

Que serait une société sobre en carbone ?

Aperçus de programmes et travaux à l'étranger

Un état des lieux de ce qui se fait ailleurs en Europe en matière de recherches sur les conditions d'avènement de sociétés à effet de serre limité. Et des enseignements qui incitent à l'optimisme : nos voisins se sont donné des objectifs ambitieux et les moyens d'y parvenir.

*par Mark Tuddenham,
Mission interministérielle
de l'effet de serre*

La Mission interministérielle de l'effet de serre (Mies) a effectué une étude à caractère exploratoire pour faire un panorama de l'état actuel des travaux de recherche à l'étranger, sur les simulations à long terme - 2050 - de systèmes socio-économiques sobres en gaz à effet de serre (GES). Il s'est agi d'identifier et d'analyser les scénarios d'évolution à partir d'objectifs de réduction des émissions de CO₂ afin de faire ressortir les éléments intéressants et utiles, de nourrir et éclairer le débat politique en

France, d'orienter la prise de décision nationale. L'étude ne prétend pas être exhaustive mais donne plutôt une vue synthétique de travaux particulièrement détaillés de quelques pays auxquels nous avons pu avoir accès : Allemagne, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suisse et Islande. Ces simulations ont fait l'objet de commandes officielles des ministères ou Agences de l'Environnement des pays en question.

Le présent article fournit un aperçu des options et actions préconisées par ces études (1). Pour parvenir à une économie sobre en carbone à l'horizon 2050, nos voisins ont proposé des objectifs ambitieux de réduction assortis de moyens (politiques et mesures) dans le

cadre de scénarios (c'est-à-dire qu'ils ont défini une vision de la société en 2050 et les trajectoires pour y parvenir).

Que peut-on retenir de cette analyse comparative ?

Premières conclusions d'ordre général

Trois aspects intéressants ont été relevés, toujours dans l'optique d'éclairer le débat français : les points communs, les différences et enfin les éléments originaux.

Les points communs de ces travaux peuvent se regrouper en 4 catégories, d'ordres technique, politique, économique et sociétal.

✓ **Les points communs d'ordre technique**

Dans toutes les études analysées sauf deux, les objectifs de réduction visent le CO₂ uniquement. Quatre stratégies principales ont été identifiées pour les atteindre :

- ✓ amélioration de l'efficacité énergétique (mesures existantes et nouvelles),
 - ✓ restructuration de l'offre énergétique : réduction de l'intensité en carbone et recours accru aux énergies renouvelables (ENR),
 - ✓ cogénération (production simultanée de chaleur et d'électricité),
 - ✓ politiques structurelles (trois sont visées par les études, à savoir: aménagement du territoire, fiscalité, gestion de la mobilité).
- Trois principaux critères de sélection des options ont été définis:
- ✓ bon rapport coût-efficacité (*cost-effectiveness*),
 - ✓ durabilité,
 - ✓ adhésion publique aux objectifs et aux moyens de les réaliser.

Partout, le secteur des transports constitue l'enjeu le plus

Allemagne

Entre 2000 et 2050, les coûts nets (2) cumulés maximaux pour une réduction de 80 % sont estimés à environ 200 Md€ (4 Md€/an en moyenne ou 48 €/habitant/an), soit le même ordre de grandeur que les soutiens au charbon dans ce pays ces deux dernières décennies (et jusqu'à 2005). Ce coût de 4 Md€/an représente 0,12 % du PIB annuel moyen (dans un scénario de doublement du PIB national sur la période) (3) [chiffre subvention charbon 2000-05 : 2 à 3,5 Md€].

Royaume-Uni

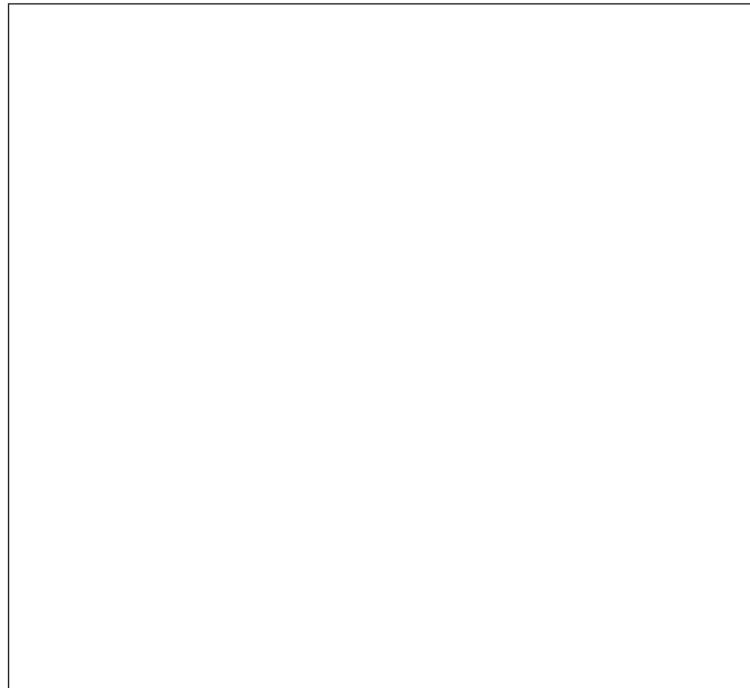
Les coûts bruts annuels pour une réduction de 60 % en 2050 sont quasi nuls jusqu'à 2030 puis croissants jusqu'à 7 Md£/an [11 Md€] en 2050 (scénario durabilité), ou quasi nuls jusqu'à 2030 puis jusqu'à 13 Md£/an [20 Md€] en 2050 (scénario tout marché). Cela veut dire qu'en 2050, le coût de réduction des émissions de CO₂ dans un scénario sans politique

environnementale serait donc quasiment le double de celui d'un scénario où les mesures de réduction sont organisées dès maintenant et sur la durée (4). Le coût net de la transition vers un système de production d'électricité à zéro émission de C en 2050 : le coût annuel maximal est situé en 2050 et évalué entre - 0,1 et + 0,2 % du PIB (dans un scénario du triplement du PIB sur la période) par rapport à un scénario tout gaz (5).

Pays-Bas

Les coûts supplémentaires pour une réduction de 75 % en 2050 sont quasi nuls jusqu'à 2010 puis croissants jusqu'à 25 Md\$US [environ 25 Md€] en 2050, soit au maximum entre 1 et 2 % du PIB de 2050 (dans un scénario de croissance du PIB de 3 % par an sur la période) (6). A titre de comparaison, la dépense énergétique finale (dont raffinage, transport, distribution, taxes) était d'environ 12 % du PIB en 1997.

important (amélioration de l'efficacité des véhicules, substitution des carburants et maîtrise de la demande). Ainsi, en Suisse, les auteurs soulignent le grand potentiel de réduction de consommation de carburant par véhicule, et proposent un objectif de réduction de 70 %, soit une consommation par véhicule d'environ 3 l/100 km en 2030 (contre 9 l/100 km en 1997). Par ailleurs, ils affirment qu'il est possible, en principe, de construire des véhicules ayant des besoins énergétiques de moins de 1 l/100 km (par une réduction du poids du véhicule, sa conception, etc.). L'étude allemande propose, elle, une stratégie comportant des mesures techniques pour ramener la consommation de carburant par véhicule à 4,5 l/100 km en 2030, pour atteindre 2 l/100 km en 2050. Une réorientation de l'offre se dessine, fondée sur la prestation de services énergétiques (chaleur, lumière, force motrice, etc.) plutôt que sur la fourniture de l'énergie tout court. Dans ce domaine, il est considéré partout comme crucial de renforcer les efforts de R&D (notamment sur les technologies de l'hydrogène) pour stimuler la mise au point des technologies et, par la suite, la création de marchés. L'option biomasse est considérée comme utile, bien qu'elle connaisse à long terme des



Marcel Bovis

Toutes les études insistent sur la nécessité de développer l'usage des transports en commun, la marche à pied et le vélo là où c'est possible. Cette option implique, outre un changement des comportements, une extension et une modernisation des réseaux de transports collectifs.

limites en termes de concurrence d'usage des sols (manque de terres disponibles). En outre, la capture, séquestration/stockage du CO₂, est estimée source de problèmes de sécurité et d'adhésion publique ; même si cette option a été prise en compte dans certains pays, les études n'ont pas manqué de signaler les problèmes qu'elle pose. Enfin, les études soulignent que les progrès techniques (mise au point et utilisation des technologies et pratiques à zéro ou à faibles émissions de carbone) constituent la clé de la transition vers un avenir sobre en carbone.

✓ Les points communs d'ordre politique

Toutes les études soulignent la nécessité absolue d'agir de concert au niveau international en vue d'établir un cadre global, d'une part pour l'adoption des mesures politiques et des solutions techniques à long terme et, d'autre part, pour empêcher des distorsions de concurrence.

Par ailleurs, l'étude néerlandaise du *Climate Policy Working Group* signale que si le processus de restructuration des systèmes énergétiques est adopté au niveau international, les coûts totaux de la transforma-

tion vont baisser notamment parce que les économies d'échelle feront diminuer les coûts des technologies et le prix des énergies moins agressives vis-à-vis du climat.

Une condition indispensable de l'adoption des mesures, et donc de la réalisation des réductions, est l'existence d'une volonté politique nationale claire et pérenne. En effet, les gouvernements doivent prendre des mesures pour soutenir la transition vers une économie sobre en carbone, notamment par des outils économiques afin de stimuler l'innovation. Nous avons noté que, selon ces études, il semble que les gouvernements et les entreprises en Europe s'intéressent nettement moins à la recherche depuis la libéralisation des marchés de l'électricité et du gaz. Or, les pouvoirs publics doivent jouer un rôle de leader dans la promotion des technologies sobres en carbone en montrant et en récompensant les meilleures pratiques et les opérations exemplaires et, surtout, en ne pénalisant pas les entreprises véritablement proactives et innovatrices. Il faut de plus supprimer ou modifier les politiques qui encouragent des pratiques et modes de vie énergivores. On note enfin que, dans ces études, les réductions des émissions sont réalisées au niveau national et non à l'étranger (mise en œuvre conjointe et/ou méca-

nisme de développement propre).

✓ Les points communs d'ordre économique

Trois points importants se dégagent : d'abord les pays qui réussissent à occuper en premier les nouveaux marchés seront dans une position commerciale avantageuse d'autant qu'il existe un énorme potentiel pour les technologies et pratiques sobres en carbone (malgré les obstacles économiques, sociaux et institutionnels). Ensuite, l'internalisation des coûts externes et notamment de l'établissement du prix du carbone (carbon pricing), est toujours considérée comme indispensable, surtout dans le secteur des transports. Enfin, pour les trajectoires envisagées, les coûts supplémentaires apparaissent très faibles en pourcentage du PIB.

✓ Le point commun d'ordre sociétal

Le besoin de changer nos modes de consommation d'énergie, donc nos comportements et styles de vie est constamment affirmé. Ainsi, pour prendre deux exemples, les technologies de l'information (télétravail, téléachats, télé-études, vidéo-conférences)

pourraient contribuer à réduire les besoins de déplacements et de transports individuels ; en outre, toutes les études insistent sur les transports en commun, la marche à pied et le vélo là où c'est possible (cette option implique évidemment une extension et une modernisation des réseaux de transports collectifs).

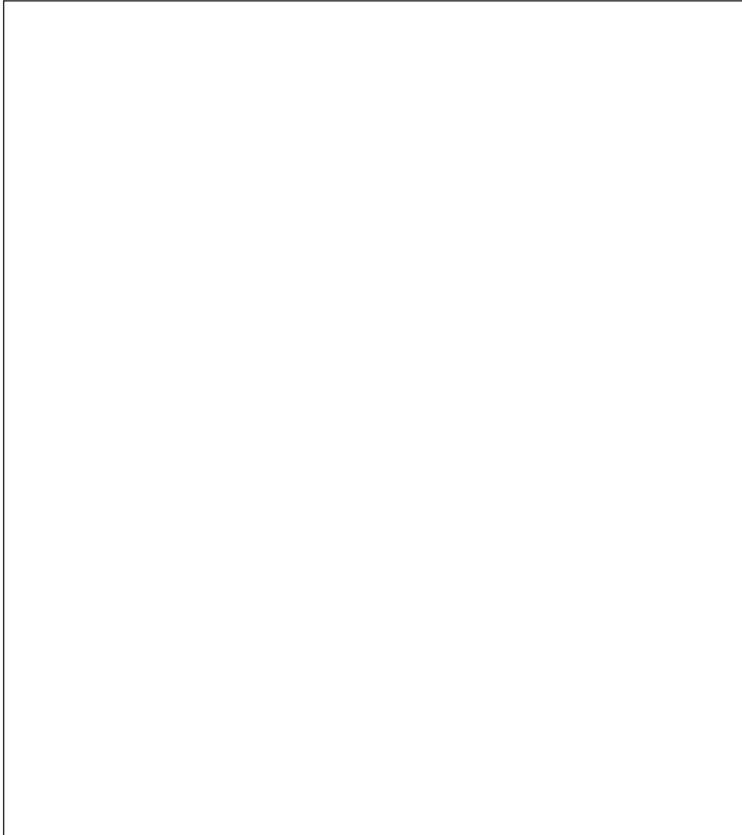
De façon inhérente à tout exercice de prospective, plusieurs incertitudes sont bien sûr relevées :

- ✓ l'évolution réelle des émissions dans les cinquante prochaines années,
- ✓ l'évolution réelle des coûts de l'énergie et des coûts de la mise en œuvre des technologies,
- ✓ l'évolution réelle des technologies (le rythme d'innovation),
- ✓ l'évolution réelle de la croissance de l'économie (en termes de PIB) et de la population,
- ✓ l'acceptabilité sociale des technologies.

Deux questions se posent notamment : les progrès technologiques supposés dans ces scénarios vont-ils réellement être réalisés ? Les mesures politiques préconisées vont-elles réellement être mises en œuvre ?

Enfin, toutes les études s'accordent à reconnaître que les coûts réels des mesures prévues pour 2050 sont étroitement liés aux prix de l'énergie à cet horizon, et notamment aux prix des combustibles fossiles :

François Henry/REA



Le besoin de changer nos modes de consommation d'énergie, donc nos comportements et styles de vie, est constamment affirmé dans les différents travaux.

Ainsi, les technologies de l'information (télétravail, téléachats, télé-études, vidéo-conférences) pourraient contribuer à réduire les besoins de déplacements et de transports individuels.

plus le prix des combustibles fossiles est élevé, plus les mesures d'évitement sont rentables.

Quelles sont les principales différences entre ces travaux ?

Elles concernent certaines des options envisagées :

- ✓ la taxe sur l'énergie : prévue seulement en Suisse (7) et aux Pays-Bas ;
- ✓ l'hydrogène: prévu dans tous les pays considérés sauf la Suisse ;
- ✓ le nucléaire : prévu au Royaume-Uni et en Suisse, mais pas aux Pays-Bas ou en Allemagne (cf. l'accord sur la sortie du nucléaire de juin 2000) ;
- ✓ l'importation d'électricité d'origine renouvelable: prévue en Allemagne mais pas en

Suisse. La stratégie de l'offre dans le scénario suisse est fondée sur les potentiels nationaux de production ;

- ✓ la capture, la séquestration et le stockage de CO₂ : prévus au Royaume-Uni, aux Pays-Bas et en Suisse mais pas en Allemagne.

Quels sont les éléments originaux de ces travaux ?

- ✓ La Suisse, par exemple, est le seul pays considéré à avoir proposé des objectifs chiffrés par secteur. A titre d'exemple, les auteurs ont estimé le potentiel de réduction de la consommation d'énergie des technologies par branche industrielle à l'horizon 2030. C'est aussi le seul pays à avoir estimé les potentiels de réduction du transport des marchandises du rail et des transports aériens : selon cette étude, le potentiel technologique de réduction (matériels de construction plus légers, mesures visant à réduire la résistance aérienne, nouveaux systèmes de propulsion) pourrait permettre des économies d'énergie de 30 à 50 % d'ici 2030.

- ✓ L'Islande, elle, est la seule à avoir proposé un objectif de réduction des émissions prove-

Pays	Commanditaires de l'étude	Date de l'étude	Objectif (%)*	Horizon	Base
CH	Office fédéral de l'énergie (Bundesamt für Energiewirtschaft)	1997	- 60	2030	1990
			résid : - 75 tert : - 70 ind : - 45 trans : - 55		
			- 25	2010	
D	Agence fédérale de l'Environnement (Umweltbundesamt, UBA)	2002	- 80	2050	1990
NL	Climate Policy Working Group Projet COOL (Climate Options for the Long Term)	2000	- 75	2050	1990
		2001	- 80	2050	1990
UK	Royal Commission on Environmental Pollution	2000	- 60	2050	1997

* Résid. : secteur résidentiel — tert. : secteur tertiaire — ind. : secteur industriel — trans. : secteur des transports.

Principaux objectifs de réduction de CO2 par pays étudié.

nant du secteur de la pêche et des mesures pour le réaliser, et pour cause : la pêche représente 16 % de la consommation d'énergie finale (2000) et 23 % des émissions de gaz à effet de serre (1999). L'objectif fixé est de faire fonctionner 20 % des véhicules motorisés et des bateaux de pêche à l'hydrogène d'ici 2030 et de faire de l'Islande le premier pays au monde indépendant des combustibles fossiles.

✓ Aux Pays-Bas, le critère « efficacité vis-à-vis du climat » (*climate effectiveness*) a été considéré comme le plus important pour le choix des options de réduction, devant, par exemple, le rapport coût-efficacité et la liberté de choix des consommateurs. Les Pays-Bas se distinguent aussi par leur analyse spécifique du secteur agricole dans les options de réduction.

Dans le cadre du dialogue national du projet COOL (*Climate Options for the Long Term*), deux trajectoires complémentaires sont proposées et, pour chacune, les auteurs ont calculé les potentiels de réduction d'ici 2050. Pour la première trajectoire, les mesures concernent la production primaire : serres à zéro émission de CO₂, fertilisants organiques au lieu des fertilisants de synthèse, utilisation raisonnée des fertilisants. Le potentiel de réduction est estimé à 50-75 % des émissions totales du secteur. La seconde trajectoire prend en compte la production d'énergie (biomasse et éolien terrestre) et l'optimisation de la filière bois (utilisation en priorité pour la construction et en dernier recours comme combustible). Le potentiel de réduction

associé à ces mesures est estimé à 25-35 % des émissions totales.

Le projet COOL estime, par ailleurs, que le secteur de l'agriculture pourrait contribuer à une réduction des émissions dans d'autres secteurs : ainsi, avec une optimisation de la filière bois, l'utilisation du béton dans la construction serait réduite. Au total, les auteurs estiment que l'agriculture pourrait contribuer à permettre des réductions allant jusqu'à 19 Mteq CO₂ dans d'autres secteurs. Enfin, des mesures spécifiques ont été suggérées, telles que :

✓ des permis d'émission calés sur la teneur en carbone des combustibles dont les producteurs et importateurs seraient titulaires,

- ✓ des éco-certificats négociables pour assurer le respect des normes de produits,
- ✓ des accords volontaires de réduction dans le secteur des transports ou couvrant certains sous-secteurs,
- ✓ l'intégration des transports dans les dispositifs Emas et Iso 14001,
- ✓ des budgets carbone pour les opérateurs de transports et les clients (le public et les entreprises).

L'Allemagne est le seul pays à promouvoir le concept des centrales virtuelles : l'approvisionnement en électricité par les grosses centrales et par des réseaux d'alimentation nationaux et européens pourrait être complété, et éventuellement supplanté à terme, par des petites unités de production décentralisées reliées à des centrales virtuelles par les technologies de l'information. Ces centrales virtuelles devront coordonner et gérer l'offre décentralisée par un système de contrôle intelligent.

En outre, les auteurs ont approfondi la question de savoir si leur scénario décrivait les limites du faisable ou s'il restait des marges de manœuvre pour aller au-delà de l'objectif de réduction de 80 %. Par exemple, alors que dans le scénario durabilité, en 2050, la demande de carburants serait satisfaite à hauteur de 17 % par l'hydrogène, dans la « variante maxi-

male », ce chiffre passerait à 70 %.

L'étude allemande a aussi estimé l'évolution associée des emplois et des marchés : les auteurs estiment qu'entre 100 000 et 200 000 emplois supplémentaires pourraient être créés dans le bâtiment (grâce aux mesures de réhabilitation du parc existant), et que de 250 000 à 300 000 nouveaux emplois pourraient apparaître dans le domaine des ENR à long terme. Enfin, les marchés des ENR et de l'efficacité énergétique y sont évalués à environ 250 Md€ en 2030 et à 400-500 Md€ en 2050.

Au Royaume-Uni, l'objectif de réduction à long terme proposé est une recommandation politique officielle à l'administration. C'est le seul pays à avoir créé une structure spécifique de financement, le *Carbon Trust*, en avril 2001, suite à une recommandation du programme britannique sur le changement climatique de 2000. Il a pour mission de promouvoir la mise au point, la commercialisation et l'utilisation des technologies sobres en carbone dans les secteurs privé et public ; il mène plusieurs programmes de soutien technique et financier pour aider les entreprises à préparer l'avenir sobre en carbone. Il a aussi réalisé un bilan sur les initiatives, programmes et organismes qui fournissent des aides financières aux entre-

prises privées et au secteur public. Ce bilan estime le montant disponible à des fins sobres en carbone au Royaume-Uni à 1,3 Md£ par an, soit environ 2 Md€ par an ; 85 % de ce montant sont consacrés à la diffusion du marché et seulement 15 % à l'innovation technologique elle-même.

Enfin, le Royaume-Uni propose également des mesures spécifiques, telles que :

- ✓ un dispositif obligatoire de labellisation énergétique pour les logements à l'aide de diagnostics énergétiques (*energy audits*). Les acheteurs éventuels pourraient donc comparer l'efficacité des logements qui deviendra un argument de vente. Ce dispositif serait également valable pour les logements à usage locatif ;
- ✓ des études d'impact sur l'environnement pour les grands projets d'infrastructure devraient inclure une évaluation des coûts externes, notamment ceux liés aux émissions futures de GES. Un projet de loi en ce sens a été élaboré et soumis au Parlement dans le cadre de la réforme du système de planification, actuellement en cours ;
- ✓ la réduction des émissions de GES devrait être un facteur à prendre en compte dans le système de planification au niveau local. La contribution potentielle d'une nouvelle construction aux émissions de GES

devrait être estimée. Il s'agirait ensuite de tenter de réduire cette contribution ou d'adopter des mesures de compensation.

Quelles conclusions peut-on tirer de ces travaux ?

Nous avons tiré quatre enseignements principaux de ces études.

✓ Bien que le protocole de Kyoto représente une première étape importante pour traiter le problème du changement climatique et la réduction des émissions globales, les études que nous avons analysées soulignent le besoin d'une approche à plus long terme pour mettre en place les moyens de ces progrès, d'où l'importance de mener des réflexions bien au-delà de 2012 en éclairage des mesures de court terme.

✓ La plupart des études analysées s'accordent à reconnaître qu'une réduction ambitieuse des émissions de CO₂ (de 60 à 80 %) est technologiquement faisable pour des coûts bruts limités pour l'économie nationale, même sans faire de bilan net coûts-avantages de ces politiques (par rapport au PIB).

✓ Nos voisins prennent très au sérieux des objectifs ambitieux

de réduction. Les réaliser ne relève pas de l'utopie. Ils projettent de réduire l'écart des émissions entre le niveau d'émissions prévu dans le scénario de référence et celui des scénarios où les objectifs de réduction sévères sont appliqués en utilisant des voies, des trajectoires plus ou moins communes pour tous les secteurs : avancées technologiques, politiques publiques (comme cadre d'action), R&D, internalisation des coûts externes et investissements, changement de comportement et maîtrise de la mobilité.

En plus des impacts positifs sur l'évolution des émissions, ces mesures peuvent avoir des effets positifs sur l'économie nationale (PIB), l'emploi et les marchés ainsi que sur l'indépendance énergétique.

✓ Cette démarche est une dynamique bien engagée chez nos voisins maintenant, une démarche en continu. En effet, la plupart des experts que nous avons contactés nous ont confirmé que leurs travaux seront affinés, approfondis, actualisés au fur et à mesure. Entre temps, d'autres pays ont engagé des travaux ou publié des études (même l'Australie, qui ne ratifie pas le protocole de Kyoto, vient de publier une étude en octobre 2002 présentant un scénario basé sur un objectif de réduction de 60 % à l'horizon 2050, base 1998/99).

Notes

(1) Chaque étude analysée fait l'objet d'une synthèse courte. L'ensemble de ces synthèses a été réuni en un document accessible sur le site Internet de la Mies : www.effet-de-serre.gouv.fr.

(2) Les auteurs ont comparé les coûts supplémentaires annuels occasionnés entre 2000 et 2050 par le scénario durabilité (réduction de 80 %) par rapport au scénario de référence (c'est-à-dire notamment les investissements supplémentaires dans les mesures d'efficacité et les ENR) et ils ont ensuite confronté ces coûts-là aux dépenses évitées (coûts de combustibles et investissements dans les installations classiques évités) ; il en résulte un écart de coûts cumulés d'environ 200 Md€.

(3) Le prix du pétrole augmente entre 2000 et 2050 de 134 %, soit 1,7 % par an. Le prix de charbon importé augmente de 49,4 % sur la période.

(4) Croissance du PIB : 2,25 % par an dans le scénario durabilité; 3 % dans le scénario tout marché.

(5) Ce chiffre a été estimé en calculant les coûts d'un système avec une part accrue d'ENR et en variant les parts de la production d'électricité d'origine nucléaire et à partir du gaz naturel avec la séquestration de carbone. Ces coûts ont été comparés avec ceux occasionnés par la production d'électricité à partir du gaz.

(6) Les calculs de coûts sont basés sur un prix de pétrole de 20\$ par baril. Hypothèse : tous les coûts restent constants sur la période.

(7) Depuis la publication de l'étude suisse (1997), un référendum sur l'introduction d'une taxe sur l'énergie s'est tenu en septembre 2000 qui s'est soldé par un rejet de la proposition.