce secteur a émis 18 968 MTCO₂-E.

La prévision des émissions provenant du secteur énergétique montre une perspective de croissance très rapide des émissions polluantes au Vietnam. Selon ces résultats, la production électrique émettrait 73 448 MTCO₂-E (35,8%) en 2020, et 145 484 MTCO₂-E (36,4%) en 2030. L'utilisation de l'énergie dans l'industrie, quant à elle, serait responsable de 64 336 MTCO₂-E (22,9%) en 2020 et de 91 524 MTCO₂-E (29,1%) en 2030. Enfin, les émissions du secteur des transports s'élèveraient à 62 594 MTCO₂-E (27,2%) en 2020 et à 124 370 MTCO₂-E (31,1%) en 2030.

Jusqu'à présent, il n'existe pas de recherches qui évaluent précisément le niveau de dégradation de l'environnement du pays entier. Cependant, l'environnement au Vietnam a déjà atteint un seuil de pollution important. En effet, la teneur des émissions de SO₂, NO₂ et O₃ et en particulier des poussières PM₁₀, PM_{2,5} (le diamètre de la poussière est inférieur à 10 et 2,5 microns) dans les grandes villes se situe déjà dans la limite des normes internationales. Le secteur des transports est principalement à l'origine de la pollution urbaine. Comme on peut l'observer, le niveau de pollution lié aux émissions de SO₂, NO₂, O₃ et PM à HoChiMinh Ville est plus important que celui de Hanoi. Par contre, dans les régions rurales, les véhicules sont beaucoup moins nombreux mais les poussières sont très importantes du fait de l'utilisation des énergies traditionnelles et des sous-produits agricoles. La teneur moyenne en poussières PM_{2,5} est de 32 µg m⁻³ dans la région du delta du fleuve Rouge; c'est le même taux qu'à Hanoi et le double du standard américain.

Au Vietnam, la pollution de l'environnement a tendance à augmenter pour plusieurs raisons, parmi lesquelles les standards environnementaux fixés qui ne sont pas suffisamment élevés. À titre d'exemple, le Vietnam n'a pas encore imposé de normes pour la poussière PM₁₀, et la teneur en soufre du charbon et des produits pétroliers est plus élevée que dans les autres pays. Par ailleurs, le rythme actuel de l'exploitation et de l'utilisation de l'énergie provoque un possible épuisement des ressources fossiles. Comme le montrent les estimations de l'Institut de l'Énergie, les réserves prouvées des ressources fossiles du Vietnam ne suffiront pas au besoin de développement électrique après 2020, alors que la consommation de cette énergie pourrait être de 200 GWh selon l'Électricité du Vietnam et les ressources hydroélectriques exploitées presque totalement. Ainsi, une prise en compte de l'environnement dans la politique énergétique est nécessaire pour ce pays. Nous allons examiner dans la dernière partie de cet article le processus lié à l'intégration des enjeux environnementaux au cadre stratégique de l'énergie au Vietnam.

La régulation environnementale dans la politique énergétique

Au Vietnam, l'inclusion des enjeux environnementaux dans la stratégie globale de croissance et de réduction de la pauvreté a été motivée par les préoccupations du gouvernement. Dans un contexte de globalisation, les médias ont joué un rôle proactif pour sensibiliser le public au lien entre l'environnement, le développement et la pauvreté, et ont fait pression sur le gouvernement du Vietnam pour qu'il anticipe des cas graves de dégradation de l'environnement. En effet, le gouvernement

vietnamien a construit un cadre juridique lié aux activités de gestion de l'environnement en révisant la Constitution en 1992 et en promulguant la loi de protection de l'environnement en 1994. Récemment, le Ministère des ressources naturelles et de l'environnement a été établi. Ce ministère joue le rôle central dans la protection et le management de l'environnement du pays. Il est responsable du processus actuel de décentralisation des responsabilités du niveau national aux niveaux régional et local ainsi que des différents secteurs économiques.

La stratégie nationale de protection de l'environnement pour la période 2001-2010 a déterminé trois objectifs principaux : prévenir et maîtriser l'état actuel de la pollution ; protéger, préserver et utiliser durablement les ressources naturelles ; améliorer la qualité de l'environnement dans les régions urbaines, les zones industrielles ainsi que dans les régions rurales. Récemment, le Plan National d'Action lié à la protection et au management de l'environnement (2001-2005) a bien avancé en élaborant les stratégies prioritaires : développement soutenable, gestion des déchets, gestion des forêts et renforcement des standards de l'environnement. Au niveau de la protection de l'environnement globale, le Vietnam a officiellement signé le Protocole de Kyoto le 3 décembre 1998 et l'a ratifié le 25 septembre 2002.

Pour le secteur énergétique, c'est l'approche 'Command and Control' qui est traditionnellement utilisée pour la régulation sectorielle de

l'environnement. On a établi des normes techniques que la production et la consommation de l'énergie devraient respecter. Ces normes techniques sont de plus en plus sévères en faveur de la protection de l'environnement.

La prise en compte de l'environnement dans la politique énergétique au Vietnam peut être observée dans les programmes d'efficacité énergétique et de maîtrise de la demande (DSM) qui sont décidés par le gouvernement vietnamien et réalisés par les acteurs énergétiques du côté de l'offre et de la demande de l'énergie.

En ce qui concerne l'utilisation de l'énergie, on a établi des standards environnementaux pour les équipements. Ces standards sont liés à la quantité d'émissions et à la réglementation de temps d'utilisation pour les équipements, les véhicules, etc. Du côté de la production de l'énergie, des normes doivent être respectées pour limiter les émissions dans les centrales thermiques, pour les poussières et les déchets dans la production du charbon, et pour les conditions écologiques dans les projets hydroélectriques. Les

anciennes centrales doivent installer des équipements antipolluants. Quant aux nouvelles installations, les technologies choisies devraient respecter les normes environnementales appliquées. La différence de quantité des émissions entre les centrales usées et les nouvelles centrales illustre la préoccupation du Vietnam concernant la régulation environnementale dans la politique énergétique (voir tableau 3).

Par ailleurs, la prise en compte de l'environnement dans la politique énergétique au Vietnam peut être observée dans les programmes d'efficacité énergétique et de maîtrise de la demande (DSM) qui sont décidés par le gouvernement vietnamien et réalisés par les acteurs énergétiques du côté de l'offre et de la demande de l'énergie. En effet, dans un contexte

Tableau 3 – La quantité d'émissions des quelques centrales thermiques au Vietnam (en 1 000 tonnes/an)

Nom de centrale	Quantité d'émissions polluantes			
	Poussière	SO ₂	NOx	CO ₂
Centrale thermique Uong Bi (ancienne)	2,316	8,061	4,107	967,70
Centrale thermique Pha Lai 1 (ancienne)	0,240	12,96	9,090	2048,00
Centrale thermique Pha Lai 2 (nouvelle)	0,034	1,540	1,521	1333,00
Centrale thermique Thu Duc (ancienne)	0,992	13,686	2,431	170,81
Centrale thermique Ba R๑ (ancienne)	0,362	5,763	8,220	1841,90
Centrale thermique Phu My 1 (ancienne)	0,333	4,060	5,832	1802,40
Centrale thermique Phu My 2-1 (nouvelle)	0,063	1,100	1,574	486,30
Centrale thermique Phu My 4 (nouvelle)	0,045	0,799	1,148	354,7

Source: Planification – Électricité n° 6

d'accroissement de la demande en énergie, l'efficacité énergétique et le DSM prennent de plus en plus d'importance. L'application de ces programmes permet une bien meilleure efficacité dans la production et la consommation d'énergie. Cela permet de réduire la consommation énergétique, et donc de limiter les émissions polluantes et de repousser la date de l'épuisement des ressources fossiles.

En particulier, les enjeux environnementaux sont devenus, depuis quelques années, une composante importante de la politique énergétique du Vietnam. La loi de protection est souvent révisée et complétée. Les standards de l'environnement liés à l'exploitation et à l'utilisation des énergies sont de plus en plus sévères. Dans la planification de développement du système énergétique à long terme, on évalue les impacts environnementaux et donc les propositions stratégiques pour gérer les problèmes de l'environnement. Ces impacts de l'énergie sur l'environnement local et global constituent désormais l'une des principales contraintes qui pèsent sur les choix énergétiques dans ce pays. Dès maintenant, l'exigence de protection de l'environnement est un des critères importants pour le choix des projets d'investissement dans le secteur énergétique. Enfin, le développement des énergies nouvelles et renouvelables fait partie de la politique énergétique durable élaborée dans ce pays en développement rapide. ❁

Bibliographie

- ASIAN DEVELOPMENT BANK (ADB) (2005): *VIE: Country Environmental Analysis*, ADB – Strategy and Program Assessment.
- BUI, X.H. (2003): «Électricité du Vietnam et les risques environnementaux», in *The annual Conference of Electricity of Vietnam*, Nha Trang, Vietnam 10-13 août.
- CAPELLE-BLANCARD G., MONJON, S. (2002): Environnement et Économie: le défi énergétique, *Cahiers français* n° 306, p. 60-65.
- NGUYEN, D. N. (2006): Some questions for sustainable energy development in Vietnam, *Pilot Commercial Energy Efficiency Program*.
- Institut de l'Énergie (2006): Prévission de la demande de l'énergie jusqu'à 2030.
- Institut de l'Énergie (2006): Planification d'Électricité n° 6.
- LINDA, W. (2005): *Environnement, politique et pauvreté: leçon tirées d'un examen des points de vue des intervenants dans les CSLP*, étude de synthèse avec la collaboration de Barrance A., Benitez Ramos R.F., Gadzekpo, Mugenyi O., Nguyen Q., Tumushabe G., Stewart H.
- NGUYEN, A. T. (1997): Energy and environmental issues in Vietnam, in *Natural Resource Forum*, vol. 21, n° 3, p. 201-207.
- NGUYEN, T.T.D (2006): «Évaluation de la potentialité de réduction des émissions de GES des énergies renouvelables et proposition de développement des ressources renouvelables dans le cadre du CDM au Vietnam», Mémoire du DEA en Économie de l'Énergie, sous la direction de BUI X. H., soutenu en décembre 2006, Département d'Économie de l'Énergie, École Polytechnique de Hanoi.



Afrique et énergie : environnement, développement et transfert de technologies

Pour se développer, l'Afrique a besoin d'énergie. Le problème est que la production et la consommation de cette énergie consomment des ressources naturelles et polluent. Quelles sont ces ressources naturelles, de quelles pollutions parle-t-on pour quelle(s) énergie(s) produite(s) ? Est-ce que la situation actuelle et la stratégie des pays africains en matière d'énergie garantissent un développement durable de l'Afrique ? Si non, comment pourrait-on imaginer et concevoir ce type de développement ? Autant de questions pour lesquelles quelques rappels sont posés avant d'envisager des pistes de solutions avec un regard plus particulier sur l'aspect de la production de l'énergie.



Caroline GALLEZ

Caroline GALLEZ est Directrice du Département Environnement de l'Université Senghor à Alexandrie, opérateur direct de l'OIF. Précédemment, elle a représenté la Belgique dans les négociations onusiennes relatives à la Convention cadre sur les changements climatiques et le Protocole de Kyoto.

La production et la consommation d'énergie engendrent des externalités environnementales variant selon la nature de ladite énergie. Ces effets externes traduisent une situation où les activités de production et/ou de consommation d'un individu ont une influence sur d'autres personnes sans que les prix associés à ces activités ne prennent en compte cette influence. En d'autres termes, le marché est défaillant en ce qu'il n'internalise pas tous les coûts de ses activités. Plusieurs cas de figures peuvent se présenter, les effets externes étant soit positifs s'ils augmentent le bien-être de tiers, soit négatifs dans le cas contraire. Les externalités environnementales sont de diverses natures liées à la gestion des ressources naturelles ou à la gestion des pollutions. Les externalités environnementales causées par l'énergie sont variables en fonction du type d'énergie. On distingue essentiellement trois types d'énergie : les fossiles, les nucléaires et les renouvelables. Chaque étape de leur production et de leur consommation a ses propres effets externes environnementaux qu'il convient d'apprécier en fonction du contexte local, afin de faire son choix entre les différents types d'énergie. C'est ce que l'on appelle une analyse du cycle de vie.

Énergies et ressources naturelles : qu'en est-il en Afrique ?

Les énergies fossiles regroupent les énergies produites à partir de pétrole, de gaz naturel ou de charbon, carbonates fossiles accumulés par la captation par le vivant du carbone qui s'est ensuite fossilisé en partie sous la forme d'hydrocarbures. La formation des stocks ou réservoirs d'hydrocarbures prend



quelques dizaines de millions d'années, ce qui nous permet de classer ces combustibles fossiles dans la catégorie des ressources naturelles non renouvelables à l'échelle humaine. Il en est de même pour les ressources fissibles – l'uranium – indispensables à la production d'énergie nucléaire. Selon la théorie économique des ressources naturelles, la rente de rareté encore appelée rente d'Hotelling, que l'on calcule par la différence entre le prix du marché et le coût marginal de production, traduit l'épuisement de la ressource non renouvelable et donc sa progressive raréfaction. Théoriquement, à l'équilibre économique, cette rente de rareté est égale au taux d'intérêt. Lorsque le prix devient prohibitif, des solutions alternatives deviennent compétitives et la substitution s'opère normalement avant l'épuisement total de la ressource non renouvelable. Le géophysicien Hubbert a élaboré une méthode prédictive basée sur une courbe de production en fonction du temps qui a la forme d'une cloche symétrique où le point culminant est appelé pic d'Hubert. La connaissance de la partie exponentielle de la cloche et du pic d'Hubert permet de prédire la décroissance de la production.

Dans la pratique, le marché du pétrole n'est pas un marché de concurrence parfaite, mais un marché oligopolistique, dont certains des quelques détenteurs de l'or noir se sont réunis sous la forme d'un cartel

bien connu – l'OPEP – en vue de mieux contrôler les prix et les parts de marché. Le marché pétrolier au cours des dernières décennies a subi plusieurs chocs rendant malaisées les estimations basées sur le modèle d'Hubbert. Par ailleurs, les stocks de pétrole sont sujets à controverse. Les réserves sont parfois surestimées, et ce, pour plusieurs raisons. L'une d'entre elles étant que depuis 1985, les pays producteurs de l'OPEP indexent leur production sur leurs réserves. On assiste depuis lors à des déclarations de réserves à la hausse assurant des droits de production supérieurs. La surestimation des stocks a d'autres avantages, principalement ceux de mobiliser favorablement les partenaires financiers. Ainsi, si selon certains, comme le Professeur Deffeyes de l'Université de Princeton, le pic pétrolier a été atteint en février 2006 avec une production journalière de 85 millions de barils d'autres, plus optimistes, considèrent que le pic pétrolier arrivera aux alentours de 2030. L'ASPO – l'Association pour l'étude du pic pétrolier et gazier composée de géologues universitaires européens et d'anciens hauts responsables de la prospection de grands groupes pétroliers – estime que 2010, voire 2008, sont des dates plus réalistes. Avec 7% des réserves mondiales de pétrole dont environ 55% sont localisées en Afrique du Nord et 44% en Afrique de l'Ouest (voir tableau 1), certains pays d'Afrique auraient déjà atteint le pic pétrolier comme le détaille le tableau 2.

Tableau 1 – Réserves d'énergies fossiles en Afrique*

Région	Pétrole (Mtep)	Gaz (Mtep)	Charbon (MMST)
Afrique du Nord	5.851	6.952	74
Afrique de l'Ouest	4.651	3.565	286
Afrique Centrale	103	79	101
Afrique de l'Est		152	220
Afrique Australe	2	174	67.013
Total Afrique	10.607	10.922	67.694

* Situation au 1^{er} janvier 2003

Source: Alioune Fall (d'après Jean-Pierre Favennec), 2005.

Tableau 2 – Pic pétrolier en Afrique

Pays africains	Pétrole classique (léger, lourd, profond et polaire)		
	Pic des découvertes de pétrole	Pic de la production de pétrole	Mi-point de l'épuisement du pétrole
Cameroun	1977	1986	1994
Rép. Congo	1984	2001	2000
Égypte	1965	1995	2007
Gabon	1985	1996	1997
Lybie	1961	1970	2011
Tunisie	1971	1981	1998

Source: ASPO Irlande, Newsletter et British Petroleum Energy

Le marché gazier est moins liquide que celui du pétrole. La rente gazière est faible comparée à celle du pétrole. Initialement, le gaz est un sous-produit du pétrole. Les ventes sont réalisées dans le cadre de contrats à long terme de 20 à 30 ans avec des prix indexés sur ceux du pétrole et une distribution intracontinentale assurée principalement par gazoducs. L'approvisionnement par méthaniers après liquéfaction (GNL) est beaucoup plus coûteux. L'estimation du pic gazier mondial varie entre 2008 et 2045. L'Afrique totalise environ 8% des réserves mondiales de gaz, essentiellement concentrées en Afrique du Nord (63%) et en Afrique de l'Ouest (33%) (voir tableau 1).

En ce qui concerne le charbon, on estime que ses réserves permettront de satisfaire encore la consommation pendant 200 ans, du moins s'il n'est pas utilisé comme énergie de substitution au pétrole et au gaz. On peut constater que le charbon est généralement plus abondant dans les régions pauvres en gaz et en pétrole, c'est-à-dire en Asie Pacifique, en Amérique du Nord, en Europe et en Russie. L'Afrique détient 6% des réserves mondiales de charbon dont 99% sont localisés en Afrique Australe (voir tableau 1).

Les estimations relatives à l'épuisement de l'uranium sont variables. Si les plus pessimistes pensent que les réserves seront soumises à des pressions dès 2030, les plus optimistes considèrent que l'épuisement n'arrivera pas avant 3000 ans¹. Trente-cinq pays possèdent de l'uranium. Les principales réserves d'uranium sont situées en Australie, au Canada et aux États-Unis. Les plus importantes réserves africaines sont localisées en Afrique du Sud, en Namibie et au Niger comme l'indique le tableau 3.

Pour ce qui concerne les autres types d'énergies, celles qualifiées de renouvelables se basent sur des ressources dont les flux sont limités pendant une période donnée, mais illimités dans le temps. Parmi ces ressources renouvelables, on trouve la biomasse, l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie hydraulique, l'énergie marine et l'énergie géothermique. Toutes ces énergies renouvelables ne sont pas identiques, certaines d'entre elles pouvant s'épuiser si leur taux d'utilisation dépasse leur taux de renouvellement.

En Afrique, l'utilisation de la biomasse couvre l'essentiel des besoins des ménages en apportant plus de

Tableau 3 – Réserves et production mondiales d'uranium

Pays	Part des ressources et de la production d'uranium (%)	
	Ressources*	Production**
Australie	23	20
Canada	12	27
États-Unis	7,5	2
Afrique du Sud	8,5	2,5
Namibie	5,5	7
Niger	5	8,5
Russie	6	8,5
Kazakhstan	18,5	9
Ouzbékistan	2,5	6,5
Ukraine	1,5	2
Autres	10	7

* Ressources connues récupérables à un coût inférieur à 130 \$/US/tU.

** Production en 2003.

Source : AEN, Rapport annuel 2005, OCDE, 2006

75% de la consommation énergétique sous la forme de bois comme combustible, de résidus agricoles, de déjections animales et de charbon de bois. Ce recours massif à cette énergie dite renouvelable est responsable de 0,7% de taux de déboisement par an².

L'énergie solaire est captée par des panneaux solaires, soit par des capteurs solaires thermiques, soit par des modules solaires photovoltaïques. L'Afrique est dotée d'un potentiel solaire considérable : 47% de sa superficie ont un ensoleillement supérieur à 2100 kWh/m², 27% oscillent entre 1900 et 2100 kWh/m² et les 26% restant ne descendent pas en dessous des 1500 kWh/m²³.

Si le monde est doté d'un potentiel éolien de 6050 GW, le potentiel africain est, lui, de 1200 GW⁴.

L'énergie hydraulique peut être directement utilisée sous la forme d'énergie mécanique comme par les moulins à eau ou convertie en énergie hydro-électrique comme dans le cas des centrales hydro-électriques. Les océans sont des milieux fluides riches en flux énergétiques exploitables sous diverses formes regroupées sous l'appellation d'énergie marine : l'énergie des courants de marée, l'énergie marémotrice, l'énergie houlomotrice, l'énergie thermique des mers et l'énergie osmotique. Il n'existe pas réellement d'étude recensant tous les

1. Stephen Kidd, « Uranium – Resources, sustainability and environment », the Uranium Institute ; IAEA, *Sustainable Development & Nuclear Power* ; OECD-NEA et IAEA, *Uranium 2005 : Resources, Production and Demand*, 2006.

2. Aliou Fall, « État de la mise en œuvre du secteur prioritaire de l'énergie », Séminaire sur le NEPAD, CESAG, 26 novembre 2005.

3. *Ibid.*, note 2.

4. *Ibid.*, note 2.

différents types d'énergies hydraulique et marine en Afrique, mis à part l'hydroélectricité dont le potentiel est de 1880 TWh/an⁵. Parmi les pays qui ont recours à l'hydroélectricité, on mentionnera le Ghana avec le projet hydro-électrique du fleuve Volta, l'un des plus anciens et des plus connus d'Afrique, qui a couvert 83% de la production énergétique totale du pays en 2005. L'organisation régionale pour la mise en valeur du fleuve Sénégal (OMVS) comprenant le Mali, la Mauritanie et le Sénégal, administre le barrage de la région de Kayes au Mali qui a pour triple vocation d'irriguer les terres, d'assurer la navigabilité et, depuis 2001, de produire de l'électricité⁶.

En matière d'énergie géothermique, le tableau 4 donne une estimation de la capacité installée dans le monde y compris l'Afrique. Plus spécifiquement, la Vallée du Rift a un potentiel géothermique intéressant exploité par le Kenya qui prévoit porter sa capacité géothermique installée à 576 MWe pour 2017⁷.

Tableau 4 – Capacité géothermique installée en 2002

Région du monde	MWe
Asie	3.220
Amérique du Nord	2.971
Union européenne	883
Océanie	441
Amérique Centrale et du Sud	416
Autres pays d'Europe	297
Afrique	128
Total mondial	8.536

Source: EurObserv'ER, 2003

Quelques rappels concernant les pollutions liées à la production d'énergie

Au-delà des aspects liés aux ressources naturelles, la production d'énergie engendre des pollutions et/ou des perturbations des écosystèmes. Bien évidemment, ces externalités environnementales varient en fonction du type d'énergie concerné. Plusieurs

paramètres importent quand on parle de pollution. On regardera ainsi la dangerosité du polluant en évaluant son caractère toxique ou sa radioactivité. La durée de vie du polluant peut être très courte parce que le milieu naturel est capable de l'assimiler ou au contraire être supérieure à une vie humaine; on parlera alors de polluant stock car il s'accumule dans l'écosystème. La seule alternative sera alors d'en minimiser les effets néfastes. Un autre paramètre important est lié au transport du polluant. On s'interroge ainsi pour savoir s'il a un impact local ou global, afin de mieux apprécier qui seront les victimes de la pollution. Il est impossible de dresser un inventaire complet des externalités liées à l'énergie et ses différentes formes en quelques pages. Aussi nous bornerons-nous à donner un aperçu des principales. Par ailleurs, il faut être conscient que la quantification de toutes ces externalités est incomplète, *a fortiori* pour l'Afrique.

Les activités d'extraction des combustibles fossiles et des minerais perturbent la faune et la flore. Il suffit de se représenter les plus grandes mines de charbon à ciel ouvert qui s'étendent sur plusieurs kilomètres de long et quelques centaines de mètres de profondeur pour le comprendre. Les mines souterraines sont constituées de vastes galeries de 10 à 20 m² de section qui peuvent couvrir plusieurs dizaines de kilomètres⁸. Ces mines génèrent des risques d'affaissement. Qu'il s'agisse de mines à ciel ouvert ou souterraines, les déchets miniers représentent des quantités importantes sinon énormes. En guise d'ordre de grandeur, en 1993, les charbonnages américains comptabilisaient 5 600 millions de tonnes de déchets pour 878 millions de tonnes de charbon brut, c'est-à-dire plus de 6 fois le poids du charbon brut⁹. Le *Minerals Yearbook* renseigne que la production mondiale de 40 000 tonnes d'uranium en 1978 avait nécessité l'extraction de 1 900 millions de tonnes de matière, c'est-à-dire 50 000 fois le poids du minerai produit¹⁰. Par ailleurs, les déchets peuvent être radioactifs comme c'est le cas pour l'uranium ou toxiques bien souvent acides. En fonction des mesures de protection, de traitement et de stockage qui seront prises pour ces déchets, les sols, les eaux et l'air environnants seront plus ou moins contaminés et la santé de la

5. *Ibid.*, note 2.

6. RenatusNji Buea, « Afrique: comment réduire la dépendance pétrolière? », *Afrique Renouveau*, vol. 20, n° 3, octobre 2006.

7. Conseil Mondial de l'Énergie, Enquête de 2001 sur les ressources énergétiques, <http://www.worldenergy.org/wec-geis/edc/countries/Kenya.asp>.

8. Total, Planète-énergies.com

9. Robert U. Ayres et Leslie W. Ayres. *Accounting for Resources*, 1, Edward Elgar: Cheltenham, 1998.

10. Robert U. Ayres et Paul M. Weaver (éds). *Eco-restructuring: Implications for Sustainable Development*, United Nation University Press: USA, 1998.

population locale et du personnel des mines sera plus ou moins protégée. C'est ainsi que la presse s'est parfois faite l'écho de situations préoccupantes. À titre d'exemple, on peut citer le cas de l'uranium extrait à Arlit au Niger où des ONG ont pointé les conditions de travail des mineurs qui n'auraient pas bénéficié de mesures élémentaires de prudence et de protection que plus de quinze ans après le début de l'exploitation. Les accidents et déversements de «yellowcake» lors du transport du minerai seraient à l'origine de la contamination des réserves d'eau, la dissémination de ferrailles radioactives dans les rues d'Arlit où la population recycle ces ferrailles pour des usages divers et domestiques, le stockage à l'air libre de déchets radifères et l'insuffisance des moyens de contrôle radiologique¹¹. L'exploitation de l'uranium a également posé des problèmes dans la région minière de Mounana au Gabon où l'on a pu observer une augmentation de l'acidité des eaux causant la mort de bancs de poissons, un nombre élevé de maladies pulmonaires et épidermiques dues à l'acidité du milieu ambiant et une stérilité caractéristique de la région. Celle-ci serait due aux déchets radioactifs selon les scientifiques du Centre international de recherche de Franceville (CIRF). L'exploitation de l'uranium sur plusieurs dizaines d'hectares est ainsi à l'origine de la dégradation des sols et de la végétation¹².

L'exploitation de gisements pétroliers comporte des risques de déversements d'hydrocarbures. Les gisements en mer ont particulièrement attiré l'attention sur la menace directe qu'ils représentent pour les ressources halieutiques et l'environnement marin. Certains pays d'Afrique, comme la Mauritanie, ont des revenus constitués à la fois de l'exploitation des ressources halieutiques – la pêche représenterait jusqu'à 50% des recettes d'exportation de la Mauritanie – et du pétrole essentiellement exploités par des compagnies étrangères. La sensibilité de ces économies à la problématique des déversements

d'hydrocarbures est ainsi exacerbée¹³. Le transport du pétrole par mer a souvent fait parler de lui à l'occasion de déversements accidentels qui sont à l'origine de la dégradation et de la destruction des formes de vie – plantes et animaux – avec lesquelles il entre en contact. Différentes précautions sont désormais prises pour éviter de telles catastrophes, par exemple les coques ou doubles fonds, les citernes de taille réduite, les réservoirs de soute filtrant les résidus pétroliers et les systèmes de radar. Un chiffre est important à retenir : plus de 93% des déversements pétroliers surviennent à des terminaux où les navires chargent et déchargent leur cargaison. Là encore, des précautions peuvent être prises comme l'installation de digues autour des systèmes d'entreposage, des inspections régulières des boyaux et des raccords, une observation permanente de la circulation du pétrole et la surveillance des conditions climatiques. Reste encore la pollution due aux rejets illégaux des eaux de cale¹⁴. Le transport de pétrole par oléoducs pose également des risques de fuites suite notamment à la rupture desdits oléoducs.

Outre l'extraction et le transport des minerais ou des combustibles fossiles, leur traitement et leur conversion en énergies sont également à l'origine de pollutions. Dans le cadre des centrales thermiques au charbon, par exemple, on enregistre des émissions de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote, de particules, de mercure et de gaz à effet de serre comme le dioxyde de carbone. Des technologies permettent de minimiser ces pollutions. Notamment, les dépoussiéreurs électrostatiques collectent les cendres volantes émises lors du brûlage du charbon. Ces cendres peuvent ensuite être réutilisées comme remblais, comme matière première dans les cimenteries ou enfouies. Des cendres plus lourdes s'accumulent au fond du four et doivent être enfouies. Les émissions de dioxyde de soufre, à l'origine des pluies acides, peuvent être stoppées par des technologies comme l'épurateur. On peut également les réduire en brûlant du charbon à faible teneur en soufre¹⁵. Le dioxyde de carbone et les autres gaz à effet de serre peuvent être captés et

11. Bella Belbéoch, «Scandale de l'uranium au Niger», Lettre d'information du Comité Stop Nogent-sur-Seine, n° 95.

Commission de Recherche et d'Information Indépendante sur la Radioactivité (CIRAD), communiqué de presse, 16 février 2005, <http://www.sortirdunucleaire.org/actualites/presse/affiche.php?aff=1660>

Hugues Desormeaux, «L'Afrique a-t-elle besoin de poubelle industrielle? s'interroge AFRICA», *Infos Plus Gabon*, 4 mars 2006.

«Arsenic et vieux bassins miniers : Des rivières contaminées par des sites miniers», *CNRS info*, n° 388, décembre 2000.

12. *Ibid.*, note 11.

13. Samil Allal, «La gestion durable et consensuelle des ressources pétrolières en Mauritanie», *Liaison Énergie-Francophonie*, n° 70, 1^{er} trimestre 2006.

Jean-Yves Pirot, «Le Gouvernement mauritanien insiste sur l'application de normes environnementales strictes en matière d'exploitation pétrolière en mer», *UICN Mauritanie*, 17 février 2006, http://www.iucn.org/places/mauritanie/actualite/audience_cmjd3.html.

14. http://www.espacepourlesespeces.ca/jonction/nouvelles/articles_vedette/marees_noir_3.htm.

15. Environnement Canada, site Web «Banché sur l'air pur».

séquestrés. On notera toutefois que ces technologies et pratiques pour réduire les émissions ne sont pas forcément répandues en Afrique.

Les centrales nucléaires, à l'inverse des centrales thermiques aux combustibles fossiles, n'ont quasi pas d'émissions à l'origine du réchauffement climatique, des pluies acides ou de l'appauvrissement de la couche d'ozone. Par contre, en raison de la nature radioactive de l'uranium, elles posent le problème de leur sécurité et ont essentiellement à gérer des déchets hautement radioactifs de très longue durée de vie, c'est-à-dire des externalités de type stock, extrêmement dangereuses pour la santé. Le plus important de ces déchets est l'uranium réduit issu des programmes militaires et civils d'enrichissement de l'uranium. Il y aurait ainsi 1,2 tonne d'uranium réduite stockée dans les usines d'enrichissement de par le monde. Ces stocks peuvent être en partie revalorisés dans la production d'énergie nucléaire (voir HEU, MOX, ...). La masse de déchets qui arrive en second lieu par ordre d'importance est le combustible nucléaire qui peut aussi en partie être recyclé¹⁶. La production d'énergie nucléaire à des fins civiles n'est guère développée en Afrique et, comme nous le verrons plus loin, elle ne fait pas vraiment partie de la stratégie du Nouveau Partenariat pour le Développement de l'Afrique (NEPAD). Aussi, nous ne nous étendons pas outre mesure sur cette production d'énergie et ses externalités environnementales.

Par ailleurs, les énergies dites renouvelables peuvent aussi être la source de perturbations environnementales importantes. Pour le principal, nous pointerons les centrales hydroélectriques qui sont connues pour modifier l'écosystème hydrographique : modification du pouvoir auto-épurateur du cours d'eau, avec une hausse des températures, dans certains cas un arrêt du transport sédimentaire, de possibles ravages sur la faune piscicole, etc. Ces centrales sont en outre parfois responsables du déplacement de villageois des zones inondées.

La biomasse peut être la cause d'émissions atmosphériques lors de son usage : on pense par exemple au bois de chauffe souvent utilisé en Afrique pour des usages domestiques et qui émet entre autre du CO₂ et des particules causant des dommages pour l'environnement et la santé. La production de biocarburant au départ de céréales ou autres cultures¹⁷ peut

notamment être à l'origine de pollution par les pesticides et produits chimiques¹⁸.

Les éoliennes ont quant à elles été pointées du doigt pour le bruit, mais les nouvelles technologies tendent à réduire ce type de nuisance, et leur aspect esthétique.

En quelques paragraphes, nous avons ainsi ébauché les externalités environnementales liées aux ressources naturelles non renouvelables et renouvelables, ainsi que certains des principaux effets externes environnementaux associés à la production des différentes formes d'énergie.

Énergie et développement

Le fait qu'un pays en développement soit doté en ressources naturelles énergétiques ne garantit pas l'éradication du sous-développement et de la pauvreté comme en atteste notamment le cas du Nigeria. Il y a par contre une relation de cause à effet entre la consommation énergétique d'un pays et les revenus de ses habitants. En 2002, il y avait près de 2 milliards de personnes n'ayant pas accès à des services énergétiques de base, c'est-à-dire à l'électricité pour l'éclairage, la réfrigération, le téléphone, la radio, la télévision ainsi qu'à des combustibles, du kérosène ou du GPL pour la cuisine et le chauffage¹⁹. Deux tiers de la population africaine sont dans ce cas. Les Africains consomment en moyenne 0,3 tep/hab, alors que la moyenne mondiale est de 1,5 tep/hab. Plus concrètement, l'Afrique consomme 3% de l'énergie mondiale, alors que sa population comptabilise 13% du total des habitants. Le taux d'électrification est ainsi inférieur à 30%, soit moins de la moitié de la moyenne mondiale. Dans certains États africains, ce taux descend en-dessous des 10%. Le sous-secteur africain des hydrocarbures est caractérisé par une répartition inégale des réserves (13 économies africaines sont exportatrices nettes de pétrole, alors que 42 pays africains sont importateurs nets), un faible réseau de pipelines, une faible capacité de raffinage doublée d'une sous-utilisation de certaines raffineries, un système d'approvisionnement non rationnel, des pénuries chroniques et la hausse des prix du brut de pétrole entraînant pour les pays importateurs une

16. *Ibid.*, note 1.

17. Dans des pays comme les économies africaines où la famine peut encore être fortement présente, l'utilisation de terres cultivables à d'autres fins que de nourriture peut poser problème.

18. « Gabon : Le biocarburant éthanol E85 est-il bon pour l'environnement », *Infos Plus Gabon*, 9 octobre 2006.

19. Commission des Communautés Européennes, « La coopération énergétique avec les pays en développement », Communication de la Commission au Conseil et au Parlement européen, COM(2002) 408 final, 17 juillet 2002.

diminution des devises disponibles pour importer d'autres articles de base et une inflation²⁰. La population africaine a essentiellement recours à la biomasse traditionnelle. C'est particulièrement le cas en Afrique subsaharienne, l'Afrique du Sud mis à part. Le marché africain de l'électricité est de taille réduite. Il utilise peu les ressources naturelles dont est dotée l'Afrique, notamment les hydrocarbures. Il doit faire face à un environnement institutionnel en mutation. L'accès des populations aux énergies commerciales pose problème. Les contraintes environnementales sont perçues comme un frein à son expansion.

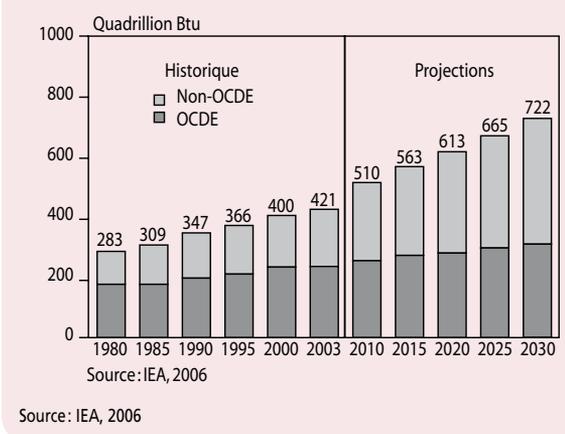
Les stratégies du NEPAD²¹ en ce qui concerne le secteur prioritaire de l'énergie sont déclinées par rapports aux sous-secteurs des hydrocarbures, de l'électricité et de la biomasse et de l'énergie renouvelable. En matière d'hydrocarbures, le NEPAD met l'accent sur une meilleure organisation du marché à l'échelle sous-régionale et continentale. Il ambitionne la construction de pipelines et de gazoducs. Il vise la rationalisation du système d'approvisionnement et la réduction des coûts afférents. Cinq grands projets sont ainsi planifiés pour un montant de 11,6 milliards de dollars. En ce qui concerne l'électricité, le NEPAD veut augmenter la taille des marchés par l'interconnexion des réseaux. Il a pour objectif de développer l'hydroélectricité et l'utilisation du gaz. Il veut favoriser le développement de Power Pool pour mettre en valeur des potentialités de production locales et l'organisation des échanges. Pour le sous-secteur de l'électricité, le NEPAD a 28 projets valant 21,5 milliards de dollars. Le sous-secteur biomasse et énergie renouvelables souffre d'un retard dans l'élaboration de sa stratégie par rapport aux deux autres sous-secteurs. À cet égard, Monsieur Wim Klunne pointait, lors de l'Atelier sur le lancement du Réseau thématique énergies renouvelables et technologies de l'environnement dans le cadre du Programme d'action régional de lutte contre la désertification en Afrique, qu'au cours de la période 1967-2001, sur un total de 4 milliards de dollars des investissements de la Banque Africaine de Développement (BAD) dans le secteur énergétique, seulement 1,1% avait été alloué aux énergies renouvelables. Pour faire face à cette situation, la BAD a lancé le programme FINESSE doté de 5,3 milliards de dollars et financé par le Gouvernement néerlandais, afin de mettre en place des cadres politiques et réglementaires et de

se doter de moyens pour lancer une série de projets d'investissement sur les énergies renouvelables et le rendement énergétique. Ceci sans parler des fonds reçus par ailleurs de l'ACDI (Canada), de DANIDA (Danemark), de NORAD (Norvège) et du SIDA (Suède) en faveur d'activités relatives aux énergies renouvelables. Ce défaut de projets sur les énergies renouvelables est dû la méconnaissance de l'existence de possibilités d'investissement dans les énergies alternatives en Afrique et le fait que les pays membres ne classent pas les sources d'énergies alternatives parmi leurs besoins prioritaires²².

Énergie et Afrique : quel(s) développement(s) pour quelle durabilité ?

Si nous nous projetons dans le futur, en 2030, si aucune nouvelle politique n'est mise en œuvre, il y aura encore 1,4 milliard de personnes sans électricité, dont plus de 40% en Afrique. Par ailleurs, le paysage énergétique sera fort différent de ce qu'il est aujourd'hui en ce sens que les pays non OCDE enregistreront une consommation supérieure à celle des pays OCDE comme le montre la figure 1.

Figure 1 – Énergie mondiale consommée par région, 1980-2030



La question se pose donc de savoir ce qu'il en adviendra d'un point de vue environnemental. Au regard de ce que nous avons brièvement

20. *Ibid.*, notes 2 et 3.
21. *Ibid.*, note 2.

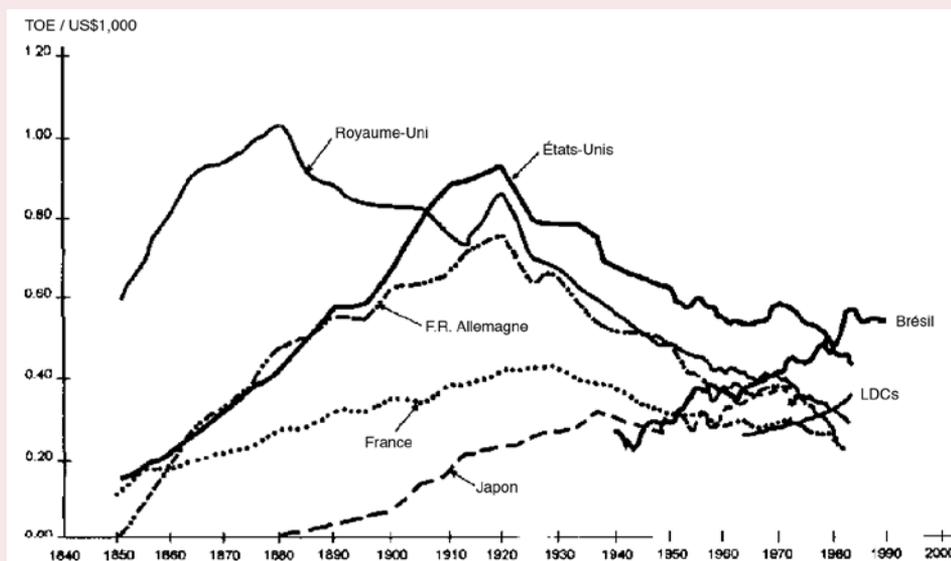
22. Secrétariat de la Convention sur la lutte contre la désertification (UNCCD), «Rapport de l'Atelier sur le lancement du Réseau thématique sur les énergies renouvelables et les technologies de l'environnement dans le cadre du Programme d'action régional de lutte contre la désertification en Afrique (TPN 5)», 5-6 mai 2004, Nairobi.

ébauché précédemment, projeter les pollutions et l'épuisement des ressources naturelles à l'échelle des besoins énergétiques de demain ne peut que nous rendre pessimistes. La stratégie du NEPAD dans le secteur prioritaire de l'énergie axe ses efforts sur la production d'énergie à partir d'hydrocarbures et le développement du marché de l'électricité, sans mettre l'accent sur le respect de normes environnementales et l'utilisation des énergies renouvelables, afin non pas uniquement d'éviter que les problématiques environnementales globales telles que les changements climatiques ne s'aggravent, mais surtout et avant tout pour préserver la santé des populations africaines locales et les écosystèmes africains, notamment contre la désertification. Cette situation est renforcée par une position similaire de la majorité des économies africaines en matière d'aide au développement qui privilégie, et on le comprend, la satisfaction des besoins de base et la dimension économique. Par conséquent, faire en sorte que l'Afrique consomme plus d'énergie et puisse se développer, dans cette optique, est synonyme d'augmentation de la pollution et de la dégradation des ressources naturelles, donc d'un développement qui à terme risque de ne pas être soutenable. Quelles alternatives a-t-on cependant pour éviter une telle fatalité? La réponse réside probablement en deux mots : dématérialisation et bond en avant.

On l'a vu à travers la brève évocation de l'exemple des mines d'uranium d'Arlit au Niger, la production d'énergie peut être effectuée de façon plus ou

moins respectueuse de l'environnement, en d'autres termes plus ou moins propre. Il est clair que l'utilisation des meilleures technologies disponibles incitée par une politique environnementale permet la production d'énergie tout en limitant les externalités environnementales, et ce, quel que soit le type d'énergie. Par ailleurs, la même démarche peut être envisagée au niveau de la consommation d'énergie. Ainsi, on a pu constater qu'au fur et à mesure qu'une population se développe au-delà d'un certain seuil de richesse elle pollue proportionnellement moins par dollar produit, de même qu'elle consomme relativement moins de ressources naturelles par dollar produit. C'est ce que l'on appelle la dématérialisation, c'est-à-dire le découplage de la courbe de la richesse qui continue à croître et de la courbe des externalités environnementales dont la croissance est progressivement inversée. La figure 2 présente ce phénomène en illustrant pour plusieurs pays l'évolution du ratio de la consommation énergétique en tonnes équivalent pétrole sur la richesse en milliers de dollars. Pour les pays développés tels que la France, l'Allemagne, le Royaume-Uni et les États-Unis, ce ratio diminue après être passé par un pic. Cette forme de courbe en U inversé a été mise en évidence par Kuznet pour caractériser la croissance économique d'un pays, d'où son nom de courbe de Kuznet environnementale. On observera sur la figure 2 que la courbe n'a pas encore atteint son point culminant pour le Brésil et les pays les moins avancés.

Figure 2 – Dématérialisation par rapport à l'énergie



Source: Robert U. Ayres (d'après Goldemberg, 1990), 1998

La figure 3 schématise d'un point de vue théorique la dématérialisation. L'introduction d'incitants pour protéger l'environnement stimule la mise en place de comportements de production et de consommation plus propres, fruits entre autres d'innovations.

Ainsi, si dans un premier temps on peut s'attendre à ce que le taux de pollution et de consommation de ressources naturelles augmente en Afrique de manière exponentielle avec l'augmentation de la richesse amenée par la consommation énergétique, il est raisonnable de penser qu'à terme, avec les incitants adéquats, on puisse assister à un découplage, c'est-à-dire une augmentation relativement moins

importante des externalités environnementales pour aboutir à leur décroissance progressive. Mais quels sont les incitants adéquats? Autre question d'importance: a-t-on le temps d'«attendre» cette décroissance de la pollution? Jusqu'où peut-on se permettre de laisser les externalités environnementales croître? Si la réponse à ces questions n'est pas quantifiée pour chacune des externalités environnementales, on sait néanmoins qu'il ne faut pas reproduire le chemin de développement emprunté précédemment par les pays développés. Il est par conséquent essentiel que le développement des pays en voie de développement s'oriente vers ce que l'on appelle un «bond en

avant», c'est-à-dire une dématérialisation précoce appelée par les économistes un «tunnel» (voir figure 3). Ce bond en avant peut être réalisé grâce à des stratégies adéquates au niveau des pays en voie de développement, mais également avec l'aide des

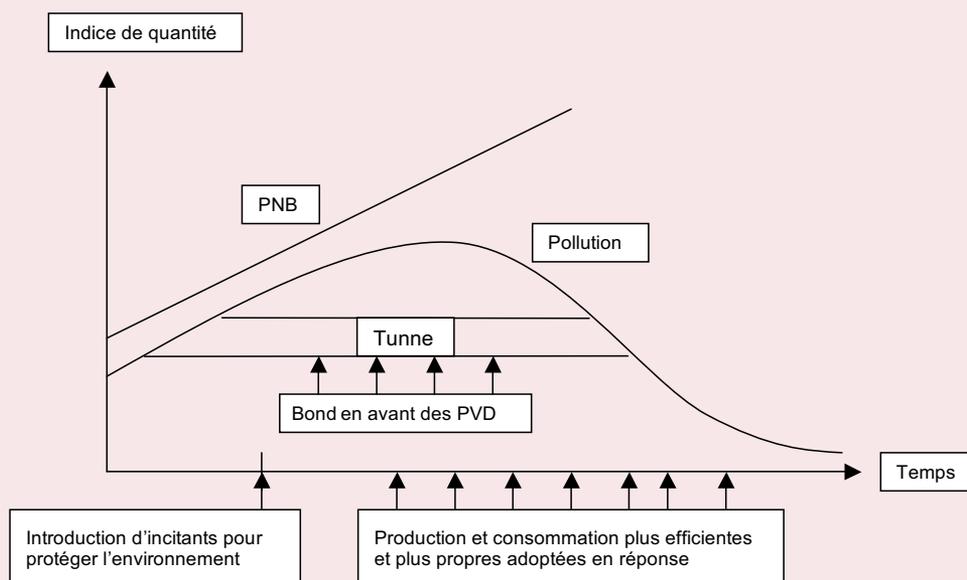
pays développés, car il implique bien souvent des investissements financiers plus importants pour lesquels les économies les moins avancées n'ont bien souvent pas les moyens. En conséquence, il est essentiel qu'au niveau de l'aide au développement, les pays en voie de développement basent leurs priorités sur des stratégies de bond en avant, afin que des organismes tels que la BAD puissent contribuer

à cette dématérialisation précoce, de même que les pays donateurs. Par ailleurs, il faut se rappeler que cette dématérialisation précoce n'est possible que par l'usage des meilleures technologies disponibles plus propres, ce qui implique nécessairement un transfert desdites technologies des pays développés vers les pays en voie de développement. Subséquemment, il est nécessaire sur la scène internationale de favoriser et d'encourager ce transfert de technologie.

À cet égard, il existe des initiatives intéressantes, certes perfectibles, qu'il conviendrait d'analyser en vue d'une généralisation. Nous pensons notamment à des mécanismes tels que le MDP ou mécanisme

Il est par conséquent essentiel que le développement des pays en voie de développement s'oriente vers ce que l'on appelle un «bond en avant», c'est-à-dire une dématérialisation précoce appelée par les économistes un «tunnel».

Figure 3 – Dématérialisation et bond en avant



de développement propre mis en œuvre dans le cadre du Protocole de Kyoto. Brièvement, ce MDP vise des projets de développement dans des économies en voie de développement ayant ratifié le Protocole de Kyoto. Conçu pour répondre à la problématique des changements climatiques, il prend en considération les émissions de gaz à effet de serre. Toute activité étant polluante, un projet de développement implique *de facto* des externalités environnementales supplémentaires. Cependant, comme nous l'avons déjà exposé, ces effets externes peuvent être minimisés si des technologies et des pratiques plus propres sont envisagées. La différence entre les quantités de gaz à effet de serre générées par un projet que nous qualifierons de «traditionnel» et un projet plus propre produisant le même développement est comptabilisée dans le cadre du MDP. Ces tonnes évitées de gaz à effet de serre peuvent être vendues par les pays en voie de développement aux pays développés ayant ratifié le Protocole de Kyoto. Ces derniers qui sont obligés de respecter des seuils absolus de quantités de gaz à effet de serre peuvent soustraire de leurs propres émissions les tonnes évitées qu'ils ont achetées aux pays en voie de développement via des projets

de MDP. À ce jour, les projets dans le secteur de la production de l'énergie constituent 51,25% du total des projets MDP. Sur un total, tous secteurs confondus, de 633 projets MDP, on déplore néanmoins que l'Afrique n'en comptabilise que 15, soit 2,37%. Les projets MDP répondent, comme n'importe quel autre projet d'investissement, aux impératifs du marché et sont ainsi victimes des mêmes «problèmes» que les autres projets: les économies émergentes sont plus attractives que les pays les moins avancés. L'outil est donc perfectible si on veut l'utiliser au service du développement plus propre de l'Afrique. Par ailleurs, il ne s'agit que d'un exemple pour favoriser le transfert de technologies et mettre en œuvre le bond en avant permettant la dématérialisation précoce de l'Afrique ou d'autres économies moins avancées. Les travaux du Groupe d'Experts sur le Transfert de Technologie (EGTT) portent sur les différentes facettes du transfert de technologies plus propres dans le contexte de la Convention cadre sur les changements climatiques. Il faut espérer que de tels travaux se généralisent à toutes les externalités environnementales. Reste à voir dans quel contexte il serait bon d'opérer cette généralisation. ❁



Collaboration spéciale

La diversité biologique et les changements climatiques

La diversité biologique, nom donné à toute la variété de la vie sur Terre, procure les produits et les services qui assurent notre subsistance grâce aux écosystèmes qui la forment. Les pressions exercées par les êtres humains sur les écosystèmes entraînent un appauvrissement et des changements dans la diversité biologique à un rythme sans précédent. Les populations actuelles changent les écosystèmes plus rapidement et de façon plus considérable que dans toute autre période de l'histoire de l'humanité.

La riche variété de la vie sur Terre a toujours eu à affronter les changements climatiques. La nécessité de s'adapter à de nouvelles fluctuations de température et de pluviosité a eu un effet déterminant sur les changements évolutifs qui ont donné lieu aux espèces végétales et animales que nous connaissons aujourd'hui. La survie des écosystèmes et de leurs fonctions, qui nous procurent tous les éléments essentiels de la vie, n'a jamais été aussi menacée par les variations climatiques. Pourtant, l'*Évaluation des écosystèmes en début de millénaire* publiée l'an dernier révèle que les changements climatiques sont devenus une des menaces principales à la diversité biologique de la planète et qu'ils seront un des plus importants facteurs de changement des prochaines décennies. Les changements climatiques représentent une pression supplémentaire pour nos écosystèmes. Les changements climatiques prévus, jumelés aux changements dans l'utilisation des terres et la propagation des espèces exotiques ou non indigènes, restreindront vraisemblablement la capacité de certaines espèces à migrer et accéléreront la perte d'espèces.

La capacité réduite des animaux et des plantes de s'adapter à l'étape actuelle du réchauffement de la planète s'explique de plusieurs façons, dont le rythme du changement. L'augmentation des températures moyennes mondiales se fera plus rapidement au cours des cent prochaines années que tout changement vécu par la planète au cours des 10 000 dernières années. Plusieurs espèces seront tout simplement incapables de s'adapter assez rapidement aux nouvelles conditions ou de trouver un nouvel habitat dans des régions où elles peuvent survivre.

Les changements monumentaux qu'ont apportés les êtres humains aux paysages, aux bassins fluviaux et aux océans du monde sont tout aussi importants car ils ont éliminé des modes de survie possibles pour les espèces vivant sous la pression des changements climatiques. D'autres facteurs aussi découlent des activités humaines. La pollution provenant de nutriments tels que l'azote, l'introduction d'espèces étrangères envahissantes et la surexploitation d'animaux sauvages par la pêche ou la chasse sont tous des facteurs qui peuvent réduire la résistance des écosystèmes et, par voie de conséquence, leurs chances de s'adapter naturellement aux changements climatiques.



Ahmed DJOHLAF

Ahmed DJOHLAF est Secrétaire Exécutif, Convention des Nations Unies sur la diversité biologique.

 ahmed.djoghlafe@biodiv.org

Cette réalité a de lourdes conséquences non seulement sur la variété de la vie sur notre planète mais aussi sur la subsistance des populations mondiales. *L'Évaluation des écosystèmes en début de millénaire* a révélé que les habitants des régions rurales sont particulièrement vulnérables à la disparition de services essentiels lors de la détérioration d'un écosystème. Vis-à-vis des changements climatiques, les habitants des petits États insulaires en développement et des zones polaires sont parmi les plus vulnérables. La toile de la vie et l'interaction des espèces, depuis les plus petits micro-organismes jusqu'aux plus gros prédateurs, sont essentielles à la formation de sols propices à la culture, la disponibilité de plantes médicinales, l'approvisionnement en eau douce et les revenus associés à l'écotourisme, entre autres. La disparition de ces services a eu des conséquences dévastatrices sur les pauvres, car aucune autre solution ne s'offrait à eux. Alors que les décideurs du monde entier cherchent des moyens d'aider les plus pauvres à s'adapter aux changements climatiques, la priorité doit être accordée au rôle de la diversité biologique, un élément souvent négligé dans les stratégies d'adaptation actuelles.

L'élaboration, le financement et l'application de ces stratégies exigent de la collaboration et de la coordination au niveau mondial. Il y a eu une interaction étroite entre les Secrétariats de la Convention sur la diversité biologique, de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification à cet égard. Une telle collaboration peut assurer l'élaboration et l'application de politiques pertinentes pour améliorer l'adaptation aux changements climatiques.

Les changements climatiques sont déjà une réalité et les changements se poursuivront même si toutes les émissions anthropiques devaient cesser immédiatement. Nous devons donc augmenter les efforts d'atténuation et d'adaptation.

Les écosystèmes se sont adaptés aux changements dans le passé mais les changements actuels surviennent à un rythme jamais vu. Règle générale, plus les changements climatiques sont rapides, plus leurs conséquences se font sentir sur les personnes et les écosystèmes. La stabilisation des émissions de gaz à effet de serre peut soulager ces pressions et donner aux systèmes plus de chance de s'adapter.

En plus d'atténuer les changements, il faut aussi élaborer et mettre en œuvre de toute urgence des plans d'adaptation aux changements climatiques. En effet,

les activités telles que le déboisement et le surpâturage, qui mènent à la détérioration de l'environnement, peuvent exacerber les conséquences des changements climatiques. Dans certains pays, de plus en plus de gens, surtout les personnes à faible revenu, sont contraints de vivre dans des régions exposées et marginales (p. ex., les plaines inondables, les versants exposés et les terres arides ou semi-arides) et s'exposent ainsi aux conséquences négatives des changements climatiques. Les changements climatiques, même les plus infimes, peuvent avoir des conséquences catastrophiques sur la vie et la subsistance de ces personnes. Il en va de même pour plusieurs espèces qui sont adaptées à des conditions climatiques très particulières. Un tout petit changement dans les conditions de ces espèces peut entraîner leur disparition. Il nous reste encore beaucoup de choses à apprendre au sujet des changements climatiques mais nous en savons déjà assez pour déterminer l'étendue des conséquences, leur ampleur et le potentiel d'adaptation, et pour nous inciter à agir maintenant.

L'Assemblée générale des Nations Unies a proclamé le 22 mai 2007 la Journée internationale de la diversité biologique afin de hausser le niveau de sensibilisation aux enjeux de la diversité biologique et de parfaire les connaissances sur ce sujet. La **Convention sur la diversité biologique** se préoccupe énormément des conséquences des changements climatiques sur la diversité biologique. La Convention reconnaît également qu'il existe de nombreuses occasions d'atténuer les changements climatiques et de s'y adapter tout en améliorant la conservation de la diversité biologique. C'est pour cette raison que le thème de la **Journée internationale de la diversité biologique, le 22 mai 2007** est «les changements climatiques et la diversité biologique» afin d'attirer l'attention sur la menace grandissante et les possibilités d'agir. Ce thème coïncide avec le fait que l'année 2007 est l'Année polaire internationale.

Le message général des célébrations de la Journée internationale de la diversité biologique de cette année est clair. Un effort concerté pour lutter contre les menaces d'appauvrissement de la diversité biologique et les changements climatiques améliorera grandement les possibilités de relever avec succès les défis des prochaines décennies. À l'occasion des célébrations de ce 22 mai, je demande aux citoyens du monde de s'assurer que nous prenons les mesures nécessaires pour faciliter l'adaptation de la diversité biologique aux changements climatiques et ainsi assurer la subsistance des plus pauvres des pauvres. ❁

Une OPEP du gaz naturel: une fausse bonne idée?

Le quotidien russe *Kommersant* a annoncé courant mars 2007 qu'une « OPEP du gaz » serait lancée le 9 avril à Doha à l'occasion d'un Forum énergétique prévu de longue date. Les principaux producteurs-exportateurs de gaz naturel ont manifesté leur intérêt pour ce « cartel » du gaz, à savoir la Russie, l'Algérie, l'Iran, le Qatar et le Venezuela. Seuls la Norvège et le Canada n'ont pas réagi. Cette idée n'est pas nouvelle puisqu'elle avait déjà été suggérée par Vladimir POUTINE lors d'un séjour à Alger fin 2006 à l'occasion de la signature d'un protocole d'accord entre la SONATRACH et GAZPROM. L'Iran a toujours fortement appuyé le projet tandis que le Qatar lui avait au départ réservé un accueil plutôt mitigé. Avant de savoir si c'est une bonne idée, il importe de rappeler les spécificités du marché international du gaz et de faire la liste des arguments pour et contre ce projet qui intrigue les Chancelleries européennes et semble mécontenter la Commission de Bruxelles. Rappelons que la Russie détient à elle seule près de 30% des réserves prouvées de gaz, contre 15% pour l'Iran et 15% pour le Qatar. La part de l'Algérie et celle du Venezuela sont plus modestes (de l'ordre de 3 à 4% des réserves dans chaque pays). Au total, ces pays représentent tout de même près de 70% des réserves prouvées.

Le gaz naturel représente 24% du bilan énergétique mondial; c'est la troisième source d'énergie après le pétrole (38%) et le charbon (26%). C'est une énergie dont la croissance est forte car elle est beaucoup moins polluante que ses deux concurrentes, d'où l'engouement en faveur du gaz pour la production d'électricité. Rappelons que selon l'AIE 50% du gaz nouvellement commercialisé au sein de l'OCDE d'ici 2030 ira vers la production d'électricité et que la moitié de la production nouvelle d'électricité sera à la même échéance produite avec du gaz naturel. Un kWh de gaz contient 410 grammes de CO₂ contre 900 grammes pour un kWh « charbon » et 710 grammes pour un kWh « fuel ». Dans un contexte où la lutte contre le réchauffement climatique est une priorité affichée, et c'est particulièrement vrai en Europe, on comprend l'attrait que représente cette source d'énergie. Mais le gaz est coûteux à transporter et à distribuer, de sorte qu'une proportion encore faible (23%) de sa production donne lieu à des échanges internationaux (contre 55% pour le pétrole). Il faut en effet construire des gazoducs sur des milliers de kilomètres ou liquéfier ce gaz à -160°C avant de le mettre dans des bateaux spéciaux à double coque (méthaniers). C'est là une grande différence avec le pétrole très facile et peu coûteux à transporter.

En pratique, il n'existe pas un véritable marché mondial du gaz naturel mais trois marchés régionaux avec des spécificités fortes. Le marché nord-américain (États-Unis et Canada) est un marché concurrentiel avec des prix « spot » très volatils. Il existe un grand nombre de producteurs et la demande est très sensible aux aléas climatiques. Les États-Unis importent 16% de leurs besoins de gaz, principalement du Canada (Alberta) et accessoirement sous forme de GNL du Proche-Orient. Mais la part du GNL devrait croître fortement dans le futur. Le Japon est le troisième importateur mondial de gaz et ce gaz importé sous forme de GNL vient d'Indonésie, d'Australie, du Proche-Orient. Ce gaz est vendu dans le cadre de contrats bilatéraux négociés de gré à gré et à long terme (20 à 25 ans), comportant des clauses assez rigides. Il en va de même en Europe. Le marché européen est un marché où dominent les contrats à long terme entre offreurs (Russie, Algérie, Norvège, Égypte, Qatar, Nigeria, etc.) et demandeurs (Allemagne, Italie, France, Espagne mais aussi les pays d'Europe centrale) et ces contrats prévoient tout à la fois des clauses « take or pay » et des clauses d'indexation du prix du gaz sur le prix du pétrole brut et/ou sur celui des principaux produits pétroliers (fuel lourd et FOD). Les marchés « spot » sont peu liquides, sauf en Angleterre, et le prix du gaz suit avec retard celui du pétrole. L'indexation n'est pas totale et elle n'est pas immédiate de sorte que les fluctuations du prix du gaz sont atténuées par rapport à celles du prix du brut. L'Union européenne importe aujourd'hui 62% du gaz qu'elle consomme et cette proportion devrait s'accroître à l'horizon 2030 (82%). À noter que cette dépendance varie fortement d'un pays européen à l'autre. Du coup, la sécurité des approvisionnements en gaz est une priorité pour la Commission Européenne, surtout après la « guerre du gaz » entre la Russie et l'Ukraine début 2006 et la « crise du gaz » entre la Russie et la Biélorussie début 2007.

Annoncer une « OPEP du gaz », c'est aujourd'hui viser principalement l'Union européenne car sa dépendance à l'égard de la Russie et de l'Algérie est forte : 40% du gaz importé dans l'UE vient de Russie et 18% d'Algérie (contre 28% de Norvège). Le reste vient d'Égypte, du Nigeria, de Libye et du Proche-Orient. Quels sont les mobiles qui justifient un tel projet?



Jacques PERCEBOIS

Jacques PERCEBOIS,
Directeur du Centre de
Recherche en Économie
et Droit de l'Énergie
(CREDEN).



Le premier motif est sans doute pour les initiateurs du projet de maintenir une pression à la hausse sur le prix du gaz. Mais les prix du gaz sont indexés sur les prix du brut et le prix du brut est élevé. On conçoit un tel projet dans un contexte de bas prix du pétrole ou dans un contexte où un processus de déconnexion entre les deux prix serait amorcé. Annoncer la création d'une « OPEP du gaz », c'est anticiper, voire favoriser une telle déconnexion. Mais rien ne garantit alors que les prix du gaz monteront plus vite que ceux du brut; ce peut être le contraire. Rappelons que le gaz n'a pas d'usages captifs et qu'il doit demeurer compétitif avec ses principaux substituts (le fuel lourd ou le charbon dans l'industrie et le FOD dans le secteur résidentiel et commercial). Si demain le prix du gaz croît plus vite que celui du pétrole, les utilisateurs se tourneront vers le fuel ou le charbon, surtout si du charbon « propre » est disponible pour produire leur électricité. On peut certes penser que lier le prix du gaz au rythme d'épuisement du pétrole, comme c'est le cas aujourd'hui, est discutable: les réserves de gaz sont au moins aussi importantes que celles de pétrole mais le ratio R/P est de 65 ans pour le gaz contre 44 pour le pétrole. Le prix du pétrole est de plus très sensible aux aléas politiques et le gaz en subit le contrecoup. Dès lors, fixer le prix du gaz en fonction des « fondamentaux » du prix du gaz est une bonne idée mais rien ne garantit que le prix du gaz restera alors supérieur à celui du brut. Il pourrait être corrélé davantage à celui du charbon. De plus, la volatilité des prix du gaz pourrait s'accroître, comme c'est le cas sur le marché américain ou sur le marché anglais, en fonction des aléas climatiques et d'une demande très volatile. Les exportateurs de gaz naturel ne seraient peut-être pas gagnants dans cette affaire. La cartellisation du marché permettrait certes de lutter contre cette volatilité mais cela inquiéterait les importateurs qui du coup se tourneraient vers des substituts; l'élasticité-prix du gaz est forte comparée à celle du pétrole.

Les contrats de gré à gré signés sur le long terme (20 à 25 ans) constituent une garantie de ressource physique pour l'importateur mais aussi une garantie de ressources financières pour l'exportateur. L'importateur prend le risque « volume » (il doit placer son gaz) tandis que l'exportateur prend le risque « prix » (il ne connaît pas à l'avance le prix de vente donc les recettes). Pour la Russie comme pour l'Algérie, la vente de gaz à l'UE est vitale en termes de revenus financiers car l'Europe est un bon client et un client fiable. De nombreux projets de gazoducs ne seront rentables que si du gaz circule à l'intérieur des tuyaux. Un cartel du gaz peut inciter certains opérateurs à la prudence dans le financement de nouveaux projets (Galsi, Baltique voire Nabucco). Au demeurant, plusieurs contrats viennent d'être prorogés jusqu'en 2030; on voit mal l'abandon d'un tel système aujourd'hui et une remise en cause brutale de la règle du jeu.

Le second motif des pays exportateurs peut être plus modestement de chercher à harmoniser les clauses prévues dans les divers contrats à long terme et coordonner ainsi une action commerciale à l'échelle mondiale. Il s'agirait alors de « rationaliser » les approvisionnements gaziers de l'UE, de l'Asie et des États-Unis en se répartissant en quelque sorte les marchés (une sorte de « Yalta » du gaz), cela dans le but d'éviter une « concurrence destructrice » entre exportateurs. Faut-il pour cela créer une « OPEP du gaz »? Un forum ou un club ne serait-il pas plus efficace et plus « politiquement correct »? Sauf évidemment si d'aucuns cherchent à utiliser le gaz comme une « arme économique ». Mais l'UE n'est pas la Biélorussie ni l'Ukraine et cette arme aurait vite fait de devenir un boomerang. À cela s'ajoute le fait que la difficulté dans tout cartel, c'est de maintenir un minimum de discipline entre les participants à l'accord. Chacun a tendance à se comporter en « free rider » et de plus il existe dans le cas du gaz une « frange compétitive » qui pourrait menacer l'efficacité d'un tel accord (la Norvège mais aussi le Canada et certains pays de la Caspienne). Les rivalités entre offreurs de gaz existent et les importateurs ne manqueraient pas l'occasion de jouer sur des divisions potentielles. Tous les exportateurs n'ont pas les mêmes atouts et favoriser un partenariat privilégié avec certains reviendrait à menacer la cohésion de cette « OPEP du gaz ».

Le troisième motif pourrait être de procéder à un simple effet d'annonce et de faire savoir à l'Europe que le gaz est une ressource rare et précieuse que les exportateurs sont prêts à vendre mais à condition d'être présents dans la distribution en « aval » de la chaîne gazière. Beaucoup d'exportateurs cherchent à profiter de la libéralisation des marchés pour obtenir des licences de commercialisation de gaz directement dans les pays consommateurs. C'est déjà le cas de GAZPROM et de SONATRACH. Prononcer le mot de « cartel », c'est faire frémir la Commission de Bruxelles qui a les yeux de Chimène pour tout ce qui touche à la concurrence. Bruxelles est favorable à la présence des exportateurs dans l'aval de la chaîne gazière à condition que les producteurs de gaz fassent un effort pour permettre aux Européens d'être mieux présents dans l'amont. Fermer l'amont via un cartel, c'est indisposer la Commission qui l'a d'ailleurs déjà fait savoir. À moins que cette annonce n'ait précisément pour but d'inciter Bruxelles à accélérer l'ouverture de l'aval et l'attribution de licences de distribution aux exportateurs, ceci pour éviter précisément un risque de cartellisation. Mais encore faut-il que le message soit bien reçu et bien compris sinon l'objectif ne sera pas atteint... ❀

Échos

■ Un **atelier sur l'impact économique et social de l'électrification rurale** s'est tenu à Ouagadougou, Burkina Faso, du 19 au 24 mars 2007, dans le cadre des activités du Club des agences et structures chargées de l'électrification rurale. Cet atelier correspondait aussi à l'atelier final du **projet IMPROVES-RES** de la Commission Européenne, visant l'amélioration de l'impact de l'électrification rurale sur le développement durable et la réduction de la pauvreté (Burkina Faso, Cameroun, Mali et Niger, 2005-2007). L'atelier a rappelé le rôle de l'électrification rurale comme élément structurant de l'aménagement du territoire et du développement local, ainsi que l'importance de sa coordination avec le développement des infrastructures rurales à résultats directs et plus concrets comme l'éducation, l'eau potable, la santé. En ce sens, le projet IMPROVES-RES a visé l'élaboration d'un modèle alternatif de planification de l'électrification rurale qui permette d'optimiser l'impact économique et social à l'échelle d'un territoire.

www.club-er.org/
<http://www.improves-re.com/>

■ La 6^e réunion du **Forum mondial sur l'énergie durable** (Global Forum on Sustainable Energy, 29 novembre-1^{er} décembre 2006, Vienne, Autriche) a été consacrée exclusivement à l'Afrique, en réponse aux nombreuses initiatives en provenance du continent africain et de la communauté de bailleurs de fonds. Priorités africaines, biocarburants, hydroélectricité, mécanismes pour le développement propre, financement, ont été au cœur des débats, en vue notamment de préparer la prochaine session de la Commission du développement durable en mai 2007 à New York.

www.gfse.at
www.iisd.ca/yimb/gfse6/ (compte-rendu)

■ Le Forum « **Énergie Afrique-Europe 2007** » s'est tenu à Berlin les 6 et 7 mars 2007, sur invitation du Gouvernement fédéral allemand et de la Commission européenne, dans le cadre de l'Initiative de partenariat en matière énergétique destinée à éradiquer la pauvreté et à promouvoir le développement durable de l'Union européenne (EUEI), qui a été lancée lors du sommet mondial pour le développement durable de Johannesburg en 2002. Les principaux résultats mettent en évidence notamment le large soutien accordé à ce partenariat, l'urgence de s'attaquer ensemble au problème des changements climatiques, le besoin de coopération et de transparence à tous les niveaux en vue d'une exploitation juste des

ressources énergétiques africaines, le rôle du transfert de technologies appropriées aux conditions locales pour améliorer les services énergétiques.

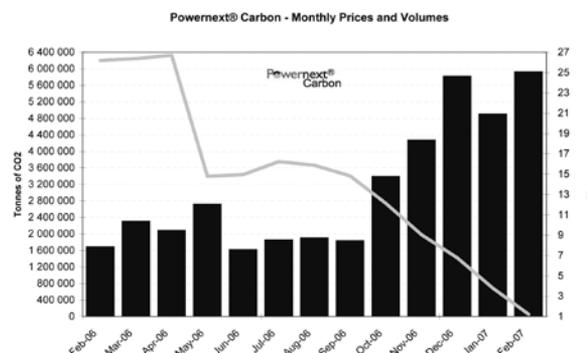
<http://www.energypartnership.eu/fr/>

■ L'idée d'un **nouveau rapport sur l'énergie dans le monde** (Global Energy Assessment) par l'IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) est en cours de réflexion. Son objectif serait d'évaluer les aspects sociaux, économiques, technologiques, environnementaux, les liens avec le développement et la sécurité, du secteur de l'énergie, ainsi que les pistes de développement futur garantissant la prise en compte des exigences du développement durable. Cette évaluation ferait suite au Rapport sur l'énergie dans le monde (World Energy Assessment) publié en 2000.

www.iiasa.ac.at/Research/ENE/GEA/
www.undp.org/energy/activities/wea/index.html
 (Rapport sur l'énergie dans le monde, 2000)

■ Le **prix moyen de la tonne de CO₂** en février 2007, coté sur le marché Powernext® Carbon, l'une des principales plateformes européennes d'échanges de permis d'émission de gaz à effet de serre, s'est élevé à 1,23 €. Le prix moyen en 2006 s'est élevé à 17,37 € contre 22,51 € en 2005. Cette chute du prix du CO₂ s'explique principalement par une attribution inappropriée de quotas en 2005 (excès de quotas), d'où la domination du marché par les vendeurs plutôt que par les acheteurs. En plus des aspects institutionnels, les conditions météorologiques (effet sur la demande d'énergie et sur l'hydraulité) et les prix de l'énergie (effet sur la production gazière d'électricité par exemple) influencent également l'offre et la demande, et donc le prix des permis de CO₂. Dans un tel contexte, l'incitation à réduire les émissions, visée par le marché des quotas de CO₂, est quasi nulle. La seconde phase du marché correspond à la période d'engagement de Kyoto 2008-2012.

www.powernext.fr/
http://www.powernext.fr/modules/PwnDI/download/files/fra/Powernext_Carbon02-2007.pdf



Les informations présentées dans cette chronique ne représentent pas l'opinion de l'IEPF et ne se veulent pas exhaustives.

- **La Réunion inaugure la plus grande centrale photovoltaïque de France**, visant la production annuelle de 1 300 MWh avec plus de 6 000 panneaux solaires. La surface de cette centrale de la Société de Conversion d'Énergie représente 10 000 m², soit l'équivalent de près d'un terrain et demi de football. Son coût est de 5 millions d'euros. Son avantage est de fournir de l'énergie au moment où la demande d'électricité est la plus forte, aux alentours de midi. Cette centrale est une des applications possibles du PRERURE (Plan Régional des Énergies Renouvelables et de l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie), qui a pour vocation de permettre à l'île de tendre vers l'autonomie énergétique à l'horizon 2025. La promotion de chauffe-eau solaires, l'implantation d'autres centrales solaires et éoliennes font partie du plan.

www.regionreunion.com/

http://www.regionreunion.com/fr/spip/spip.php?article1419&var_recherche=centrale%20solaire&var_recherche=centrale%20solaire



- La promotion des biocarburants comme alternative crédible au pétrole dans les transports, telle qu'incluse dans la politique énergétique proposée par la Commission européenne, soulève la question de l'évaluation des impacts, autrement dit, des externalités, **des filières de production des biocarburants** (analyse de cycle de vie), tels que : les impacts sur la sécurité alimentaire (incitation à la production des biocarburants dans les pays du Sud), l'efficacité énergétique globale (rapport entre l'énergie restituée et l'énergie non renouvelable mobilisée), les émissions globales de gaz à effet de serre (émissions de N₂O liées aux engrais azotés), les impacts sur l'eau (eutrophisation) et le sol, etc. Par exemple, la production de l'éthanol à partir du maïs (le cas aux États-Unis) présente une faible efficacité énergétique globale, au contraire de l'éthanol produit à partir de canne à sucre au Brésil. Le développement de carburants de 2^e génération issus d'autres formes de biomasse (filière ligno-cellulosique, déchets organiques) semble plus prometteur du point de vue énergétique. La certification environnementale de la production des biocarburants serait un moyen de garantir la limitation des impacts négatifs d'une telle politique.

eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fr/com/2006/com2006_0845fr01.pdf

(Rapport de situation sur les biocarburants en Europe)

www.rac-f.org/IMG/pdf/Biocarburants_rapportEDEN_07.pdf

(Les biocarburants, quel intérêt, quelles perspectives?)

www.ademe.fr/partenaires/agrice/publications/documents_francais/synthese_bilans_energetiques_fr.pdf
(Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants en France)

assets.panda.org/downloads/wwf_on_biofuels_comm_q_a_2006__final_080206.pdf

(Position du World Wide Fund for Nature, notamment face)

www.biofuelwatch.org.uk/

(Mobilisation pour la durabilité des filières de production)

- Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat a publié le résumé à l'intention des décideurs du **Groupe de Travail I (Bases scientifiques)**, contribution au quatrième rapport d'évaluation qui sera publié en 2007. Ce rapport confirme la réalité du changement climatique ainsi que la contribution des activités humaines. Ainsi, les « valeurs les plus probables » de l'augmentation de température en un siècle est de 1,8 à 4°C en cas de laisser-faire ; celles de la montée du niveau des océans sont de 18 à 59 centimètres. La contribution humaine est estimée probable à plus de 90%, contre 66% en 2001. Le résumé du **Groupe de Travail II (Impacts et adaptation)** évoque notamment la pénurie d'eau d'ici 2020 en Afrique, les impacts des changements climatiques sur la santé, ou encore l'affectation plus grande des populations les plus pauvres (y compris dans les pays industrialisés). Ce résumé a été l'objet d'une forte résistance de la part des États-Unis, de la Chine et de l'Arabie Saoudite. Le troisième rapport (Atténuation des émissions) sera disponible au printemps 2007.

www.ipcc.ch

www.effet-de-serre.gouv.fr/fr/etudes/SPM2007gr1.doc

(Version française non officielle)

- **Les États membres de l'Union européenne se sont mis d'accord, lors du sommet** des 8 et 9 mars 2007, sur les objectifs futurs en matière d'énergie et changements climatiques, à savoir : 1) La réduction de 20% des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020 par rapport à 1990 si les autres pays développés d'engagent également, et les pays en développement les plus avancés sur le plan économique contribuent. Dans le cas contraire, l'engagement est une réduction de 20%. 2) L'économie de 20% de la consommation énergétique de l'UE par rapport aux projections pour l'année 2020. 3) Une proportion contraignante de 20% d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique totale de l'UE d'ici 2020, et une proportion minimale contraignante de 10% de biocarburants dans la consommation totale d'essence et de gazole destinés au transport au sein de l'UE. Plusieurs pays (France, Finlande, pays de l'Est) considérant l'objectif des énergies renouvelables irréalistes, la répartition nationale de l'objectif européen reste à définir, en tenant compte d'« objectifs globaux nationaux différenciés ».

europa.eu/rapid/searchAction.do

(Sélectionner Conseil de l'Europe)

■ Le développement d'une économie de l'hydrogène requiert de prendre en compte les externalités liées à la production de l'hydrogène : électrolyse de l'eau (prendre en compte la source de production de l'électricité), réformage du gaz, etc. Le couplage de l'énergie éolienne à la **production d'hydrogène** par électrolyse est au cœur des projets du National Renewable Energy Laboratory (NREL) et de Xcel Energy, aux États-Unis (ainsi que d'autres groupes dans le monde !). Ce couplage permet de stocker l'énergie éolienne intermittente (défaut) en un vecteur utilisable en tout temps, tout en limitant les émissions de la production d'hydrogène.

www.nrel.gov/news/press/2006/485.html

■ L'Australie s'est engagée à **interdire les ampoules incandescentes** à partir de 2010. L'Ontario et la Californie s'intéressent également à cette mesure. Les ampoules de remplacement, fluocompactes, consomment 80 % moins d'électricité pour un service rendu équivalent. En Australie, l'électricité étant produite en grande partie à partir du charbon, l'économie d'électricité engendrée se traduira directement en émissions de CO₂ évitées.

www.environment.gov.au/minister/env/2007/pubs/mr20feb07.pdf

Bonnes adresses Internet

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, France (voir Domaines d'interventions, Énergies renouvelables, nombreuses publications sur les différentes filières énergétiques)

➤ www.ademe.fr

Certificats verts (Association internationale RECS et Observatoire des énergies renouvelables)

➤ <http://www.recs.org/>

➤ www.energies-renouvelables.org

Conférence Européenne des Ministres des Transports (publications sur transports et environnement et sur les outils de prise en compte des effets externes)

➤ www.cemt.org/topics/env/envdocs1fr.htm

ExternE (*External costs of Energy*)

➤ www.externe.info/

New Energy Externalities Developments for Sustainability (NEEDS)

➤ www.needs-project.org

Observatoire de la viabilité énergétique (*Sustainable Energy Watch*)

➤ www.helio-international.org/energywatch/SEWabout.cfm

Organisation de Coopération et de Développement Économiques (voir notamment Direction de l'Environnement)

➤ www.ocde.org

Well-to-Wheels, Institute for Environment and Sustainability (UE) : évaluation comparative du cycle complet de production et consommation des différents carburants

➤ <http://ies.jrc.cec.eu.int/wtw.html>

À lire

■ AEN/OCDE, 2003. *Électricité nucléaire : quels sont les coûts externes ?* Agence pour l'Énergie Nucléaire et Organisation de Coopération et de Développement Économiques, Paris, 91 p.

Destiné aux preneurs de décision, ce rapport décrit les coûts internalisés et les coûts externes de l'électricité nucléaire. Ils incluent les coûts liés au stockage des déchets radioactifs, aux charges financières futures produites par le démantèlement et la déconstruction des installations nucléaires, aux effets sanitaires et environnementaux des rejets de radioactivité durant l'exploitation normale et aux conséquences des accidents graves. Il présente également les principes de base de l'analyse de cycle de vie et de l'analyse des chemins d'impacts, utilisée dans l'évaluation réalisée.

db.nea.fr/html/ndd/reports/2003/nea4373-couts-externe.pdf

■ Bickel P. et Friedrich R., 2005. *ExternE, Externalities of Energy. Methodology 2005 Update*. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Université de Stuttgart, Allemagne. Publié par la Commission Européenne, Direction générale de la Recherche, Belgique, 287 p.

www.externe.info/

■ Commission Européenne, 2003. *External Costs : Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport*. Direction générale de la Recherche, Belgique, 28 p.

www.externe.info/

■ Rabl A., Spadaro J.V., 2001. *Les coûts externes de l'électricité*. Revue de l'énergie, n° 525, mars-avril, p. 151-163.

sfp.in2p3.fr/Debat/debat_energie/websfp/CoutsExternesElectricite.htm

■ L'objectif du grand projet ExternE (*External Costs of Energy*) lancé au début des années 90 par la Commission européenne, est de définir les externalités de l'énergie, appliqué à la production d'électricité et des transports. La méthode utilisée est dite de cheminement d'impacts (*impact pathway*). Deux rapports et un article (synthèse en français) présentent, d'une part, la méthodologie obtenue et, d'autre part, un survol des résultats obtenus dans le domaine de l'électricité et des transports. On y apprend, par exemple, qu'en Allemagne, le coût externe du kWh produit par une éolienne est de 0,25 centime d'euro, alors qu'il est de 3 à 5 centimes par kWh pour l'électricité issue d'une centrale thermique alimentée au pétrole. L'approche a été appliquée dans de nombreux autres projets, tels que NEEDS (New Energy Externalities Developments for Sustainability, www.needs-project.org)

- English G., Schwier C., Lake R., Hirshhorn R., Barton R., 2000. *L'internationalisation des coûts sociaux du secteur des transports*. Rédigé pour Transports Canada, Ottawa, 123 p. (version en ligne en anglais)

Ce rapport examine les coûts sociaux (santé, bruit, changements climatiques, congestion, etc.) des différents modes de transport ainsi que les méthodes d'internalisation de ces coûts disponibles et déjà expérimentées.

www.tc.gc.ca/programmes/Environnement/analyseeconomique/cout/menu.htm

- EUCAR, CONCAWE, JRC (the Joint Research Centre of the EU Commission), 2007. *Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context*. WELL-to-WHEELS Report, 88 p.

Mise à jour d'un premier rapport publié en 2003, l'étude réalisée vise à établir de manière transparente et objective la consommation énergétique et la production de gaz à effet de serre et les coûts macro-économiques du cycle complet de production et consommation de carburants applicables en Europe à partir de 2010. Les analyses démontrent que la production des carburants est tout aussi importante que leur consommation dans le bilan global de ces derniers. Des analyses détaillées sont présentées pour le gaz naturel, les biocarburants, l'hydrogène, le diesel synthétique (Fischer-Tropsch), etc.

<http://ies.jrc.ec.europa.eu/WTW>

- Faucheux S., Joumni H., 2005. *Économie et politique des changements climatiques*. Collection Repères, La Découverte, Paris, 128 p.

Ce livre présente les différents «mécanismes d'internationalisation» disponibles pour limiter les émissions de gaz à effet de serre : marchés de permis de CO₂, fiscalité, mais aussi stratégies d'innovation, perspectives technologiques, stratégies d'acteurs dans une optique Nord/Sud et instruments de flexibilité du protocole de Kyoto sont au cœur des questions abordées.

- Faucheux S. et J.-F. Noël, 1995. *Économie des ressources naturelles et de l'environnement*. Armand Colin, Collection U. Série économie, 370 p.

Cet ouvrage présente un regard critique sur les différentes théories économiques d'évaluation de l'exploitation des ressources naturelles et de gestion des pollutions. Non appliqué spécifiquement au secteur de l'énergie, il constitue toutefois un ouvrage de référence, en français, en économie des ressources naturelles, champ de connaissances à la base de l'étude des externalités quel que soit le secteur d'application.



http://www.amazon.fr/gp/product/images/2200214421/ref=dp_image_0/171-6793029-9656202?ie=UTF8&n=301061&s=books

- IWV/INFRAS, 2004. *Les coûts externes des transports, étude d'actualisation*. Document de Synthèse. Zurich/Karlsruhe, 18 p.

Actualisation d'une étude antérieure de 2000, ce rapport évalue les coûts externes des transports des pays de l'UE-15 + la Suisse et la Norvège, incluant : accidents, bruit, pollution atmosphérique (santé, dégâts matériaux et biosphère), risques de changement climatique, coûts pour la nature et le paysage, coûts additionnels en site urbain, processus amont/aval, et congestion. Les instruments d'internalisation évoqués portent, entre autres, sur l'imposition d'une taxe sur les poids lourds, de péages urbains, d'une tarification appropriée des carburants.

www.cer.be/files/INFRAS%20Summary_FR-121123A.pdf

- Mathieu A., 2006. *Énergies renouvelables et économie solidaire*. Cahier du CREDEN n° 06.06.65, Montpellier, 25 p.

La mise en œuvre d'une économie solidaire a pour but de pallier les carences de l'économie marchande et de mettre sur pied des infrastructures et des activités, *a priori* non rentables, dans le cadre d'une économie environnante de marché. Ce rapport étudie comment les énergies renouvelables peuvent contribuer à une économie solidaire grâce à l'amélioration de l'accès à l'énergie des populations bénéficiaires, ainsi qu'aux effets socio-économiques positifs engendrés.

<http://www.sceco.univ-montp1.fr/creden/Cahiers/cahier060565.pdf>

- OCDE, 2007. *L'impact environnemental des transports : Comment le découpler de la croissance économique*. Direction de l'Environnement, Éditions OCDE, 128 p.

Cet ouvrage présente les résultats d'un projet lancé par le Sous-groupe sur les transports de l'OCDE en 2002. Il soulève la question au cœur des dynamiques de développement économique «L'impact négatif des transports sur l'environnement est-il une conséquence inéluctable de la croissance économique?». Il montre qu'il est possible de découpler l'impact des transports sur l'environnement et la croissance économique et donc de contribuer à instaurer des modes de transport plus durables, en utilisant de façon efficace les taxes, droits et redevances ainsi que d'autres instruments économiques complémentaires aux mesures réglementaires. Des estimations des coûts externes des transports sont fournies. Par exemple : «Les coûts externes totaux (hors coûts de congestion) ont été estimés à 650 milliards € en 2000, soit environ 7,3% du PIB des pays de l'UE-17. Le changement climatique représente la principale catégorie de coût avec 30% des coûts totaux. La pollution atmosphérique et les accidents suivent avec 27 et 24% respectivement. Le bruit et les processus amont/aval représentent chacun 7% des coûts totaux. Le transport routier est de loin le mode engendrant les coûts les plus élevés (83% des coûts totaux). Deux tiers des coûts sont dus au transport de voyageurs et un tiers au transport de marchandises.»

<http://www.oecd.org/dataoecd/37/33/37769307.pdf> (Synthèse)

- OCDE, 2006. *Économie politique et taxes liées à l'environnement*. Environnement et développement durable, n° 9. Organisation de Coopération et de Développement Économiques, Paris, 219 p.

Mettant à profit l'expérience de pays de l'OCDE, cet ouvrage propose un examen exhaustif des enjeux et des impacts environnementaux et économiques de l'instauration de taxes liées à l'environnement. Il étudie en particulier les moyens de surmonter les obstacles à leur mise en œuvre. Il analyse également les effets, sur les plans environnemental et économique, de l'utilisation combinée de ces taxes et d'autres instruments de la politique environnementale.

www.oecd.org/dataoecd/11/25/37002991.pdf

- OCDE, 2006. *Cost-Benefit Analysis and the Environment. Recent Developments*. Organisation de Coopération et de Développement Économiques, Paris, 325 p.

Cet ouvrage propose une évaluation en profondeur des concepts et développements récents sur les méthodes d'évaluation des coûts et bénéfices environnementaux.

www.oecd.org/dataoecd/11/25/37002991.pdf (Résumé)

- TRNEE-NRTEE, 2005. *Les instruments économiques au service de la réduction à long terme des émissions de carbone d'origine énergétique*. Ottawa, Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie, 156 p.

Dans le cadre de son programme «Écologisation de la fiscalité et énergie», la TRNEE analyse le potentiel offert par les instruments économiques pour promouvoir le développement durable, notamment dans le secteur de l'énergie. Ces instruments sont considérés comme plus flexibles que d'autres instruments stratégiques (réglementation directe par exemple) pour prendre en compte les effets externes de la production et consommation de l'énergie. Trois études de cas spécifiques sont proposées : efficacité énergétique dans l'industrie (technologies existantes), électricité renouvelable (technologies émergentes) et technologies à base d'hydrogène (technologies futures).

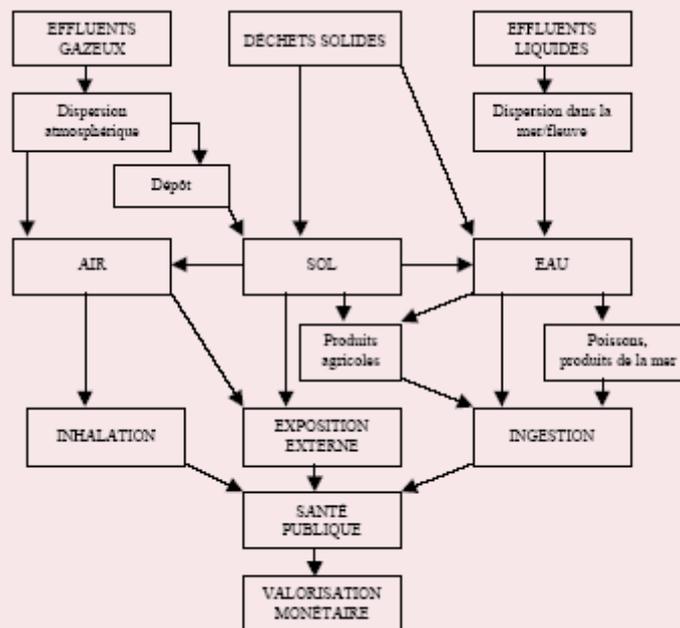
<http://www.nrtee-trnee.ca/>

(Écologisation de la fiscalité et énergie)

Méthode de l'analyse des chemins d'impacts appliquée aux rejets radioactifs de la chaîne électronucléaire

Cette figure représente les étapes successives d'une analyse des chemins d'impacts appliquée aux rejets radioactifs associés à l'ensemble de la chaîne nucléaire. Les impacts prioritaires du cycle du combustible nucléaire sur l'ensemble de la population sont des impacts radiologiques et non radiologiques dus aux rejets dans l'environnement dans les conditions normales d'exploitation et dans les conditions accidentelles. Les sources de ces impacts sont les rejets de matières radioactives par voie d'émissions atmosphériques, d'effluents liquides et de déchets solides.

Source: AEN/OCDE, 2003. *Électricité nucléaire: quels sont les coûts externes?* Agence pour l'Énergie Nucléaire et Organisation de Coopération et de Développement Économiques, Paris, 91 p. <http://db.nea.fr/html/ndd/reports/2003/nea4373-couts-externe.pdf>. Figure 2.2, p. 23.



Ministères, entreprises et organisations concernées
par l'environnement et le développement durable, institutions
et compagnies nationales d'électricité des pays membres
de la Francophonie :

Vous souhaitez annoncer dans *Liaison Énergie-Francophonie* ?

Prenez connaissance de nos différentes formules d'espaces publicitaires
et de nos tarifs à l'adresse suivante :

http://www.iepf.org/docs/lef/LEF_pub07.pdf ou écrivez-nous à ln.jail@iepf.org



Faites-vous connaître
en français dans une centaine de pays
par 23 000 décideurs en énergie
et en environnement !

**Annoncez dans la revue
Liaison Énergie-Francophonie !**



Consultez le dossier sur la 15^e session
de la Commission du développement durable à
www.mediaterre.org

The screenshot shows the Mediaterre website interface. At the top, the browser address bar displays "http://www.mediaterre.org/". The website header includes the "médiaterre" logo and the text "l'information mondiale francophone pour le développement durable". Navigation tabs for "actualité", "mon profil", and "inscription" are visible, along with a search bar.

The main content area features a news article titled "L'UE À LA TRAINÉ DANS LA LUTTE CONTRE L'EXPLOITATION ILLÉGALE DES FORÊTS". The article text states: "Le WWF vient de publier son « Baromètre gouvernemental de l'exploitation forestière illégale », qui évalue cette année la mise en oeuvre, par les pays de l'Union européenne, de la « Forest Law Enforcement Governance & Trade (FLEGT) » (Application des réglementations forestières, gouvernance et échanges commerciaux), une initiative qu'ils ont eux-mêmes adoptée en 2003 pour lutter contre l'exploitation illégale des forêts et le commerce qui est y est associé. L'évaluation a porté sur leur niveau de collaboration avec les pays (...)". The article is dated "POSTÉ LE 08/05/2007".

Below this article is a banner for the "Commission du développement durable 15^{ÈME} SESSION 30 AVRIL - 11 MAI 2007 - New-York".

On the left sidebar, there are sections for "NAVIGATION" (with links to PAGE D'ACCUEIL, POSTER, ARCHIVES, CALENDRIER), "A PROPOS" (with links to PRÉSENTATION, HISTORIQUE, STRUCTURE, SESSION DU COM, PARTENAIRES, CONTACTS), "ACCÈS AU RÉSEAU" (with a world map and links to PORTAILS GÉOGRAPHIQUES, PORTAILS ACTEURS, PORTAILS THÉMATIQUES), "DOSSIERS D'ACTUALITÉ", and "LIENS CONNEXES".

On the right sidebar, there are sections for "connexion" (with Login and valider buttons), "listes de diffusion" (with s'abonner button), "participer au réseau" (with links to partenaires actuels, soutiens, devenez partenaire, créer un lien, l'actualité sur votre site), "secrétariat exécutif" (with logo of the Institut de l'énergie et de l'environnement de l'Organisation de la Francophonie IEF), "soutiens" (with Fonds Francophones des infomotes and Rhône-Alpes logos).

At the bottom left, the word "Terminé" is displayed.

L'aventure francophone en Amérique :
400 ans d'histoire

Leader nord-américain des énergies renouvelables

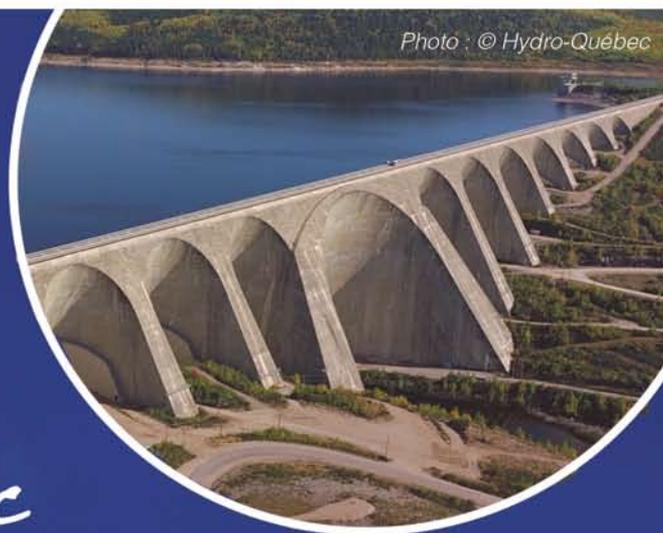


Photo : © Hydro-Québec

Le Québec

est fier d'accueillir le
Sommet de la Francophonie en 2008

Photo : © Yves Tessier, Tessima / Tourisme Québec



www.mri.gouv.qc.ca

Québec 