

---

# RÉSUMÉ TECHNIQUE

## Rapport du Groupe de travail III du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

*Ce résumé a été accepté mais non approuvé dans le détail à la sixième session du groupe de travail III du GIEC (Accra, Ghana • 28 février – 3 mars 2001). L'«acceptation» des rapports du GIEC à une session du groupe de travail ou du Groupe d'experts signifie que le document n'a pas fait l'objet d'une analyse détaillée ni d'un accord, mais qu'il présente néanmoins un point de vue équilibré, objectif et complet de la question.*

### Auteurs principaux :

*Tariq Banuri (Pakistan), Terry Barker (R.-U.), Igor Bashmakov (Fédération de Russie), Kornelis Blok (Pays-Bas), John Chirstensen (Danemark), Ogunlade Davidson (Sierra Leone), Michael Grubb (R.-U.), Kirsten Halsnaes (Danemark), Catrinus Jepma (Pays-Bas), Eberhard Jochem (Allemagne), Pekka Kauppi (Finlande), Olga Krankina (Fédération de Russie), Alan Krupnick (Etats-Unis), Lambert Kuijpers (Pays-Bas), Snorre Kverndokk (Norvège), Anil Markandya (R.-U.), Bert Metz (Pays-Bas), William R. Moomaw (Etats-Unis), Jose Roberto Moreira (Brésil), Tsuneyuki Morita (Japon), Jiuhua Pan (Chine), Lynn Price (Etats-Unis), Richard Richels (Etats-Unis), John Robinson (Canada), Jayant Sathaye (Etats-Unis), Rob Swart (Pays-Bas), Kanako Tanaka (Japon), Tomihiru Taniguchi (Japon), Ferenc Toth (Allemagne), Tim Taylor (R.-U.) et John Weyant (Etats-Unis).*

### Réviseur et rédacteur :

*Rajendra Pachauri (Inde)*

## 1 Portée du rapport

### 1.1 Contexte

En 1998, le Groupe de travail (GT) III du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a été chargé par l'assemblée plénière du GIEC dans le cadre du Troisième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts (TRE) d'évaluer les paramètres scientifiques, techniques, environnementaux, économiques et sociaux de l'atténuation des changements climatiques. C'est ainsi que le mandat du groupe de travail a été modifié d'une évaluation avant tout disciplinaire des paramètres économiques et sociaux des changements climatiques (notamment, l'adaptation) dans le Deuxième Rapport d'évaluation (DRE) en une évaluation interdisciplinaire des options visant à limiter les émissions de gaz à effet de serre (GES) et à renforcer les absorptions par les puits.

À l'issue de la publication du DRE, on a poursuivi les recherches sur l'atténuation des changements climatiques, qui ont été partiellement influencées par certains changements politiques comme l'adoption du Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) en 1997, recherches dont il est rendu compte dans le présent rapport. Ce rapport s'inspire également d'un certain nombre de rapports spéciaux<sup>1</sup> du GIEC et des réunions coparrainées par le GIEC et des réunions d'experts qui ont eu lieu en 1999 et 2000, particulièrement pour faciliter la rédaction du TRE du GIEC. Ce résumé suit les dix chapitres du rapport.

### 1.2 Elargissement du contexte de l'atténuation des changements climatiques

Ce chapitre situe l'atténuation des changements climatiques, la politique d'atténuation et la teneur du reste du rapport dans le contexte plus général du développement, de l'équité et de la durabilité. Ce contexte reflète les conditions et les principes explicites énoncés par la CCNUCC sur l'atteinte de l'objectif final qui est de stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre. La CCNUCC fixe trois conditions à l'objectif de stabilisation : celui-ci doit être atteint dans un délai suffisant "pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements climatiques, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable" (art. 2). Elle précise également plusieurs principes qui doivent orienter ce processus : l'équité, des responsabilités communes mais différenciées, des mesures de précaution, des mesures de rentabilité, le droit d'œuvrer pour un développement durable et le soutien d'un système économique international ouvert (art. 3).

Les rapports d'évaluation préalables du GIEC cherchaient à faciliter l'atteinte de cet objectif en décrivant, cataloguant et comparant avec force détails les techniques et les instruments stratégiques pouvant servir à atténuer les émissions de gaz à effet de serre d'une manière à la fois rentable et efficace. Ce rapport d'évaluation favorise ce processus en faisant état des analyses récentes des changements climatiques qui situent les évaluations politiques dans le contexte du développement durable. Cette portée élargie cadre à la fois avec l'évolution de la littérature sur les changements climatiques et avec l'importance que la CCNUCC attache au développement durable, notamment la reconnaissance que les "Parties ont le droit d'œuvrer pour un développement durable et doivent s'y employer" (art. 3.4). Elle contribue donc dans une large mesure à combler les lacunes des rapports d'évaluation antérieurs.

Les changements climatiques supposent des interactions complexes entre les processus climatiques, environnementaux, économiques, politiques, institutionnels, sociaux et technologiques. On ne peut donc en traiter ou le comprendre indépendamment d'objectifs de société plus vastes (comme l'équité ou le développement durable), ou d'autres sources de stress existantes ou futures. Compte tenu de cette complexité, une multitude d'approches ont fait surface pour analyser les changements climatiques et les défis qui s'y rattachent. Beaucoup d'entre elles incorporent les préoccupations sur le développement, l'équité et la durabilité (DED) (encore que partiellement et progressivement) dans leur cadre et leurs recommandations. Chaque approche souligne certains éléments du problème et se concentrent sur certaines catégories d'intervention, notamment la conception d'une politique optimale, le renforcement des capacités de conception et de mise en œuvre des politiques, le renforcement des synergies entre l'atténuation des changements climatiques et/ou l'adaptation et d'autres objectifs de société, et des politiques visant à renforcer l'apprentissage social. Ces approches sont donc complémentaires l'une de l'autre au lieu de s'exclure mutuellement.

Ce chapitre regroupe trois grandes catégories d'analyses, qui divergent moins sous l'angle de leurs buts ultimes que sous celui de leur point de départ et des instruments analytiques qu'elles privilégient. Les trois approches débutent par des préoccupations touchant respectivement l'efficacité et la rentabilité, l'équité et le développement durable et enfin, la durabilité mondiale et l'apprentissage social. Les trois approches retenues diffèrent au niveau de leur point de départ plutôt que de leurs buts ultimes. Quel que soit le point de départ de l'analyse, de nombreuses études cherchent à leur façon à incorporer d'autres préoccupations. Par exemple, de nombreuses analyses qui traitent de l'atténuation des changements climatiques dans l'optique de la rentabilité abordent les coûts, les avantages et le bien-être sous l'angle de l'équité et de la durabilité. De même, la catégorie d'études qui sont fortement motivées par des considérations d'équité entre les pays soutiennent en général que l'équité est indispensable pour que les pays en développement puissent atteindre leurs objectifs nationaux de développement durable (notion qui englobe les éléments implicites de durabilité et d'efficacité). De même, les analystes qui se préoccupent de la durabilité de la planète sont contraints par leur propre logique d'établir le bien-fondé

<sup>1</sup> Notamment, L'Aviation et l'atmosphère planétaire, Questions méthodologiques et technologiques dans le transfert de technologie, Scénarios d'émissions et utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie.

de l'efficacité mondiale (souvent modélisée comme la dissociation de la production du flux des matières) et de l'équité sociale. En d'autres termes, chacune des trois optiques a amené l'équipe de rédaction à trouver les moyens d'intégrer des préoccupations qui dépassent de loin leur point de départ initial. Les trois catégories d'analyses se penchent sur le rapport existant entre l'atténuation des changements climatiques et les trois objectifs (développement, équité et durabilité), encore que sous des rapports différents et souvent très complémentaires. Néanmoins, elles structurent les enjeux différemment, se concentrent sur différents ensembles de relations de cause à effet, utilisent différents outils analytiques et parviennent souvent à des conclusions quelque peu différentes.

Rien ne permet de penser qu'une méthode analytique particulière convienne mieux à un niveau quelconque. De plus, les trois approches sont perçues comme étant éminemment synergiques. Les changements essentiels concernent principalement les types de questions posées et les types de renseignements recherchés. Dans la pratique, la littérature a pris de l'ampleur du fait de l'ajout de nouveaux enjeux et de nouveaux outils, intégrant plutôt qu'écarter les analyses faisant partie des autres points de vue. La gamme et la portée des analyses sur la politique climatique peuvent être perçues comme un élargissement progressif des types et de l'ampleur des incertitudes que les analystes ont bien voulu et ont été en mesure d'aborder.

La première optique sur l'analyse de la politique climatique est la rentabilité. Il s'agit de l'analyse conventionnelle de la politique climatique qui occupe une bonne place dans le Premier, le Deuxième et le Troisième Rapport d'évaluation. Ces analyses ont généralement été motivées, directement ou indirectement, par la question de savoir ce qui constitue la quantité de mesures d'atténuation la plus rentable pour l'économie mondiale à partir d'une projection de base particulière des émissions de GES qui reflète un ensemble particulier de prévisions socio-économiques. Dans ce cadre, les enjeux essentiels sont la mesure du rendement de diverses technologies et l'élimination des obstacles (comme les subventions existantes) à l'entrée en vigueur des politiques proposées qui ont le plus de chances de contribuer à la réduction des émissions. Dans un sens, l'axe de l'analyse ici est de déterminer un cheminement efficace à travers les rapports entre les politiques d'atténuation et le développement économique, déterminé par des paramètres d'équité et de durabilité, mais pas essentiellement guidé par eux. A ce niveau, l'analyse stratégique a presque toujours tenu pour acquis les institutions existantes et les goûts des individus; il s'agit d'hypothèses qui peuvent être valables pendant dix ou vingt ans, mais qui risquent de devenir plus contestables à plus long terme.

Si l'on a voulu élargir la portée de l'analyse et du discours sur la politique climatique pour tenir compte des paramètres d'équité, c'est pour ne pas se contenter d'étudier les incidences des changements climatiques et des politiques d'atténuation sur le bien-être de la planète dans son ensemble, mais également sur les iniquités qui existent entre les pays et au sein de ces pays. La documentation sur l'équité et les changements climatiques a enregistré des progrès considérables depuis vingt ans, mais il

n'existe encore aucun consensus sur ce que l'on entend par ce qui est juste. Depuis que les questions d'équité sont inscrites dans le programme d'évaluation, elles sont devenues importantes pour définir la quête de méthodes efficaces d'atténuation des émissions. L'énorme documentation à ce sujet qui révélait de quelle façon les politiques environnementales pouvaient être entravées ou même bloquées par ceux qui les considéraient injustes a présenté un intérêt nouveau. Compte tenu de ces résultats, on a rapidement compris comment et pourquoi l'idée qu'une stratégie d'atténuation était injuste risquait d'entraîner une opposition à cette stratégie, au point de la rendre non optimale (ou même irréalisable, comme ce pourrait être le cas si les pays qui ne figurent pas à l'annexe 1 n'y participent jamais). Certaines analyses de rentabilité ont en fait posé les jalons d'une application de cette documentation en démontrant la sensibilité de certaines mesures d'équité à la conception des politiques, aux points de vue nationaux et au contexte régional. A vrai dire, les analyses de rentabilité ont même révélé des sensibilités semblables à l'égard d'autres mesures de développement et de durabilité. Comme nous l'avons mentionné, les analyses qui débutent par des préoccupations d'équité se concentrent essentiellement sur les besoins des pays en développement et en particulier sur l'engagement exprimé à l'article 3.4 de la CCNUCC d'œuvrer pour un développement durable. Les pays diffèrent sous des rapports qui ont de profondes répercussions sur les scénarios de référence et sur la gamme de mesures d'atténuation que l'on peut envisager. Les politiques climatiques réalisables et/ou souhaitables dans un pays donné dépendent dans une large mesure des ressources disponibles et des institutions, ainsi que des objectifs globaux du pays, dont les changements climatiques peut constituer un élément. Le fait de reconnaître cette hétérogénéité peut donc aboutir à une gamme différente d'options stratégiques jugées probables jusqu'ici et révéler des différences dans le potentiel de différents secteurs qui peuvent également contribuer à mieux comprendre ce que peuvent faire les intérêts non étatiques pour être mieux en mesure d'atténuer les changements climatiques.

La troisième optique est celle de la durabilité mondiale et de l'apprentissage social. Alors que la durabilité est intégrée dans les analyses de diverses façons, une catégorie d'études utilise comme point de départ la durabilité mondiale. Ces études se concentrent sur les autres moyens de parvenir à la durabilité de la planète et traitent de questions comme la dissociation de la croissance du flux des matières, par exemple par des systèmes de production éco-intelligents, des infrastructures exigeant peu de ressources et des technologies adaptées, et par la dissociation du bien-être de la production, notamment par des niveaux de performance intermédiaires, la régionalisation des systèmes de production et la modification des modes de vie. Une façon classique de déterminer les limites et les possibilités dans cette optique consiste à identifier les états durables de l'avenir, et à étudier les chemine-ments de transition vers ces états sous l'angle de la faisabilité ou du caractère souhaitable. Dans le cas des pays en développement, cela aboutit à un certain nombre de stratégies possibles qui peuvent s'écarter nettement de celles que les pays développés ont adoptées par le passé.

### 1.3 Intégration des diverses optiques

L'élargissement du débat sur la façon dont les pays peuvent réagir au défi de l'atténuation pour qu'il englobe les questions de rentabilité et d'efficacité, de distribution spécialisée, d'équité définie de manière plus large et de durabilité, ne fait que compliquer le problème qui consiste à déterminer la meilleure façon de répondre à la menace des changements climatiques. A vrai dire, le fait d'admettre que ces multiples domaines présentent de l'intérêt complique sérieusement la tâche confiée aux décideurs et aux négociateurs internationaux en ouvrant leurs délibérations à des questions qui dépassent les limites du problème des changements climatiques en tant que tel. Cet aveu souligne donc l'importance qu'il y a à intégrer la réflexion scientifique dans tout un éventail de nouveaux contextes politiques, mais pas seulement à cause d'intérêts théoriques abstraits ou exclusivement locaux défendus par un petit ensemble de chercheurs ou de nations. La rentabilité, l'équité et la durabilité ont été reconnues comme des questions cruciales par l'équipe de rédaction de la CCNUCC et elles font partie intégrante de la mission confiée à l'équipe de rédaction du TRE. L'intégration des domaines de la rentabilité, de l'équité et de la durabilité présente donc un intérêt considérable pour les délibérations politiques si l'on se fie à la lettre et à l'esprit de la CCNUCC proprement dite.

La documentation consacrée à l'atténuation des changements climatiques démontre de plus en plus que les politiques qui vont plus loin que la simple réduction des émissions de GES par rapport à un seuil de référence précis pour minimiser les coûts peuvent être extrêmement efficaces pour réduire les émissions de GES. C'est ainsi qu'une gamme de mesures à l'égard des politiques et des analyses serait nettement plus efficace que le fait de se fier exclusivement à un ensemble étreint d'instruments politiques ou d'outils analytiques. En dehors de la flexibilité qu'une gamme élargie de mesures peut fournir aux décideurs pour atteindre leurs objectifs en matière de changements climatiques, l'insertion explicite d'autres objectifs stratégiques augmente également les chances d'obtenir l'"adhésion" d'un plus grand nombre de participants aux politiques climatiques. En particulier, cela aura pour effet d'élargir la gamme des options sans regrets<sup>2</sup>. Enfin, cela pourrait contribuer à adapter les politiques à des objectifs à court, à moyen et à long terme.

Pour être efficace, toutefois, une telle approche exige que l'on soupèse les coûts et les incidences de l'ensemble élargi de politiques en fonction d'une liste allongée d'objectifs. Les délibérations sur le climat doivent tenir compte des ramifications des politiques dont l'objet primordial est d'étudier tout un éventail de questions, notamment le DED, de même que les incidences probables des politiques climatiques sur l'atteinte de ces objectifs. Dans le cadre de ce processus, les coûts de substitution de même que les incidences de chaque instrument sont mesurés par rapport aux critères

multiples définis par ces objectifs multiples. En outre, le nombre de décideurs ou de parties prenantes dont il faut tenir compte augmente au-delà des décideurs nationaux et des négociateurs internationaux pour englober les agents nationaux, locaux, communautaires et familiaux, sans oublier les organisations non gouvernementales (ONG).

L'expression "avantages accessoires" est souvent employée dans les documents pour décrire les effets accessoires ou secondaires des politiques d'atténuation des changements climatiques sur d'autres problèmes que les émissions de GES, comme la réduction de la pollution atmosphérique locale et régionale, qui sont liés à la combustion réduite des combustibles fossiles, et les effets indirects sur des aspects comme les transports, l'agriculture, les pratiques d'utilisation des terres, la conservation de la biodiversité, l'emploi et la sûreté des combustibles. On parle parfois "d'effets accessoires", pour traduire le fait que, dans certains cas, les avantages peuvent être négatifs<sup>3</sup>. La notion de "capacité d'atténuation" est également proposée comme façon possible d'intégrer les résultats provenant de l'application de ces trois optiques à l'avenir. Parmi les déterminants du potentiel d'atténuation des changements climatiques, il faut mentionner l'existence d'options technologiques et politiques et l'accès à des moyens pour soutenir financièrement l'adoption de ces options. Ces déterminants sont donc au cœur d'une bonne partie du TRE. Il n'en reste pas moins que la liste de déterminants est beaucoup plus longue. Le potentiel d'atténuation dépend aussi des caractéristiques de chaque pays qui facilitent le développement durable, par exemple, la répartition des ressources, l'habilitation relative des divers segments de la population, la crédibilité des décideurs habilités, la mesure dans laquelle les objectifs en matière de changements climatiques complètent d'autres objectifs, l'accès à des renseignements et à des analyses crédibles, la volonté de donner suite à ces renseignements, l'aptitude à répartir les risques de manière intra- et transgénérationnelle, etc. Etant donné que les déterminants de la capacité d'atténuation sont essentiellement identiques à ceux de la notion voisine de la capacité d'adaptation présentée dans le rapport du GT II, il se peut que cette démarche offre un cadre intégré permettant d'évaluer les deux ensembles d'options.

## 2 Scénarios d'émissions de gaz à effet de serre

### 2.1 Scénarios

Il faut envisager à long terme une multitude de possibilités pour considérer les risques ultimes des changements climatiques, évaluer les interactions critiques avec d'autres aspects des systèmes humains et environnementaux et orienter les interventions

<sup>2</sup> Dans ce rapport, comme dans le DRE, les mesures sans regrets sont celles dont les avantages, tels que les économies d'énergie et la réduction de la pollution sur le plan local ou régional, sont au moins égaux à leur prix pour la société, indépendamment des avantages résultant des changements climatiques évités. C'est ce qu'on appelle également les options à coûts négatifs.

<sup>3</sup> Dans ce rapport, il arrive aussi que l'expression "avantages accessoires" serve à désigner les avantages supplémentaires des options stratégiques mises en œuvre en même temps pour diverses raisons, reconnaissant ainsi que la plupart des politiques dont le but est d'atténuer les GES ont également d'autres motifs, souvent au moins aussi importants, notamment en ce qui concerne le développement, la durabilité et l'équité. Les avantages du changement climatique évités ne sont pas visés dans les avantages accessoires ou connexes. Voir également section 7.2.

politiques. Les scénarios offrent un moyen structuré d'organiser les données et de mieux comprendre les possibilités.

Chaque scénario d'atténuation décrit un univers futur particulier, doté de caractéristiques économiques, sociales et environnementales qui lui sont propres, et il contient donc implicitement ou explicitement des données sur le DED. Etant donné que la différence entre les scénarios de référence et les scénarios de stabilisation et d'atténuation réside tout simplement dans l'ajout d'une politique délibérée en matière de changements climatiques, il se peut que les différences d'émissions entre différents scénarios de référence soient supérieures à celles qui existent entre un tel scénario et sa version de stabilisation ou d'atténuation.

Cette section propose un aperçu de trois types de scénarios : les scénarios généraux d'atténuation établis depuis le DRE, les scénarios narratifs que l'on trouve dans la documentation sur les scénarios de mondes généraux et les scénarios d'atténuation qui reposent sur les nouveaux scénarios de référence proposés dans le SRES du GIEC.

## 2.2 Scénarios d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre

Ce rapport tient compte des résultats de 519 scénarios d'émissions quantitatifs provenant de 188 sources, et établis pour la plupart après 1990. L'examen se concentre sur 126 scénarios d'atténuation qui visent les émissions planétaires et dont l'horizon temporel englobe le siècle prochain. Les progrès technologiques sont un élément crucial de tous les scénarios d'atténuation généraux.

D'après le type de mesure d'atténuation, les scénarios appartiennent à quatre catégories : les scénarios de stabilisation des concentrations, les scénarios de stabilisation des émissions, les scénarios de corridors d'émissions sans danger et les autres scénarios d'atténuation. Tous les scénarios analysés visent les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) qui ont un rapport avec l'énergie; plusieurs englobent également les émissions de CO<sub>2</sub> provenant des changements d'utilisation des terres et des procédés industriels et d'autres GES importants.

Les options stratégiques utilisées dans les scénarios d'atténuation analysés tiennent compte des systèmes énergétiques, des procédés industriels et de l'utilisation des terres et dépendent de la structure du modèle sous-jacent. La plupart des scénarios introduisent des taxes simples sur le carbone, des seuils d'émissions ou de niveaux de concentration. Des cibles régionales sont intégrées dans les modèles avec une désagrégation régionale. Des études plus récentes abordent la question des échanges de droits d'émission est introduit dans les documents plus récents. Certains modèles reposent sur des politiques d'adoption de technologies d'action axées sur l'offre alors que d'autres insistent sur des technologies d'action axées sur la demande.

La répartition de la réduction des émissions entre les régions est une question litigieuse. Seulement quelques études, notamment les plus récentes, formulent des hypothèses explicites sur cette

répartition dans leurs scénarios. Certaines études proposent l'échange de droits d'émission à l'échelle mondiale comme moyen de réduire les coûts d'atténuation.

Les progrès technologiques sont un élément critique de tous les scénarios d'atténuation généraux.

L'analyse détaillée des caractéristiques de 31 scénarios de stabilisation des concentrations de CO<sub>2</sub> à 550 ppmv<sup>4</sup> (et leurs scénarios de référence) révèle plusieurs données intéressantes :

- il existe un vaste éventail de scénarios de référence, qui reflètent une diversité d'hypothèses, surtout en ce qui concerne la croissance économique et l'approvisionnement d'énergie à faible teneur en carbone. Les scénarios de forte croissance économique présument généralement des progrès considérables dans l'efficacité des technologies d'utilisation finale; toutefois, on a constaté que les réductions d'intensité des émissions de carbone étaient essentiellement indépendantes des hypothèses sur la croissance économique. L'éventail des tendances futures affiche de plus grandes divergences dans les scénarios consacrés aux pays en développement que dans ceux qui visent les pays développés. Le consensus est faible en ce qui concerne l'orientation future des régions en développement.
- les scénarios de stabilisation à 550 ppmv varient au niveau du calendrier des réductions et de la répartition des réductions des émissions entre les régions. Selon certains scénarios, l'échange de droits d'émission pourrait abaisser les coûts d'atténuation globaux, et aboutir à une plus forte atténuation dans les pays qui ne sont pas membres de l'OCDE. L'éventail des politiques d'atténuation présumées est très vaste. En général, les scénarios où l'on prévoit l'adoption de mesures très efficaces se prêtent moins à l'adoption ultérieure de mesures d'efficacité dans les scénarios d'atténuation. Cela résulte partiellement des hypothèses des modèles, qui ne tiennent pas compte des percées technologiques d'importance majeure. A l'inverse, les scénarios de référence qui prévoient de fortes réductions de l'intensité des émissions de carbone affichent des baisses plus importantes dans leurs scénarios d'atténuation.

Seul un nombre infime d'études traitent de scénarios visant à atténuer les gaz autres que le CO<sub>2</sub>. Cette documentation porte à croire qu'il est possible de réduire légèrement les émissions de GES à un coût moindre en englobant des gaz autres que le CO<sub>2</sub>; que les émissions de CO<sub>2</sub> et d'autres gaz devront être contrôlées pour suffisamment ralentir l'élévation de la température de l'atmosphère de manière à atteindre les cibles présumées dans les études au chapitre des changements climatiques, et qu'il est possible d'atténuer plus rapidement les émissions de méthane (CH<sub>4</sub>) que les émissions de CO<sub>2</sub>, moyennant un impact plus immédiat sur l'atmosphère.

<sup>4</sup> L'allusion à un niveau de concentration donné n'implique pas que l'on souhaite que la stabilisation se situe à ce niveau. Le choix de 550 ppmv repose sur le fait que la majorité des études de la littérature utilisent ce niveau et ne présuppose pas l'aval de ce niveau comme cible des politiques d'atténuation du changement climatique.



En général, il est manifeste que les scénarios et les politiques d'atténuation sont fortement corrélés à leurs scénarios de référence, même si aucune analyse systématique n'a été publiée sur le rapport qui existe entre les scénarios d'atténuation et les scénarios de base.

### 2.3 Scénarios de mondes futurs

Les scénarios de mondes futurs ne tiennent pas expressément ou exclusivement compte des émissions de GES. Ce sont plutôt des "canevas" qui décrivent de façon plus générale des mondes futurs possibles. Ils peuvent compléter les évaluations plus quantitatives des scénarios d'émissions, car ils tiennent compte de paramètres qui ne se prêtent pas à une quantification, comme la gouvernance et les structures et les institutions sociales, mais qui revêtent néanmoins de l'importance pour l'aboutissement des politiques d'atténuation. L'étude de ces questions reflète les points de vue différents présentés à la section 1 : rentabilité et/ou efficacité, équité et durabilité.

Une analyse de cette documentation révèle un certain nombre de données qui présentent de l'intérêt pour les scénarios d'émissions de GES et le développement durable. En premier lieu, un vaste éventail de conditions futures a été établi par les futuristes, allant de certaines variantes du développement durable à l'effondrement des systèmes sociaux, économiques et environnementaux. Etant donné que les valeurs futures des forces motrices socio-économiques sous-jacentes des émissions peuvent considérablement varier, il importe que les politiques climatiques soient conçues pour pouvoir résister à des situations futures radicalement différentes.

En deuxième lieu, les scénarios de mondes futurs qui montrent une diminution des émissions de GES révèlent généralement une amélioration de la gouvernance, une hausse de l'équité et de la participation politique, une baisse des conflits et une amélioration de la qualité de l'environnement. Ils révèlent également une efficacité énergétique accrue, un déplacement vers des sources d'énergie d'origine non fossiles et/ou le passage à une économie post-industrielle (axée sur les services); la population a tendance à se stabiliser à des niveaux relativement bas, dans bien des cas grâce à une hausse de la prospérité, une plus grande généralisation de la planification familiale et à l'amélioration des droits et des possibilités qui s'offrent aux femmes. L'une des principales implications est que les politiques de développement durable peuvent nettement contribuer à réduire les émissions.

En troisième lieu, des combinaisons différentes de forces motrices concordent avec des scénarios de faibles émissions, ce qui cadre avec les résultats du SRES. Tout cela semble indiquer qu'il est important de tenir compte du lien entre la politique climatique et d'autres politiques et les conditions se rattachant au choix des chemins futurs dans un sens général.

### 2.4 Rapport spécial sur les scénarios d'émissions

Six nouveaux groupes de scénarios de référence des émissions de GES (ce qui exclut les initiatives stratégiques précises sur le climat), organisés en quatre "familles" de scénarios, ont été élaborés par le

GIEC et publiés dans le Rapport spécial sur les scénarios d'émissions (SRES). Les familles de scénarios A1 et A2 insistent sur le développement économique mais diffèrent sous l'angle du niveau de convergence économique et sociale; les familles B1 et B2 soulignent l'importance du développement durable mais diffèrent également sous l'angle du niveau de convergence (voir Encadré TS.1). Au total, six modèles ont servi à produire les 40 scénarios qui constituent les six groupes. Six de ces scénarios, qu'il faut considérer comme ayant une valeur égale, ont été retenus pour illustrer l'ensemble complet de scénarios. Ces six scénarios englobent des scénarios d'illustration "marqueurs" pour chacune des familles ainsi que deux scénarios A1FI et A1T, qui illustrent les progrès des technologies énergétiques de remplacement dans le monde A1 (voir Figure TS 1).

Les scénarios SRES aboutissent aux constatations suivantes :

- D'autres combinaisons de variables des forces motrices peuvent aboutir à des niveaux et à une structure semblables de la consommation d'énergie, des modes d'utilisation des terres et des émissions.
- D'importantes possibilités pour d'autres bifurcations dans les tendances de développement futures existent dans chaque famille de scénarios.
- Les profils d'émissions sont dynamiques dans tout l'éventail des scénarios SRES. Ils illustrent des renversements de tendance et indiquent d'éventuels recoupements d'émissions entre différents scénarios.
- La description des développements futurs possibles comporte des ambiguïtés et des incertitudes inhérentes. Il n'existe tout simplement pas de cheminement unique de développement possible (comme il est fait allusion, par exemple, dans les notions du type "scénario de maintien du statu quo"). L'approche multimodèles augmente la valeur de l'ensemble de scénarios SRES, étant donné que les incertitudes inhérentes au choix des hypothèses que contiennent les modèles peuvent être plus explicitement séparées du comportement d'un modèle précis et des incertitudes de modélisation qui s'y rattachent.

### 2.5 Examen des scénarios d'atténuation post-SRES

Compte tenu de l'importance des multiples scénarios de référence dans l'évaluation des stratégies d'atténuation, les études récentes analysent et comparent les scénarios d'atténuation en utilisant comme référence les nouveaux scénarios SRES. C'est ce qui permet d'évaluer dans ce rapport 76 "scénarios d'atténuation post-SRES" élaborés par neuf équipes de modélisation. Ces scénarios d'atténuation ont été quantifiés à partir des canevas relatifs à chacun des six scénarios SRES qui décrivent le rapport entre le type de monde futur et la capacité d'atténuation.

Les quantifications divergent sous l'angle du scénario de référence, notamment du canevas présumé, de la cible de stabilisation et du modèle utilisé. Les scénarios post-SRES portent sur un très vaste

### Encadré N° 1 — Scénarios d'émissions présentés dans le Rapport spécial sur les scénarios d'émissions du GIEC

**A1.** Le canevas et la famille de scénarios A1 prévoient un avenir caractérisé par une croissance économique très rapide, une démographie mondiale qui atteint un maximum au milieu du siècle et qui décroît par la suite, et l'apparition rapide de techniques nouvelles et plus efficaces. Les grands thèmes sous-jacents sont la convergence parmi les nations, le renforcement des capacités et la multiplication des interactions culturelles et sociales, avec une réduction sensible des différences régionales en matière de revenu par habitant. La famille de scénarios A1 se divise en trois groupes ayant des orientations différentes en ce qui concerne l'évolution des techniques dans le système énergétique. Ces trois groupes se distinguent par leurs tendances techniques : forte intensité de combustibles fossiles (A1F1), prédominance de combustibles non fossiles (A1T) ou équilibre de toutes les sources (A1B) (où l'équilibre signifie qu'on ne compte pas trop sur une source d'énergie donnée en posant l'hypothèse que des taux semblables de progrès s'appliquent à l'ensemble des sources d'énergie et des techniques d'utilisation finale).

**A2.** Le canevas et la famille de scénarios A2 prévoient une situation très hétérogène. Les thèmes sous-jacents sont l'indépendance et la conservation des identités locales. Les taux de fertilité dans les régions convergent très lentement, d'où un accroissement démographique continu. Le développement économique est essentiellement régional tandis que la croissance économique par habitant et l'évolution des techniques sont plus fragmentées et plus lentes que dans les autres canevas.

**B1.** Le canevas et la famille de scénarios B1 prévoient une convergence avec une population mondiale inchangée, qui atteint un maximum au milieu du siècle et qui décroît par la suite, comme dans le canevas A1, mais avec une évolution rapide des structures économiques vers une économie axée sur les services et l'information, accompagnée d'une réduction de la consommation de matières et de l'apparition de techniques propres et d'un bon rendement. On recherche des solutions de portée mondiale aux problèmes de viabilité économique, sociale et environnementale, et d'amélioration de l'équité, mais sans nouvelles mesures en faveur du climat.

**B2.** Le canevas et la famille de scénarios B2 prévoient une prédominance des solutions locales aux problèmes de viabilité économique, sociale et environnementale. La population mondiale augmente constamment, à un rythme inférieur à celui de la famille A2, le développement économique atteint un niveau intermédiaire et l'évolution des techniques est moins rapide et plus diverse que dans les canevas B1 et A1. Ce scénario, également orienté vers la protection de l'environnement et l'équité sociale, est axé sur le niveau local et régional.

On a choisi un scénario explicatif pour chacun des six groupes de scénarios A1B, A1F1, A1T, A2, B1 et B2. Tous ces scénarios doivent être considérés comme également valables.

Les scénarios présentés dans le Rapport spécial sur les scénarios d'émissions ne prévoient pas de nouvelles mesures en faveur du climat, ce qui implique qu'aucun d'entre eux ne tient explicitement compte de la mise en œuvre de la Convention-cadre sur les changements climatiques ni des objectifs du Protocole de Kyoto en matière d'émissions.

éventail de trajectoires d'émissions, même si cet éventail est manifestement inférieur à celui du SRES. Tous les scénarios révèlent une hausse des réductions de CO<sub>2</sub> avec le temps. La diminution de consommation d'énergie affiche un éventail beaucoup plus étendu que la réduction de CO<sub>2</sub>, car dans de nombreux scénarios, la modification des sources d'énergie primaire entraîne une dissociation entre la consommation d'énergie et les émissions de carbone.

En général, plus la cible de stabilisation est basse et plus le niveau des émissions de référence est élevé, plus la divergence doit être importante entre les émissions de CO<sub>2</sub> et le niveau de référence et plus tôt celle-ci doit se produire. Les mondes A1FI, A1B et A2 exigent un éventail plus large de technologies et/ou de mesures stratégiques mises en œuvre avec plus de vigueur que les mondes A1T, B1 et B2. Le scénario de stabilisation à 450 ppmv réclame une réduction des émissions plus draconienne qui doit intervenir plus tôt qu'en vertu du scénario de stabilisation à 650 ppmv, moyennant une réduction des émissions très rapide au cours des 20 à 30 prochaines années (voir figure TS 2).

La question stratégique clé est de déterminer les réductions d'émissions qui seront nécessaires à moyen terme (après la période d'engagement du Protocole de Kyoto). L'analyse des scénarios post-SRES (dont la plupart présument que les émissions des pays en développement seront inférieures aux niveaux de référence d'ici 2020) suggère que la stabilisation à 450 ppmv exigera que les réductions d'émissions dans les pays figurant à l'annexe 1 après 2012 dépassent de loin leurs engagements pris dans le cadre du Protocole de Kyoto. Cette analyse laisse également croire qu'il ne sera pas nécessaire que les pays figurant à l'annexe 1 dépassent de loin leurs engagements de Kyoto pour stabiliser leurs émissions à 550 ppmv ou à un niveau plus élevé. Il faut toutefois reconnaître que plusieurs scénarios révèlent la nécessité pour les pays figurant à l'annexe 1 de réaliser d'importantes réductions d'émissions d'ici 2020 et qu'aucun des scénarios n'introduit d'autres contraintes, telles que la vitesse des variations de température.

Une importante question stratégique déjà mentionnée a trait à la participation des pays en développement à l'atténuation des émissions. L'une des premières constatations de l'analyse des scénarios

| Scénario | Population | Economie | Environnement | Équité | Technologie | Mondialisation |
|----------|------------|----------|---------------|--------|-------------|----------------|
| A1FI     |            |          |               |        |             |                |
| A1B      |            |          |               |        |             |                |
| A1T      |            |          |               |        |             |                |
| B1       |            |          |               |        |             |                |
| A2       |            |          |               |        |             |                |
| B2       |            |          |               |        |             |                |

**Figure TS 1 :** Orientations qualitatives des scénarios SRES pour différents indicateurs.

post-SRES est que si l'on présume que la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> nécessaire à la stabilisation ne doit intervenir que dans les pays figurant à l'annexe 1, les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant dans les pays de l'annexe 1 chuteraient en deçà des émissions par habitant dans les pays ne figurant pas à l'annexe 1 au cours du XXI<sup>e</sup> siècle en vertu de pratiquement tous les scénarios de stabilisation et, avant 2050, selon les deux tiers des scénarios, si les émissions des pays en développement concordent avec les scénarios de référence. Cela porte à croire que la cible de stabilisation et le niveau de référence des émissions sont deux facteurs décisifs dans le choix du moment où les émissions des pays en développement devront sans doute s'écarter de leur scénario de référence.

La politique climatique réduirait la consommation d'énergie finale par habitant dans les mondes qui mettent l'accent sur l'économie (A1FI, A1B et A2) mais pas dans les mondes qui mettent l'accent sur l'environnement (B1 et B2). La baisse de consommation d'énergie entraînée par les politiques climatiques serait plus importante dans les pays figurant à l'annexe 1 que dans les pays qui n'y figurent pas. Toutefois, l'incidence des politiques climatiques sur l'équité au niveau de la consommation d'énergie finale par habitant serait beaucoup moins importante que celle du développement futur.

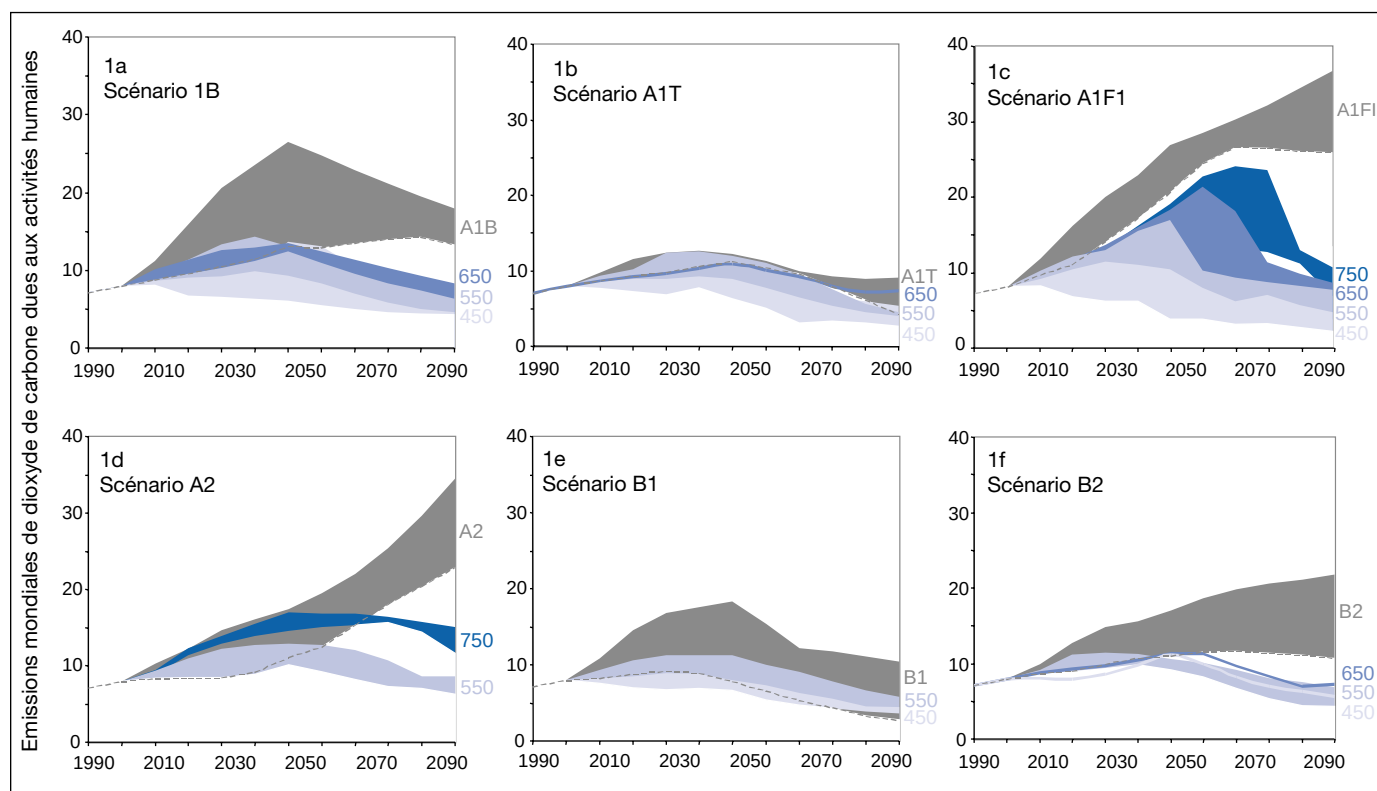
Il n'existe pas de façon unique de parvenir à un monde futur de faibles émissions et les pays et les régions devront trouver leur propre voie. Les résultats de la plupart des modèles révèlent que les options technologiques connues<sup>5</sup> permettront d'atteindre un vaste éventail de niveaux de stabilisation des concentrations atmosphériques de

CO<sub>2</sub>, comme 550 ppmv, 450 ppmv ou en deçà au cours des 100 prochaines années ou plus, mais que la mise en œuvre nécessitera des changements socio-économiques et institutionnels connexes.

Les options d'atténuation présumées diffèrent selon les scénarios et sont lourdement tributaires de la structure du modèle. Cependant, les caractéristiques communes des scénarios d'atténuation sont une amélioration importante et continue de l'efficacité énergétique ainsi que le boisement et les sources d'énergies à faible teneur en carbone, en particulier la biomasse au cours des 100 prochaines années et le gaz naturel dans la première moitié du XXI<sup>e</sup> siècle. Les économies d'énergie et le reboisement sont des premières mesures raisonnables, mais il faudra finalement des technologies innovantes axées sur l'offre. Au nombre des options robustes possibles, mentionnons le gaz naturel et les technologies à cycle combiné pour faciliter le passage à des technologies plus évoluées utilisant des combustibles fossiles et n'émettant aucun carbone, comme les piles à hydrogène. L'énergie solaire ainsi que l'énergie nucléaire ou l'absorption et le stockage du carbone revêtiraient de plus en plus d'importance dans un monde où les émissions seront plus élevées et la cible de stabilisation sera plus basse.

<sup>5</sup> "Options technologiques connues" est une expression qui désigne les technologies qui existent aujourd'hui à l'état de prototype ou qui sont en service, comme en témoignent les scénarios d'atténuation analysés dans ce rapport. Elles n'englobent pas les nouvelles technologies qui nécessiteront des percées technologiques draconiennes. On peut donc considérer qu'il s'agit d'une estimation prudente, compte tenu de la durée de la période du scénario.





**Figure TS.2 :** Comparaison des scénarios de référence et de stabilisation. La figure est subdivisée en six parties, chacune correspondant aux groupes de scénarios de référence du Rapport spécial sur les scénarios d'émissions (SRES). Chaque partie de la figure illustre la gamme des émissions mondiales totales de CO<sub>2</sub> (gigatonnes de carbone, GtC) de toutes les sources anthropiques pour le groupe de scénarios de référence SRES (ombré en gris) et les plages des divers scénarios d'atténuation évalués dans le TRE et aboutissant à la stabilisation des concentrations de CO<sub>2</sub> à divers niveaux (ombrés en couleurs). Les scénarios sont présentés pour la famille A1 subdivisée en trois groupes (le groupe 1b) en équilibre (figure 2a)), le groupe A1T à prédominance de combustibles non fossiles (figure 2b)) et le groupe A1FI à forte intensité de combustibles fossiles (figure 2c)) et la stabilisation des concentrations de CO<sub>2</sub> à 450, 550, 650 et 750 ppmv; pour la famille A2 moyennant une stabilisation à 550 et 750 ppmv à la figure 2d), pour la famille B1 avec stabilisation à 450 et 550 ppmv à la figure 2e) et pour la famille B2, avec stabilisation à 450, 550 et 650 ppmv à la figure 2f). Il n'existe aucune étude qui évalue les scénarios de stabilisation à 1000 ppmv. Cette figure témoigne du fait que plus le niveau de stabilisation est bas et plus les émissions de référence sont élevées, plus l'écart est important. La différence entre les émissions dans différents groupes de scénarios peut être aussi importante que l'écart entre les scénarios de référence et de stabilisation au sein d'un même groupe de scénarios. Les lignes en pointillés illustrent les limites des gammes où elles se recoupent (voir encadré N° 1).

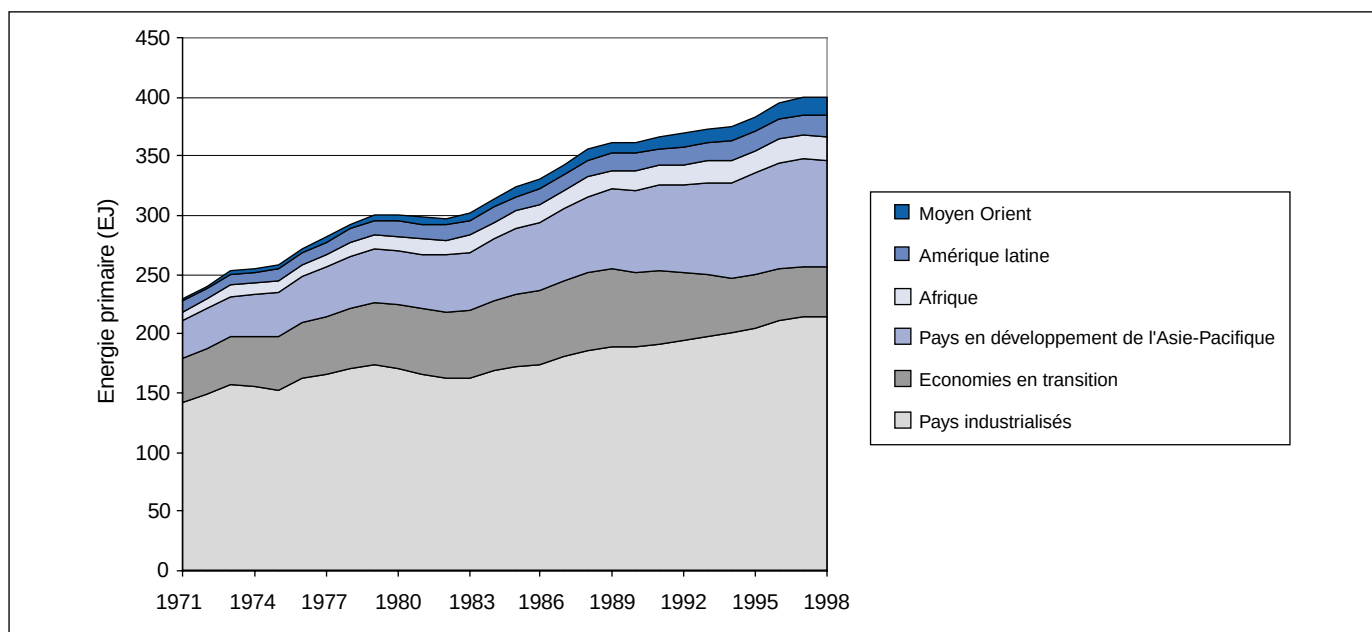
Il se pourrait que l'intégration entre les politiques climatiques mondiales et les politiques nationales de réduction de la pollution atmosphérique réduisent effectivement les émissions de GES dans les régions en développement au cours des 20 à 30 prochaines années. Cependant, le contrôle des émissions de soufre risquerait d'accentuer les éventuels changements climatiques et tout indique que des concessions mutuelles partielles persisteront à moyen terme en ce qui concerne les politiques environnementales.

Pour atténuer les changements climatiques, on pourrait lier les politiques qui régissent l'agriculture, l'utilisation des terres et les systèmes énergétiques. L'approvisionnement en énergie tirée de la biomasse ainsi que le piégeage biologique du CO<sub>2</sub> élargiraient les options disponibles pour réduire les émissions de carbone, même si les scénarios post-SRES indiquent que ces options ne peuvent assurer le gros des réductions d'émissions nécessaires. Il faudra pour cela faire appel à d'autres options.

### 3 Potentiel technologique et économique des options d'atténuation

#### 3.1 Principaux développements survenus dans les connaissances sur les options technologiques visant à atténuer les émissions de GES au cours de la période allant jusqu'à 2010-2020 depuis le Deuxième rapport d'évaluation

De nouvelles technologies et pratiques visant à réduire les émissions de GES sont constamment en cours de conception. Bon nombre de ces technologies cherchent à améliorer l'efficacité de l'énergie tirée des combustibles fossiles ou la consommation d'électricité et le développement de sources d'énergie à faible teneur en carbone, étant donné que la majorité des émissions de GES (en termes d'équivalents CO<sub>2</sub>) ont un rapport avec la consommation d'énergie. L'intensité énergétique (énergie consommée divisée par le produit intérieur brut [PIB]) et l'intensité des émissions de carbone (CO<sub>2</sub>



**Figure TS 3 :** Consommation mondiale d'énergie primaire par région entre 1971 et 1998.

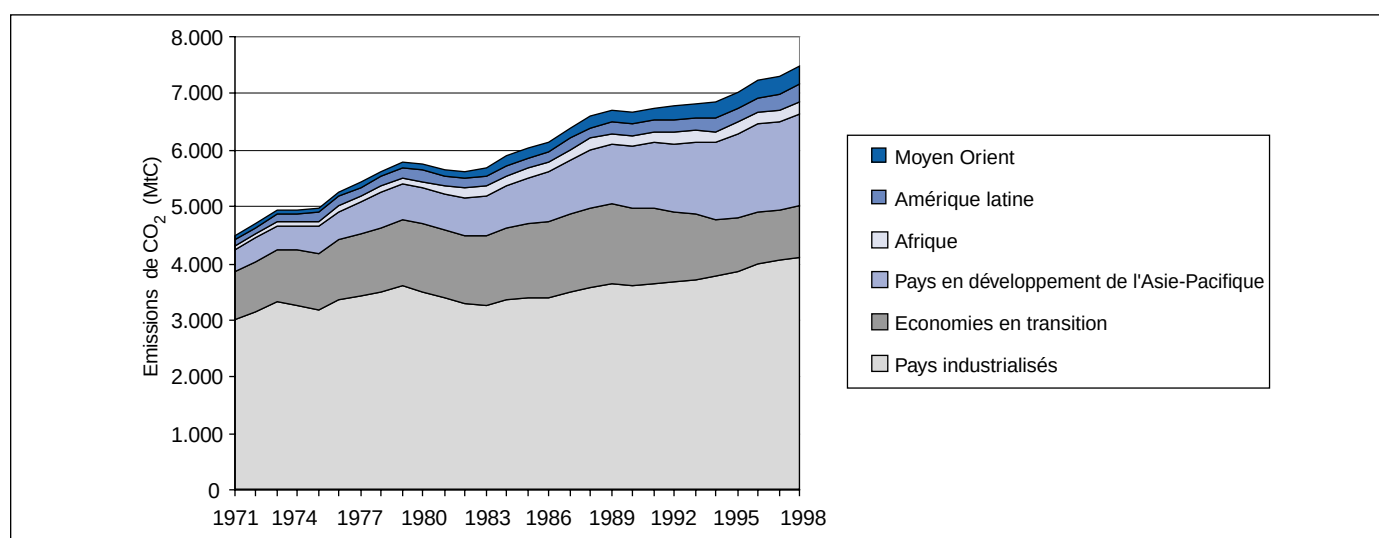
Note : L'énergie primaire est calculée au moyen de la méthode de la teneur en énergie physique de l'AIE qui repose sur les sources d'énergie primaire qui servent à produire de la chaleur et de l'électricité.

émis par la combustion des combustibles fossiles divisé par la quantité d'énergie produite) baissent depuis plus de 100 ans dans les pays développés sans politiques gouvernementales explicites visant la décarburation, et pourraient diminuer encore davantage. Une bonne partie de ce changement est attribuable à la baisse d'utilisation des combustibles à forte teneur en carbone comme le charbon au profit du pétrole et du gaz naturel, en passant par une amélioration du rendement énergétique de conversion et l'introduction de l'hydroélectricité et de l'énergie nucléaire. D'autres sources d'énergie à base de combustibles non fossiles sont également en cours de développement et rapidement adoptées, car elles offrent d'intéressantes possibilités de réduire les émissions de GES. Le piégeage biologique du CO<sub>2</sub> et l'absorption et le stockage du CO<sub>2</sub> pourront également contribuer à réduire les émissions de GES à l'avenir (voir section 4 ci-après). D'autres technologies et mesures portent sur les secteurs non énergétiques afin de réduire les émissions des principaux GES restants : le CH<sub>4</sub>, l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O), les hydrofluorocarbones (HFC), les hydrocarbures perfluorés (PFC) et l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>).

Depuis la publication du DRE, plusieurs technologies ont progressé plus rapidement que ce que prévoyait l'analyse préalable. Mentionnons à titre d'exemples l'apparition de voitures à moteur hybride très sobres, les progrès rapides de la conception d'éoliennes, la preuve du stockage souterrain du dioxyde de carbone et la quasi-élimination des émissions de N<sub>2</sub>O résultant de la production d'acide adipique. Il existe des possibilités de meilleur rendement énergétique dans le secteur du bâtiment, de l'industrie, des transports et de l'approvisionnement énergétique, souvent à un prix inférieur à ce qui était prévu. D'ici 2010, la plupart des possibilités de réduire les émissions résulteront encore des gains d'efficacité

énergétique dans les secteurs d'utilisation finale, du passage au gaz naturel dans le secteur de la production d'électricité et d'une baisse des rejets de GES par l'industrie, comme le N<sub>2</sub>O, le perfluorométhane (CF<sub>4</sub>) et les HFC. D'ici 2020, lorsqu'une partie des centrales électriques existantes aura été remplacée dans les pays développés et dans les PET et que de nombreuses nouvelles centrales seront entrées en service dans les pays en développement, l'utilisation de sources d'énergie renouvelables pourra commencer à contribuer à une réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. A plus long terme, il se peut que les techniques de l'énergie nucléaire (dont les caractéristiques passives inhérentes respecteront des objectifs stricts en matière de sécurité, de prolifération et de stockage des déchets), sans oublier l'absorption et le stockage du carbone physique provenant des combustibles fossiles et de la biomasse, suivi de son piégeage, deviennent des options possibles.

Allant à contre-courant du potentiel technologique et économique d'une réduction des émissions de GES, il faut mentionner le développement économique rapide et l'accélération des changements dans certaines tendances socio-économiques et comportementales qui ont pour effet d'accroître la consommation totale d'énergie, surtout dans les pays développés et dans les groupes à revenu élevé des pays en développement. Dans quantité de pays, les unités d'habitation et les véhicules augmentent de taille, tandis que s'intensifie l'utilisation des appareils électroménagers et des équipements électriques de bureau dans les édifices commerciaux. Dans les pays développés, et surtout aux Etats-Unis, les ventes de véhicules plus grands, plus lourds et moins sobres augmentent elles aussi. La baisse constante ou la stabilisation des prix de l'énergie au détail dans un nombre croissant de pays a pour effet de réduire la motivation à économiser l'énergie ou à acheter des technologies



**Figure TS 4 :** Emissions mondiales de CO<sub>2</sub> par région, 1971-1998

à bon rendement énergétique dans tous les secteurs. A quelques exceptions près, les pays déploient peu d'efforts pour raviver des politiques ou des programmes visant à accroître le rendement énergétique ou à promouvoir les sources d'énergie renouvelables. Egalement depuis le début des années 1990, on constate une baisse des ressources publiques et privées consacrées à la R&D (recherche et développement) en vue de concevoir et d'adopter de nouvelles technologies capables de réduire les émissions de GES.

De plus, et cela a généralement un rapport avec les options d'innovation technologique, il existe d'importantes possibilités dans le secteur de l'innovation sociale. Dans toutes les régions, il existe quantités d'options au chapitre du mode de vie capables d'améliorer la qualité de la vie, tout en faisant baisser la consommation des ressources et les émissions de GES qui s'y rattachent. Ces choix dépendent dans une large mesure des cultures et des priorités locales et régionales. Ils ont un rapport très étroit avec les progrès technologiques, dont certains peuvent entraîner un changement profond du mode de vie, tandis que d'autres ne nécessitent pas de tels changements. Alors que ces options étaient à peine effleurées dans le DRE, ce rapport commence à en traiter.

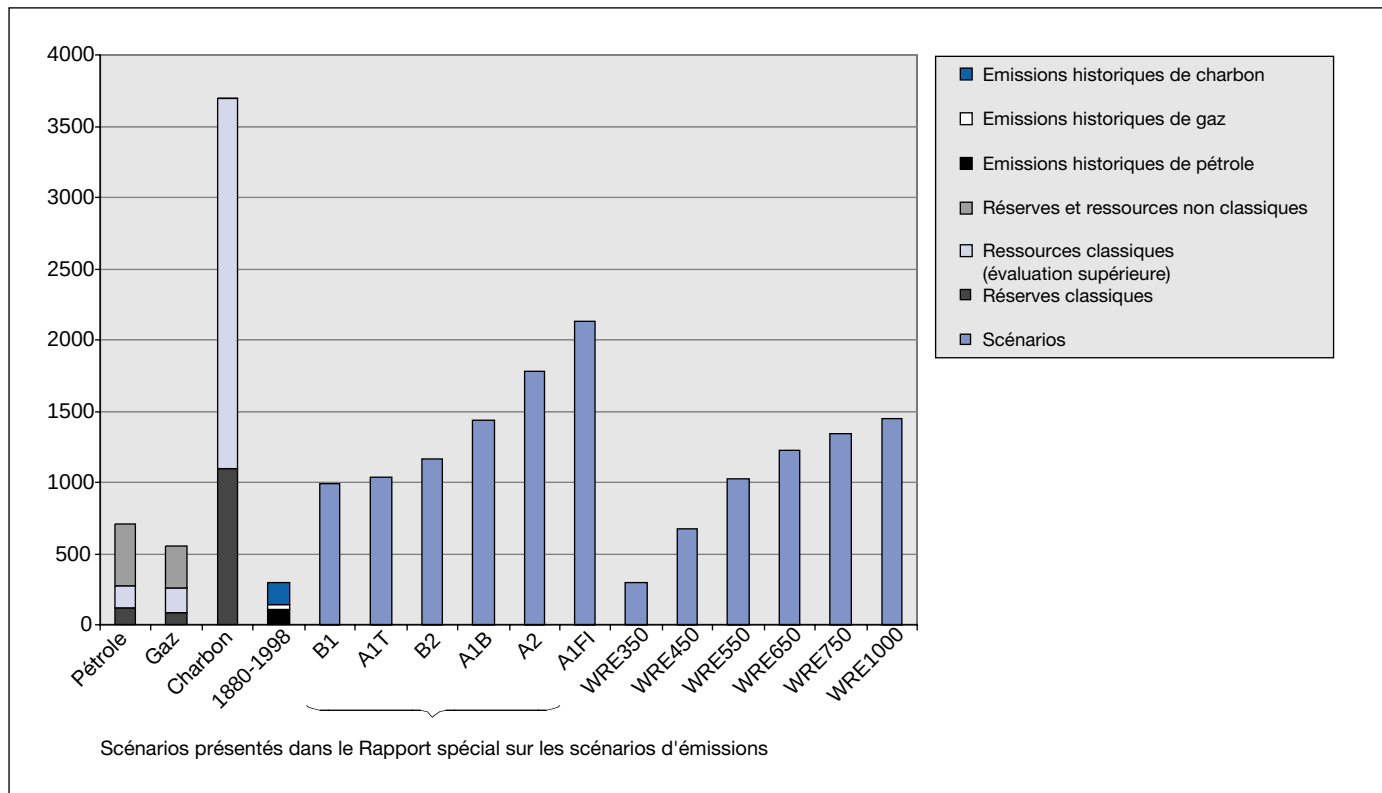
### 3.2 Tendances de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre qui s'y rattachent

La consommation mondiale d'énergie et les émissions connexes de CO<sub>2</sub> ont poursuivi leur tendance à la hausse dans les années 1990 (Figures TS.3 et TS.4). Les combustibles fossiles demeurent la forme d'énergie prédominante utilisée dans le monde, et la consommation d'énergie compte pour plus des deux tiers des émissions de GES visées par le Protocole de Kyoto. En 1998, 143 exajoules (EJ) d'hydrocarbures, 82 EJ de gaz naturel et 100 EJ de charbon ont été consommés par les économies de la planète. La consommation mondiale d'énergie primaire a augmenté en

moyenne de 1,3 pour cent par an entre 1990 et 1998. Les rythmes annuels moyens de croissance ont été de 1,6 pour cent dans les pays développés et de 2,3 pour cent à 5,5 pour cent dans les pays en développement, entre 1990 et 1998. La consommation d'énergie primaire dans les PET a baissé au rythme annuel de 4,7 pour cent entre 1990 et 1998, en raison de la disparition des industries lourdes, du fléchissement de l'activité économique globale et de la restructuration du secteur manufacturier.

Les émissions moyennes mondiales de dioxyde de carbone ont progressé (à peu près au même rythme que l'énergie primaire) au taux de 1,4 pour cent par an entre 1990 et 1998, ce qui est nettement plus lent que la croissance de 2,1 pour cent par an enregistrée dans les années 1970 et 1980. Cela s'explique dans une large mesure par les réductions enregistrées dans les PET et par les changements structurels survenus dans le secteur industriel des pays développés. A plus long terme, la croissance mondiale des émissions de CO<sub>2</sub> résultant de la consommation d'énergie a été de 1,9 pour cent par an entre 1971 et 1998. En 1998, les pays développés ont concentré plus de 50 pour cent des émissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation d'énergie, qui ont augmenté au rythme de 1,6 pour cent par an depuis 1990. Les PET ont représenté 13 pour cent des émissions de 1998, et celles-ci ont régressé au rythme annuel de 4,6 pour cent depuis 1990. Les pays en développement de la région de l'Asie-Pacifique ont émis 22 pour cent du total mondial de dioxyde de carbone, et ont connu le taux de croissance le plus rapide qui s'est chiffré à 4,9 pour cent par an depuis 1990. Le reste des pays en développement entre pour légèrement plus de 10 pour cent dans le total des émissions, en hausse au rythme de 4,3 pour cent par an depuis 1990.

Durant la période d'industrialisation intense entre 1860 et 1997, on a brûlé environ 13 000 EJ de combustibles fossiles, rejetant ainsi 290 GtC dans l'atmosphère, ce qui, parallèlement aux changements survenus dans l'utilisation des terres, a fait grimper de 30 pour cent les concentrations de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. A



**Figure TS 5 :** Carbone se trouvant dans les réserves et les ressources en pétrole, en gaz et en charbon comparé aux émissions historiques de carbone des combustibles fossiles entre 1860 et 1998, et aux émissions cumulatives de carbone résultant d'un éventail de scénarios SRES et des scénarios de stabilisation du TRE jusqu'en 2100. Les données relatives aux réserves et aux ressources figurent dans les colonnes de gauche. Le pétrole et le gaz non classiques comprennent les sables bitumineux, les huiles de schiste, d'autres huiles lourdes, le méthane de la couche de houille, le gaz sous pression géostatique profond, le gaz qui se trouve dans les couches aquifères, etc. Les hydrates de gaz (clathrates) qui totalisent environ 12 000 GtC ne sont pas illustrés. Les colonnes des scénarios illustrent à la fois les scénarios de référence du SRES et les scénarios qui aboutissent à une stabilisation des concentrations de CO<sub>2</sub> à différents niveaux. Signalons que si d'ici 2100, les émissions cumulatives se rattachant aux scénarios SRES sont égales ou inférieures à celles des scénarios de stabilisation, cela ne veut pas forcément dire que ces scénarios aboutissent eux aussi à une stabilisation.

titre de comparaison, les ressources estimatives de gaz naturel<sup>6</sup> sont comparables aux ressources de pétrole, se chiffrant à environ 35 000 EJ. La base de ressources de charbon est à peu près quatre fois supérieure. Le clathrate de méthane (qui n'est pas comptabilisé dans la base de ressources) est évalué à environ 780 000 EJ. Les réserves estimatives de combustibles fossiles contiennent 1500 GtC, soit cinq fois plus que le carbone déjà rejeté dans l'atmosphère, et si on y ajoute les ressources estimatives, on constate qu'il reste au total 5000 GtC dans le sol. Les scénarios modélisés par le SRES, sans politiques précises au

sujet des émissions de GES, prévoient des rejets cumulés oscillant d'environ 1000 GtC à 2100 GtC résultant de la consommation de combustibles fossiles entre 2000 et 2100. Les émissions cumulatives de carbone pour les profils de stabilisation allant de 450 ppmv à 750 ppmv au cours de la même période varient de 630 GtC à 1300 GtC (voir figure TS 5). La rareté des combustibles fossiles, du moins à l'échelle mondiale, n'est donc pas un facteur significatif dans l'étude de l'atténuation des changements climatiques. En revanche, contrairement aux gisements relativement importants de charbon et de pétrole et de gaz non classiques, le carbone qui se trouve dans les réserves de pétrole et de gaz classiques ou dans les ressources pétrolières classiques est nettement inférieur aux émissions de carbone cumulatives qui se rattachent aux scénarios de stabilisation à 450 ppmv ou à un niveau plus élevé (figure TS 5). De plus, il se peut que ce carbone contribue aussi de vastes quantités d'autres GES. En même temps, il ressort clairement de la figure TS 5 que les réserves de pétrole et de gaz classiques ne représentent qu'une infime partie la base de ressources totale de combustibles fossiles. Ces données sur les ressources présupposent sans doute un changement dans l'utilisation de plusieurs sources d'énergie et l'adoption de nouvelles sources d'énergie au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. Le choix des sources d'énergie et les investissements qui vont de pair

<sup>6</sup> "Réserves désigne" les gisements qui sont répertoriés et évalués comme économiquement et techniquement récupérables compte tenu des techniques disponibles et des prix en vigueur. "Ressources" désigne les gisements dotés de caractéristiques géologiques et/ou économiques plus incertaines que celles des réserves, mais qui sont considérés comme potentiellement récupérables compte tenu des progrès prévisibles de l'économie et des techniques. Les ressources disponibles englobent les deux catégories. Outre cela, il existe d'autres quantités dont on ignore avec certitude l'occurrence et/ou l'importance économique dans un avenir prévisible, qui sont désignées comme "occurrences supplémentaires" (DRE). A titre d'exemples de combustibles fossiles non classiques, il faut mentionner les sables bitumineux et les huiles de schiste, le gaz sous pression géostatique et le gaz qui se trouve dans les couches aquifères.

décideront de la possibilité de stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre, et dans ce cas, du niveau de stabilisation et des coûts qui s'y rattachent. Actuellement, la plupart de ces investissements ont pour but de découvrir et d'exploiter un plus grand nombre de ressources fossiles classiques et non classiques.

### 3.3 Options technologiques sectorielles d'atténuation<sup>7</sup> par secteur

On a estimé le potentiel<sup>8</sup> de réduction des émissions des principaux GES dans chaque secteur pour une fourchette de coûts (tableau TS 1). Dans le secteur industriel, les coûts d'atténuation des émissions de carbone oscillent de négatifs (c'est-à-dire mesures sans regrets où des réductions sont possibles moyennant un bénéfice) à près de 300 \$US/tC<sup>9</sup>. Dans le secteur du bâtiment, l'adoption agressive de technologies et de mesures à bon rendement énergétique pourrait aboutir en 2010 à une baisse des émissions de CO<sub>2</sub> des édifices résidentiels se chiffrant à 325 MtC/an dans les pays développés et les PET moyennant des coûts oscillant entre -250 \$US/tC et -150 \$US/tC et à 125 MtC dans les pays en développement moyennant des coûts oscillant entre -250 \$US/tC et 50 \$US/tC. De même, les émissions de CO<sub>2</sub> provenant des édifices commerciaux en 2010 pourront être réduites de 185 MtC dans les pays développés et les PET moyennant des coûts oscillant entre -400 \$US/tC et -250 \$US/tC évitée et de 80 MtC dans les pays en développement moyennant des coûts oscillant entre -400 \$US/tC et 0 \$US/tC. Dans le secteur des transports, les coûts oscillent entre -200 \$US/tC et 300 \$US/tC, tandis que dans le secteur agricole, les coûts varient entre -100 \$US/tC et 300 \$US/tC. La gestion des matériaux, notamment le recyclage et la récupération des gaz de décharges contrôlées peut également entraîner des économies moyennant des coûts négatifs à modérés inférieurs à 100 \$US/tC. Dans le secteur des approvisionnements énergétiques, un certain nombre d'utilisations d'autres combustibles et de substitutions technologiques sont possibles à des coûts se situant entre -100 \$US/tC et plus de 200 \$US/tC. La réalisation de ce potentiel dépendra de la situation du marché qui elle-même subira l'influence des préférences de l'être humain et de la société et des interventions des gouvernements.

Le tableau TS 2 fournit un aperçu et établit des liens avec les obstacles et les impacts de l'atténuation. Les options d'atténuation dans chaque secteur sont analysées plus en détail ci-après.

#### 3.3.1 Les principales options d'atténuation dans le secteur du bâtiment

Le secteur du bâtiment a été responsable de 31 pour cent des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> liées à la consommation d'énergie en 1995, et ces émissions ont progressé au rythme annuel de 1,8 pour cent depuis 1971. Les techniques de construction ont poursuivi leur trajectoire évolutive marquant des progrès additionnels au cours des cinq dernières années grâce au rendement énergétique des fenêtres, de l'éclairage, des appareils électroménagers, de l'isolation, des systèmes de chauffage, de réfrigération et de climatisation. Il faut également mentionner les progrès constants de la régie de la construction, de la conception de système à énergie solaire passive, de la conception intégrée des édifices et de l'utilisation de cellules photovoltaïques dans les édifices. Les émissions de fluorocarbones provenant des systèmes de réfrigération et de climatisation ont diminué à mesure que les chlorofluorocarbones (CFC) étaient progressivement éliminés, essentiellement grâce à l'amélioration des méthodes de confinement et de récupération des fluides frigorigènes contenant des fluorocarbones et, dans une moindre mesure, à l'utilisation d'hydrocarbures et d'autres fluides frigorigènes ne contenant aucun fluorocarbène. L'utilisation et les émissions de fluorocarbones dans les mousses isolantes ont régressé avec l'élimination progressive des CFC, et elles devraient encore baisser avec l'élimination des HCFC. Les activités de R&D ont permis d'améliorer le rendement des réfrigérateurs et des systèmes de climatisation et de chauffage. En dépit des progrès constants des technologies et de l'adoption de technologies perfectionnées dans de nombreux pays, la consommation d'énergie dans les édifices a augmenté plus rapidement que la demande totale d'énergie entre 1971 et 1995, la consommation dans les édifices commerciaux affichant le plus fort taux annuel de croissance en pourcentage (3,0 pour cent contre 2,2 pour cent dans les édifices résidentiels). Cela est essentiellement dû à la demande accrue de confort de la part des consommateurs (qui utilisent plus d'appareils électroménagers, qui veulent des logements plus vastes, sans oublier la modernisation et l'expansion du secteur commercial) à mesure que les économies se développent. Il existe actuellement d'intéressantes possibilités technologiques et rentables de ralentir cette tendance. Le potentiel technique global d'une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment, au moyen des technologies existantes, associé aux progrès techniques futurs se chiffre à 715 MtC/an en 2010 pour un scénario de base où les émissions de carbone sont de 2600 MtC/an (27 pour cent), à 950 MtC/an en 2020 pour un scénario de base où les émissions de carbone sont de 3000 MtC/an (31 pour cent), et à 2025 MtC/an en 2050 pour un scénario de base où les émissions de carbone sont de 3 900 MtC/an (52 pour cent). La multiplication des activités de R-D garantira la constance des progrès technologiques dans ce secteur.

<sup>7</sup> L'Agence internationale de l'énergie (AIE) rend compte des données sectorielles pour les secteurs de l'industrie et des transports, mais pas pour ceux du bâtiment et de l'agriculture, qui sont compris dans la section "Autre". Dans cette section, les données sur la consommation d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub> dans ces secteurs ont été estimées au moyen d'une méthode de répartition et reposent sur un facteur de conversion de l'électricité standard de 33 %. De plus, les valeurs relatives aux ET proviennent d'une source différente (statistiques de British Petroleum). C'est ainsi que les valeurs sectorielles peuvent diverger des valeurs d'ensemble qui sont présentées à la section 3.2, même si les tendances générales sont les mêmes. En général, les données relatives aux ET sont teintées d'incertitude, et il en va de même des sous-catégories commerciales et résidentielles du secteur du bâtiment dans toutes les régions.

<sup>8</sup> Le potentiel diffère dans différentes études analysées, même si le potentiel d'ensemble dont il est rendu compte dans les sections 3 et 4 renvoie au potentiel socio-économique tel qu'indiqué à la figure TS 7.

<sup>9</sup> Tous les prix sont en \$US.

**Tableau TS 1 :** Estimations des réductions d'émissions de gaz à effet de serre et coût par tonne d'équivalent carbone évitée attribuables à l'adoption socio-économique prévue d'ici 2010 et 2020 de technologies de rendement et d'approvisionnement énergétiques choisies soit mondialement, soit par région, et moyennant des degrés variables d'incertitude.

| Région                           | US\$/tC évitées                                   |             | 2010                   |                          | 2020                   |                          | Références, commentaires, et section pertinente dans Chapitre 3 de ce Rapport                                                                                                                                 |
|----------------------------------|---------------------------------------------------|-------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  | -400                                              | -200 0 +200 | Potentiel <sup>a</sup> | Probabilité <sup>b</sup> | Potentiel <sup>a</sup> | Probabilité <sup>b</sup> |                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Edifices / Electroménager</b> | Secteur résidentiel                               | OCDE/PET    | ◆◆◆◆◆                  | ◇◇◇◇◇                    | ◆◆◆◆◆                  | ◇◇◇◇◇                    | Acosta Moreno <i>et al.</i> , 1996;<br>Brown <i>et al.</i> , 1998<br>Wang et Smith, 1999                                                                                                                      |
|                                  |                                                   |             | ◆◆◆◆                   | ◇◇◇                      | ◆◆◆◆                   | ◇◇◇◇◇                    |                                                                                                                                                                                                               |
|                                  | Secteur commercial                                | OCDE/PET    | ◆◆◆◆                   | ◇◇◇◇                     | ◆◆◆◆◆                  | ◇◇◇◇◇                    |                                                                                                                                                                                                               |
|                                  |                                                   |             | ◆◆◆                    | ◇◇◇                      | ◆◆◆◆                   | ◇◇◇◇◇                    |                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Transports</b>                | Amélioration du rendement des véhicules           | USA         | ◆◆◆◆◆                  | ◇◇◇◇◇                    | ◆◆◆◆◆                  | ◇◇◇                      | Interlab. Working Group, 1997<br>Brown <i>et al.</i> , 1998<br>US DOE/EIA, 1998<br>CEMT, 1997 (8 pays seulement)<br>Kashiwagi <i>et al.</i> , 1999<br>Denis et Koopman, 1998<br>Worrell <i>et al.</i> , 1997b |
|                                  |                                                   | Europe      | ◆◆◆◆◆                  | ◇◇                       | ◆◆◆◆◆                  | ◇◇                       |                                                                                                                                                                                                               |
|                                  |                                                   | Japon       | ◆◆◆◆                   | ◇◇                       | ◆◆◆◆◆                  | ◇◇                       |                                                                                                                                                                                                               |
|                                  |                                                   | Coût dév.   | ◆◆◆◆                   | ◇◇                       | ◆◆◆◆◆                  | ◇◇                       |                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Fabrication</b>               | Absorption CO <sub>2</sub> – engrais; raffineries | Mondial     | ◆                      | ◇◇◇◇◇                    | ◆                      | ◇◇◇◇◇                    | Tableau 3.21                                                                                                                                                                                                  |
|                                  |                                                   | Mondial     | ◆◆◆◆                   | ◇◇◇                      | ◆◆◆◆                   | ◇◇◇                      |                                                                                                                                                                                                               |
|                                  | Ciments mélangés                                  | Mondial     | ◆                      | ◇◇◇                      | ◆                      | ◇◇◇                      | Tableau 3.21                                                                                                                                                                                                  |
|                                  |                                                   | Mondial     | ◆                      | ◇◇◇◇◇                    | ◆                      | ◇◇◇                      |                                                                                                                                                                                                               |
|                                  | Réduction N <sub>2</sub> O par indus. chim.       | Mondial     | ◆                      | ◇◇◇◇◇                    | ◆                      | ◇◇◇                      | Tableau 3.21                                                                                                                                                                                                  |
|                                  |                                                   | Mondial     | ◆                      | ◇◇◇◇◇                    | ◆                      | ◇◇◇                      |                                                                                                                                                                                                               |
|                                  | Réduction HFC-23 par indus. chim.                 | Mondial     | ◆◆                     | ◇◇◇◇                     | ◆◆                     | ◇◇◇                      | Tableau 3.21                                                                                                                                                                                                  |
|                                  |                                                   | Mondial     | ◆◆◆◆◆                  | ◇◇◇◇◇                    | ◆◆◆◆◆                  | ◇◇◇◇◇                    |                                                                                                                                                                                                               |

(.../...)



Tableau TS.1: suite

| Région                             | US\$/tC évitées                                                                            | 2010                   |                          |                        |                          | 2020                   |                            | Références, commentaires, et section pertinente dans Chapitre 3 de ce Rapport |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|                                    |                                                                                            | Potentiel <sup>a</sup> | Probabilité <sup>b</sup> | Potentiel <sup>a</sup> | Probabilité <sup>b</sup> | Potentiel <sup>a</sup> | Probabilité <sup>b</sup>   |                                                                               |
| <b>Agriculture</b>                 | Fixation accrue grâce par travail de conservation des sols et gestion des terres cultivées | ◆                      | ◇◇                       | ◆                      | ◇◇                       | ◇◇                     | ◇◇                         | Zhou, 1998; <i>Tableau 3.27</i><br>Dick <i>et al.</i> , 1998<br>GIEC, 2000    |
|                                    | Piégeage du carbone dans le sol                                                            | ◆◆◆                    | ◇◇                       | ◆◆◆                    | ◇◇                       | ◆◆◆                    | ◇◇◇<br><i>Tableau 3.27</i> | Lal et Bruce, 1999                                                            |
|                                    | gestion des engrais azotés                                                                 | ◆                      | ◇◇◇                      | ◆                      | ◇◇◇                      | ◇◇◇                    | ◇◇◇<br><i>Tableau 3.27</i> | Kroeze & Mosier, 1999                                                         |
|                                    | Mondia                                                                                     | ◆                      | ◇◇◇                      | ◆◆◆                    | ◇◇◇                      | ◆◆◆                    | ◇◇◇                        | OCDE, 1999; GIEC, 2000                                                        |
|                                    | OECD                                                                                       | ◆◆                     | ◇◇                       | ◆◆                     | ◇◇                       | ◆◆                     | ◇◇◇<br><i>Tableau 3.27</i> | Kroeze & Mosier, 1999                                                         |
|                                    | USA                                                                                        | ◆                      | ◇◇                       | ◆                      | ◇◇                       | ◆                      | ◇◇◇                        | OCDE, 1998<br>Reimer & Freund, 1999<br>Chipato, 1999                          |
| Irrigation des rizières et engrais | Coût dév.                                                                                  | ◆                      | ◇                        | ◆                      | ◇                        | ◆                      | ◇◇                         | Riener & Freund, 1999<br>GIEC, 2000                                           |
|                                    | Mondial                                                                                    | ◆◆◆                    | ◇◇                       | ◆◆◆                    | ◇◇                       | ◆◆◆                    | ◇◇◇                        |                                                                               |
| <b>Déchets</b>                     | Captage du méthane de OECD décharges contrôlées                                            | ◆◆◆                    | ◇◇◇                      | ◆◆◆                    | ◇◇◇                      | ◆◆◆                    | ◇◇◇                        | Landfill methane USEPA, 1999                                                  |
| <b>Fourniture d'énergie</b>        | Nucléaire pour charbon                                                                     | ◆◆◆                    | ◇◇                       | ◆◆◆                    | ◇◇◇                      | ◆◆◆                    | ◇◇◇                        | Totaux <sup>c</sup> – Voir Section 3.8.6                                      |
|                                    | Mondial                                                                                    | ◆◆                     | ◇◇                       | ◆◆◆                    | ◇◇                       | ◆◆◆                    | ◇◇                         | <i>Tableau 3.35a</i>                                                          |
|                                    | Annexe I                                                                                   | ◆◆                     | ◇◇◇                      | ◆◆◆                    | ◇◇◇                      | ◆◆◆                    | ◇◇◇                        | <i>Tableau 3.35b</i>                                                          |
|                                    | Non Annexe I                                                                               | ◆◆                     | ◇◇◇                      | ◆◆◆                    | ◇◇◇                      | ◆◆◆                    | ◇◇◇                        | <i>Tableau 3.35c</i>                                                          |
|                                    | Annexe I                                                                                   | ◆◆◆                    | ◇                        | ◆◆◆                    | ◇                        | ◆◆◆                    | ◇                          | <i>Tableau 3.35d</i><br>(.../...)                                             |
|                                    | Non Annexe I                                                                               | ◆                      | ◇                        | ◆◆◆                    | ◇                        | ◆◆◆                    | ◇                          |                                                                               |

Tableau TS 1: suite

| Région                                    | US\$/tC évitées | 2010                   |                          | 2020                   |                          | Références, commentaires, et section pertinente dans Chapitre 3 de ce Rapport |
|-------------------------------------------|-----------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|                                           |                 | Potentiel <sup>a</sup> | Probabilité <sup>b</sup> | Potentiel <sup>a</sup> | Probabilité <sup>b</sup> |                                                                               |
| Gaz pour charbon                          |                 | ◆                      | ◇ ◇ ◇                    | ◆◆◆                    | ◇ ◇ ◇ ◇                  | Tableau 3.35a                                                                 |
| Non-Annex I                               |                 | ◆                      | ◇ ◇ ◇ ◇                  | ◆◆◆                    | ◇ ◇ ◇ ◇                  | Tableau 3.35b                                                                 |
| Captage de CO <sub>2</sub> depuis charbon |                 | ◆                      | ◇ ◇                      | ◆                      | ◇ ◇                      | Tableau 3.35a + b                                                             |
| Captage de CO <sub>2</sub> depuis gaz     |                 | ◆                      | ◇ ◇                      | ◆                      | ◇ ◇                      | Tableau 3.35c + d                                                             |
| Biomasse pour charbon                     |                 | ◆                      | ◇ ◇ ◇ ◇                  | ◆◆                     | ◇ ◇ ◇ ◇                  | Tableau 3.35a + b<br>Moore, 1998; Interlab w. gp. 1997                        |
| Biomasse pour gaz                         |                 | ◆                      | ◇                        | ◆                      | ◇ ◇ ◇                    | Tableaux 3.35c + d                                                            |
| Ener. éol. pour charbon ou gaz            |                 | ◆◆                     | ◇ ◇ ◇                    | ◆◆◆◆                   | ◇ ◇ ◇ ◇                  | Tableaux 3.35a - d<br>BTM Cons 1999; Greenpeace, 1999                         |
| Charbon avec 10% de biomasse              |                 | ◆                      | ◇ ◇ ◇                    | ◆                      | ◇ ◇ ◇                    | Sulilatu, 1998                                                                |
| Ener. sol. pour charbon                   |                 | ◆                      | ◇                        | ◆                      | ◇                        | Tableau 3.35a                                                                 |
| Non Annex I                               |                 | ◆                      | ◇                        | ◆                      | ◇                        | Tableau 3.35b                                                                 |
| Hydroélec. pour charbon                   |                 | ◆◆                     | ◇                        | ◆◆                     | ◇ ◇                      | Tableaux 3.35a + b                                                            |
| Hydroélec. pour gaz                       |                 | ◆                      | ◇                        | ◆                      | ◇ ◇                      | Tableaux 3.35c + d                                                            |

Notes:

a Potentiel en tonnes d'équivalent carbone évitées pour la plage de coûts indiquée en US\$/tC.

◆ = &lt;20 MtC/an ◆◆ = 20-50 MtC/an ◆◆◆ = 50-100MtC/an ◆◆◆◆ = 100-200MtC/an ◆◆◆◆◆ = &gt;200 MtC/an

b Probabilité d'atteindre ce niveau de potentiel reposant sur les coûts figurant dans la documentation

◇ = Fort peu probable ◇ ◇ = Peu probable ◇ ◇ ◇ = Possible ◇ ◇ ◇ ◇ = Probable ◇ ◇ ◇ ◇ ◇ = Très probable

c Les options d'atténuation totale de l'approvisionnement énergétique présuppose que la totalité du potentiel ne sera pas réalisée pour diverses raisons, notamment la concurrence entre les technologies prises individuellement qui figurent en dessous des totaux.

Tableau TS 2 : Options technologiques, obstacles, possibilités et répercussions sur divers secteurs

| Options technologiques                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  | Obstacles et possibilités                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Implications des politiques d'atténuation sur les secteurs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Édifices, maisons familiales et services</b> : Il existe des centaines de techniques et de mesures à même d'améliorer le rendement énergétique des appareils électroménagers et des équipements de même que des structures des édifices dans toutes les régions du monde. On estime qu'il est possible de réduire de 325 MtC les émissions de CO<sub>2</sub> des édifices résidentiels en 2010 dans les pays développés et les PET moyennant des coûts oscillant entre - 250 \$US/tC et - 150 \$US/tC, et de 125 MtC dans les pays en développement moyennant des coûts allant de - 250 \$US/tC à 50 \$US/tC. De même, les émissions de CO<sub>2</sub> des édifices commerciaux en 2010 peuvent être réduites de 185 MtC dans les pays industrialisés et les PET à des coûts oscillant entre - 400 \$US/tC et - 250 \$US/tC et de 80 MtC dans les pays en développement moyennant des coûts allant de - 400 \$US/tC à 0 \$US/tC. Ces économies représenteraient près de 30 % des émissions de CO<sub>2</sub> des édifices en 2010 et 2020 par rapport à un scénario central comme le scénario "marqueur" B2 du SRES.</p>                                                |  | <p><b>Obstacles</b> : Dans les pays développés, une structure de marché qui n'est pas propice à une meilleure efficacité énergétique, des incitatifs inopportuns et un manque d'information; et dans les pays en développement, l'absence de financement et de compétences, un manque d'information, des us et coutumes traditionnels et l'établissement des prix administré.</p> <p><b>Possibilités</b> : L'élaboration de meilleures méthodes de commercialisation et l'acquisition de compétences, un marketing axé sur l'information, des programmes et des normes volontaires permettent de surmonter les obstacles dans les pays développés. Dans le monde en développement, il faut des possibilités de crédit abordables, renforcer les capacités, sensibiliser les consommateurs et constituer une base d'informations, élaborer des normes, inciter au renforcement des capacités et déreglementer le secteur de l'énergie.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p><b>Industries de service</b> : Beaucoup enregistreront des gains de production et d'emploi en fonction de la façon dont sont mises en œuvre les politiques d'atténuation, même si en général les hausses devraient être infimes et diffuses.</p> <p><b>Foyers familiaux et secteur non structuré</b> : L'impact des mesures d'atténuation sur les foyers résulte directement des changements qui se produisent dans la technologie et les prix de la consommation d'énergie par les ménages et indirectement des effets macro-économiques sur le revenu et l'emploi. Un avantage accessoire important réside dans l'amélioration de la qualité de l'air intérieur et extérieur, surtout dans les pays en développement et dans les villes du monde entier.</p> |
| <p><b>Transports</b> : La technologie des véhicules légers dans le secteur des transports a progressé plus rapidement que ce que prévoyait le DRE, grâce aux activités de R&amp;D internationales. Les véhicules hybrides ont déjà fait leur apparition sur le marché et la plupart des plus gros constructeurs ont déjà annoncé la mise en marché de véhicules à pile à combustible d'ici 2003. Les incitations de l'amélioration du rendement énergétique sur l'atténuation des GES seront réduites dans une certaine mesure par l'effet de rebond, à moins que celui-ci ne soit contrecarré par des politiques qui augmentent de manière efficace le prix des carburants ou des voyages. Dans les pays où le prix du carburant est élevé, comme en Europe, l'effet de rebond pourrait atteindre 40 %; dans les pays où le prix du carburant est bas, comme aux États-Unis, l'effet de rebond ne devrait pas dépasser 20 %. Si l'on tient compte des effets de rebond, on constate que les mesures technologiques peuvent réduire les émissions de GES de 5 % à 15 % d'ici 2010 et de 15 % à 35 % d'ici 2020, par rapport à un scénario de base de croissance continue.</p> |  | <p><b>Obstacles</b> : Les risques encourus par les fabricants de matériels de transport représentent un obstacle de taille à l'adoption plus rapide de techniques à bon rendement énergétique dans le secteur des transports. Pour nettement améliorer le rendement énergétique, il faut reprendre la conception des véhicules à zéro, en plus d'investir des milliards de dollars dans de nouvelles usines de production. En revanche, la valeur d'un meilleur rendement pour les clients réside dans la différence entre la valeur actuelle des économies de carburant et l'augmentation du prix d'achat, qui, en valeur nette, peut souvent être une quantité infime. Même si les marchés des véhicules de transport sont dominés par un très petit nombre d'entreprises au sens technique, ils sont néanmoins éminemment concurrentiels au sens où les erreurs stratégiques peuvent s'avérer très coûteuses. Enfin, des avantages d'un meilleur rendement énergétique se manifestent sous la forme d'avantages sociaux plutôt que privés. C'est pour toutes ces raisons que les risques encourus par les fabricants face à des changements technologiques radicaux visant à améliorer le rendement énergétique l'emportent généralement sur les avantages directs du marché. Les investissements publics et privés colossaux qu'il faut engager dans les infrastructures de transport et un milieu bâti adapté aux véhicules automobiles constituent des obstacles de taille à l'évolution de la structure modale des transports dans bien des pays.</p> | <p><b>Transports</b> : L'augmentation de la demande de transport devrait persister, et ne subir que l'influence limitée des politiques d'atténuation des GES. A court et à moyen terme, il n'existe que des possibilités limitées de remplacer les carburants à base de combustibles fossiles. La conséquence principale des politiques d'atténuation sera d'améliorer le rendement énergétique dans tous les moyens de transport.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

Tableau TS 2 : suite

| Options technologiques                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Obstacles et possibilités                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Implications des politiques d'atténuation sur les secteurs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Industrie</b> : L'amélioration du rendement énergétique est la principale option de réduction des émissions dans le secteur industriel. Particulièrement dans les pays industrialisés, on a déjà beaucoup fait pour améliorer le rendement énergétique, même s'il reste de possibilités d'autres réductions. Des réductions de 300- 500 MtC/an et de 700-1100 MtC/an sont réalisables respectivement d'ici 2010 et 2020, par rapport à un scénario comme le B2 du SRES. La plus grande partie de ces options est assortie de coûts négatifs nets. Les émissions industrielles de gaz autres que le CO<sub>2</sub> sont généralement relativement faibles et peuvent être réduites de plus de 85 %, moyennant, dans la plupart des cas, des coûts modérés ou parfois même négatifs.</p> | <p><b>Possibilités</b> : Les technologies de l'information entraînent de nouvelles possibilités d'établir le prix de certains des coûts extérieurs des transports, depuis les embouteillages jusqu'à la pollution de l'environnement. L'adoption d'une tarification plus efficace peut davantage motiver le rendement énergétique des équipements et de la structure modale. Les facteurs qui entravent l'adoption de technologies à bon rendement énergétique sur les marchés des véhicules de transport entraînent des conditions dans lesquelles la réglementation du rendement énergétique, qu'elle soit volontaire ou obligatoire, peut être efficace. Une réglementation bien formulée supprime une bonne part des risques qui se rattachent à des changements technologiques radicaux, étant donné que tous les concurrents sont soumis aux mêmes règlements. Toutes les études, l'une après l'autre, ont démontré l'existence de technologies capables de réduire l'intensité des émissions de carbone des véhicules de jusqu'à 50 % ou, à plus long terme, de 100 %, et de manière à peu près rentable. Enfin, l'intensité des activités de R&amp;D au sujet des véhicules routiers légers a accompli des progrès spectaculaires dans les technologies des transmissions hybrides et des piles à combustible. Des efforts analogues doivent être déployés dans les domaines des technologies liées au transport routier de marchandises, au transport aérien, ferroviaire et maritime, ce qui risque d'avoir des retombées fort intéressantes.</p> | <p><b>Industrie</b> : Les mesures d'atténuation devraient entraîner des changements structurels dans le secteur manufacturier dans les pays figurant à l'annexe 1 (partiellement en raison de l'évolution de la demande des consommateurs privés), les retombées les plus intéressantes concernant les secteurs qui fournissent des équipements sobres en énergie et des techniques à faible teneur en carbone tandis que les secteurs à forte intensité énergétique devront remplacer leurs carburants, adopter de nouvelles technologies ou augmenter leurs prix. Toutefois, les effets de rebond risquent d'aboutir à des résultats négatifs imprévus.</p> |
| <p><b>Industrie</b> : L'absence d'établissement des prix à partir du coût complet, la contribution relativement faible de l'énergie aux coûts de production, le manque d'information de la part du consommateur et du fabricant, la disponibilité limitée de capitaux et de personnel qualifié sont les principaux obstacles à la pénétration des technologies d'atténuation dans le secteur industriel de tous les pays, mais surtout dans les pays en développement.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p><b>Possibilités</b> : Une législation visant à calmer les préoccupations environnementales locales; des accords volontaires, surtout s'ils sont complétés par les efforts des gouvernements; et des subventions directes et des crédits d'impôt sont des méthodes qui ont permis de surmonter les obstacles ci-dessus. La réglementation, notamment les normes, et de meilleures techniques de commercialisation sont des méthodes qui conviennent particulièrement bien aux industries légères.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Tableau TS 2 : suite

| Options technologiques                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Obstacles et possibilités                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Implications des politiques d'atténuation sur les secteurs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Changement d'utilisation des terres et foresterie</b> : Il existe trois façons fondamentales dont l'utilisation ou l'aménagement des terres peuvent atténuer les augmentations de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère : la protection, le piégeage et la substitution<sup>a</sup>. Ces options affichent des régimes temporels différents; en conséquence, le choix des options et leur éventuelle efficacité dépend de l'échéancier cible de même que de la productivité in situ et des perturbations antérieures. Le DRE a évalué que, mondialement, ces mesures pouvaient réduire le carbone atmosphérique de 83 GtC à 131 GtC en 2050 (entre 60 GtC et 87 GtC dans les forêts et entre 23 GtC et 44 GtC dans les sols agricoles). Les études publiées depuis n'ont pas vraiment révisé ces estimations. Les coûts des pratiques d'aménagement des terres sont très faibles par rapport à d'autres options, et oscillent entre 0 \$US/tC (scénarios gagnants-gagnants) et 12 \$US/tC.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p><b>Obstacles</b> : Parmi les obstacles à l'atténuation dans le changement d'utilisation des terres et la foresterie, il faut mentionner le manque de fonds et les limites de la capacité de surveillance humaine et institutionnelle, les contraintes sociales comme les réserves alimentaires, les gens qui tirent leur subsistance de la forêt naturelle, les incitatifs au défrichage, les pressions démographiques et la transition aux pâturages pour répondre à la demande de viande. Dans les pays tropicaux, les activités forestières sont souvent régies par les Ministères nationaux des forêts, le rôle des collectivités locales et du secteur privé étant réduit à sa plus simple expression. Dans certaines parties du monde tropical, particulièrement en Afrique, la faiblesse de la productivité des récoltes et les demandes conflictuelles auxquelles sont soumises les forêts pour des cultures agricoles et du bois de chauffage ont toutes les chances de réduire les options d'atténuation.</p> <p><b>Possibilités</b> : Dans l'utilisation des terres et la foresterie, il faut des incitatifs et des politiques pour réaliser le potentiel technique. Ceux-ci peuvent revêtir la forme de règlements, de mécanismes fiscaux et de subventions d'Etat, ou encore d'incitatifs économiques sous forme de paiements commerciaux pour piéger et stocker le carbone, comme le suggère le Protocole de Kyoto, ce qui dépendra de son adoption après la décision de la CdP.</p> | <p>Les politiques d'atténuation des GES peuvent avoir de profondes conséquences sur l'utilisation des terres, surtout par le piégeage du carbone et la production de biocombustibles. Dans les pays tropicaux, l'adoption généralisée d'activités d'atténuation peut aboutir à la conservation de la biodiversité, à la création d'emplois en milieu rural et à la protection des bassins hydrographiques, ce qui contribue au développement durable. Pour y parvenir, il faut des changements institutionnels pour obtenir la participation des collectivités locales et de l'industrie, ce qui se traduit par une diminution du rôle de l'Etat dans l'aménagement des forêts.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p><b>Agriculture et gestion des déchets</b> : Les intrants énergétiques augmentent de moins de 1 % par an à l'échelle mondiale, les plus fortes hausses survenant dans les pays hors OCDE, même s'ils ont diminué dans les PET. Il existe déjà plusieurs options de réduction des émissions de GES moyennant des investissements de -50 \$US/tC à 150 \$US/tC. Mentionnons notamment l'augmentation des stocks de carbone par la gestion des terres agricoles (125 MtC/an d'ici 2010); la réduction des émissions de CH<sub>4</sub> résultant d'une meilleure gestion du bétail (&gt; 30 MtC/an) et la culture du riz (7 MtC/an); le piégeage du carbone par les sols (50-100 MtC/an) et la diminution des émissions de N<sub>2</sub>O provenant des déchets animaux ainsi que l'application de mesures visant l'azote sont réalisables dans la plupart des régions, moyennant un transfert de technologies appropriés et du versement d'incitatifs aux agriculteurs pour qu'ils modifient leurs méthodes traditionnelles. Les cultures énergétiques visant à remplacer les combustibles fossiles offrent de bonnes perspectives si l'on arrive en à rendre les coûts plus concurrentiels et que les cultures sont produites de manière durable. L'amélioration de la gestion des déchets peut diminuer les émissions de GES de 200 Mt<sub>eq</sub>C en 2010 et de 320 Mt<sub>eq</sub>C en 2020, par rapport à des émissions de 240 Mt<sub>eq</sub>C en 1990.</p> | <p><b>Obstacles</b> : Dans le secteur de l'agriculture et de la gestion des déchets, il faut mentionner le financement inadéquat des activités de R&amp;D, l'absence de droits de propriété intellectuelle, la rareté des ressources humaines et institutionnelles nationales et le manque d'information dans les pays en développement, les contraintes d'adoption au niveau des exploitations agricoles, l'absence d'incitatifs et d'informations pour les agriculteurs dans les pays développés favorisant l'adoption de nouvelles techniques d'élevage (d'autres avantages sont nécessaires, et pas seulement d'une réduction des gaz à effet de serre).</p> <p><b>Possibilités</b> : L'élargissement des plans de crédit, le changement des priorités de recherche, l'établissement de liens institutionnels entre les pays, les échanges du carbone dans les sols et l'intégration des produits alimentaires, fibreux et énergétiques constituent des moyens de surmonter ces obstacles. Les mesures doivent être liées à l'adoption de méthodes de production durables.</p> <p>Les cultures énergétiques offrent la possibilité de diversifier l'utilisation des terres là où les terres cultivées sont actuellement sous-utilisées pour la production d'aliments et de fibres et où l'eau est facilement disponible.</p>                                                                                                                                                                      | <p><b>Energie</b> : L'aménagement des forêts et des terres peut fournir toute une diversité de combustibles solides, liquides ou gazeux qui sont renouvelables et qui peuvent avantageusement remplacer les combustibles fossiles.</p> <p><b>Matériaux</b> : Les produits de la forêt et d'autres matériaux biologiques sont utilisés dans la construction, l'emballage, les papiers et dans quantités d'autres domaines et consomment souvent moins d'énergie que d'autres matériaux qui offrent le même type de service.</p> <p><b>Agriculture/utilisation des terres</b> : L'utilisation de vastes superficies au piégeage ou à la gestion du carbone peut compléter ou entrer en conflit avec d'autres exigences qui s'exercent sur les terres, comme l'agriculture. L'atténuation des GES aura un impact sur l'agriculture par un accroissement de la demande de production de biocombustibles dans bien des régions. La concurrence accrue pour les terres arables risque d'entraîner une hausse des prix des aliments et d'autres produits agricoles.</p> |



Tableau TS 2 : suite

| Options technologiques                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Obstacles et possibilités                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Implications des politiques d'atténuation sur les secteurs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Gestion des déchets</b> : Utilisation du méthane des déchets contrôlés et des couches de houille. L'utilisation du gaz de déchets contrôlés pour la production de chaleur et d'électricité augmente elle aussi. Dans plusieurs pays industrialisés et particulièrement en Europe et au Japon, les sources d'énergie renouvelables sont devenues plus efficaces et moins polluantes, grâce au recyclage du papier et des fibres ou à l'utilisation du papier-rebut comme biocombustible dans les sources d'énergie renouvelables.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p><b>Obstacles</b> : On fait peu pour gérer les gaz de déchets contrôlés ou réduire les déchets sur les marchés à croissance rapide dans la majeure partie du monde en développement.</p> <p><b>Possibilités</b> : Des pays comme les États-Unis et l'Allemagne ont des politiques bien définies pour réduire les déchets producteurs de méthane et/ou des exigences pour utiliser le méthane des déchets contrôlés comme source d'énergie. Les coûts de récupération sont négatifs pour la moitié du méthane enfoui.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p><b>Secteur énergétique</b> : Dans le secteur énergétique, il existe des possibilités à la fois d'augmenter le rendement de conversion et la consommation de sources d'énergie primaire en réduisant les émissions de GES par unité d'énergie produite, grâce au piégeage du carbone et à la réduction des transferts de GES. Les options gagnantes-gagnantes comme la récupération du méthane dans la couche de houille et l'amélioration du rendement énergétique dans les centrales alimentées au charbon et au gaz, de même que la coproduction de chaleur et d'électricité peuvent contribuer à réduire les émissions. Dans le contexte du développement économique continu, les hausses de rendement à elles seules ne suffiront pas à limiter les émissions de GES du secteur énergétique. Parmi les options visant à réduire les émissions par unité d'énergie produite, il faut mentionner les nouvelles sources d'énergie renouvelables, qui affichent une forte croissance, mais qui représentent toujours moins de 1 % de l'énergie produite à l'échelle mondiale. Des techniques pour piéger et éliminer le CO<sub>2</sub> en vue de produire de l'énergie "propre" ont été proposées et pourraient contribuer à nettement réduire les émissions à des coûts concurrentiels par rapport aux sources d'énergie renouvelables, même s'il reste beaucoup de recherches à faire sur la faisabilité et les éventuelles incidences sur l'environnement de ces méthodes afin de déterminer leur application et leur usage. L'énergie nucléaire et, dans certains secteurs, l'hydroélectricité à grande échelle pourraient apporter une contribution appréciable, mais se heurtent à des problèmes de coût et d'acceptabilité. Les piles à combustible qui commencent à apparaître devraient offrir de nouvelles possibilités d'augmenter le rendement moyen de conversion énergétique dans les décennies à venir.</p> | <p><b>Obstacles</b> : Les principaux obstacles sont la capacité humaine et institutionnelle, l'imperfection des marchés financiers qui dissuadent les investissements dans les petits systèmes décentralisés, des taux de rendement des investissements plus incertains, des tarifs douaniers élevés, le manque d'information et l'absence de droits de propriété intellectuelle pour les technologies d'atténuation. Pour les sources d'énergie renouvelables, les coûts élevés de démarrage, l'absence d'accès à des capitaux et les subventions octroyées aux combustibles fossiles sont les principaux obstacles.</p> <p><b>Possibilités</b> : Parmi les possibilités dans les pays en développement, il faut mentionner la promotion de progrès phénoménaux dans les technologies de l'offre et de la demande énergétique, la facilitation du transfert de technologie par la création d'un environnement habilitant, le renforcement des capacités et des mécanismes adaptés au transfert de technologies énergétiques propres et efficaces. L'établissement du prix à partir du coût complet et les systèmes d'information offrent des possibilités dans les pays développés. Les avantages accessoires qui se rattachent à l'amélioration des technologies et à la diminution de la production et de la consommation de combustibles fossiles peuvent être appréciables.</p> | <p><b>Charbon</b> : Il y a de fortes chances pour que la production et l'utilisation du charbon, de même que les emplois qui s'y rattachent, diminuent en raison des politiques d'atténuation des gaz à effet de serre, par rapport aux projections des approvisionnements énergétiques en l'absence d'autres politiques relatives au climat. Toutefois, les coûts d'ajustement seront nettement inférieurs si les politiques visant une nouvelle production de charbon favorisent également les technologies propres du charbon.</p> <p><b>Pétrole</b> : Il y a des chances pour que les politiques d'atténuation mondiales débouchent sur une diminution de la production et du commerce du pétrole, les exportateurs d'énergie s'exposant à une baisse de leur revenu réel par rapport à la situation qui prévaudrait sans politiques de ce type. L'effet sur les prix mondiaux du pétrole de la réalisation des objectifs de Kyoto risque cependant d'être moins grave que ce que prévoient beaucoup de modèles, en raison de la possibilité d'inclure les gaz autres que le CO<sub>2</sub> et des mécanismes flexibles permettant d'atteindre la cible ne sont pas toujours inclus dans les modèles.</p> <p><b>Gaz</b> : Au cours des 20 prochaines années, les mesures d'atténuation risquent d'influer sur l'utilisation de gaz naturel de manière positive ou négative, selon la situation qui prévaudra à l'échelle régionale et locale. Dans les pays figurant à l'annexe 1, le remplacement du charbon ou du pétrole se fera au profit du gaz naturel et des sources d'énergie renouvelables pour la production d'électricité. Dans le cas des pays ne figurant pas à l'annexe 1, le potentiel de passer au gaz naturel est beaucoup plus élevé, même si la sûreté énergétique et la disponibilité de ressources intérieures sont des paramètres qui entrent en ligne de compte, surtout dans des pays comme la Chine et l'Inde qui ont de vastes réserves de charbon.</p> |



Tableau TS 2 : suite

| Options technologiques                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Obstacles et possibilités                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Implications des politiques d'atténuation sur les secteurs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Hydrocarbures halogénés</b> : Les émissions de HFC augmentent alors que les HFC servent à remplacer certaines des substances qui appauvrissent la couche d'ozone qui sont en cours d'élimination progressive. Par rapport aux prévisions du SRES relatives aux HFC en 2010, on estime que les émissions pourraient être inférieures de 100 Mt<sub>eq</sub>C à des coûts inférieurs à 200 \$US/t<sub>eq</sub>C. Environ la moitié de la réduction prévue est un artifice résultant du fait que les valeurs de base du SRES sont plus élevées que le scénario de base ayant servi à la rédaction de ce rapport. Le reste pourra être réalisé par une réduction des émissions par confinement, récupération et recyclage des frigorigènes et par l'utilisation de fluides et de technologies de remplacement.</p> | <p><b>Obstacles</b> : Incertitude qui entoure l'avenir de la politique sur les HFC par rapport au réchauffement de la planète et à l'appauvrissement de la couche d'ozone.</p> <p><b>Possibilités</b> : Exploitation des nouveaux progrès technologiques.</p>                                                                     | <p><b>Sources d'énergie renouvelables</b> : Les sources d'énergie renouvelables sont très diverses et l'impact des mesures d'atténuation dépendra des progrès technologiques. Cela variera d'une région à l'autre selon les ressources disponibles. Cependant, les mesures d'atténuation ont toutes les chances d'aboutir à un élargissement des marchés pour l'industrie des sources d'énergie renouvelables. Dans ce cas, les activités de R&amp;D visant une baisse des coûts et un rendement amélioré ainsi qu'un afflux accru de crédits pour les sources d'énergie renouvelables pourraient bien aboutir à une généralisation de leur application et à une réduction des coûts.</p> <p><b>Energie nucléaire</b> : Le potentiel technique de l'énergie nucléaire à réduire les émissions de gaz à effet de serre est appréciable; la réalisation de ce potentiel dépendra des coûts relatifs, des facteurs politiques et de l'acceptation par le public.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <p><b>Géo-ingénierie</b> : Pour ce qui est des possibilités d'atténuation dans les écosystèmes marins et la géo-ingénierie, la connaissance que possède l'ère humaine des systèmes biophysiques et de bon nombre de paramètres éthiques, juridiques et d'équité est encore rudimentaire.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p><b>Obstacles</b> : Dans le domaine de la géo-ingénierie, les risques de conséquences imprévues sont importants et il se peut même qu'il ne soit pas possible de régler la distribution régionale de la température et des précipitations.</p> <p><b>Possibilités</b> : Quelques recherches fondamentales semblent de mise.</p> | <p><b>Secteur n'existant pas encore</b> : Sans objet.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p><sup>a</sup> "Protection" désigne des mesures actives dont le but est de maintenir et de préserver les réserves existantes de carbone, notamment celles liées aux végétaux, à la matière organique du sol et les produits tirés de l'écosystème (par exemple, empêcher la conversion des forêts tropicales à des fins agricoles et éviter le drainage des milieux humides). "Piégeage" désigne les mesures prises délibérément qui ont pour effet d'accroître les stocks de carbone au-delà des stocks existant déjà (par exemple, boisement, aménagement révisé des forêts, renforcement du stockage du carbone dans les produits ligneux et modification des systèmes de culture, notamment augmentation des cultures fourragères et diminution du travail du sol). "Substitution" désigne les pratiques qui ont pour effet de remplacer les combustibles fossiles ou les produits à forte intensité énergétique par des produits biologiques renouvelables de remplacement, ce qui évite les émissions de CO<sub>2</sub> résultant de la combustion des combustibles fossiles.</p> <p><sup>b</sup> La géo-ingénierie comporte des efforts visant à stabiliser le système climatique en gérant directement le bilan énergétique de la Terre, ce qui permet de surmonter l'effet de serre accru.</p> |

### 3.3.2 Les principales options d'atténuation dans le secteur des transports

En 1995, le secteur des transports a été responsable de 22 pour cent des émissions mondiales de dioxyde de carbone liées à la consommation d'énergie; mondialement, les émissions de ce secteur augmentent au rythme accéléré d'environ 2,5 pour cent par an. Depuis 1990, l'essentiel de la croissance s'est fait dans les pays en développement (7,3 pour cent par an dans la région de l'Asie-Pacifique) alors que ces émissions baissent effectivement au taux de 5,0 pour cent par an dans les PET. Les véhicules hybrides à moteur à essence/électrique ont fait leur apparition sur le marché permettant de réaliser des économies de carburant supérieures de 50 pour cent à 100 pour cent à celles de véhicules de taille comparable pouvant accueillir quatre occupants. Les biocombustibles tirés du bois, des cultures énergétiques et des déchets sont également appelés à jouer un rôle de plus en plus important dans le secteur des transports à mesure que l'hydrolyse enzymatique des matières cellululosiques en éthanol devient plus rentable. En attendant, le biodiésel qui bénéficie d'exemptions fiscales, accroît sa part du marché en Europe. Les améliorations graduelles de la conception des moteurs ont cependant largement contribué à améliorer les performances plutôt que la consommation de carburant, qui n'a pas subi d'augmentation depuis le DRE. Les véhicules électriques à pile à combustible se développent rapidement et devraient être mis en marché en 2003. Les améliorations significatives apportées à la consommation de carburant des avions semblent être à la fois techniquement et économiquement possibles pour la prochaine génération d'appareils. Il n'en reste pas moins que la plupart des évaluations des améliorations de l'efficacité technologique (tableau TS 3) révèlent qu'en raison d'une augmentation de la demande de transport, l'amélioration du rendement à elle seule ne suffit pas à éviter l'augmentation des émissions de GES. Par ailleurs, tout semble indiquer que, si tout va bien, les efforts visant à améliorer la consommation de carburant n'auront que des effets partiels sur la réduction des émissions en raison de l'augmentation des distances parcourues étant donné la baisse de coûts opérationnels spécifiques.

### 3.3.3 Les principales options d'atténuation dans le secteur industriel

Les émissions industrielles comptent pour 43 pour cent des rejets de carbone en 1995. Les émissions de carbone du secteur industriel ont augmenté au rythme de 1,5 pour cent par an entre 1971 et 1995, ralentissant à 0,4 pour cent par an depuis 1990. Les entreprises continuent de trouver des procédés à meilleur rendement énergétique et à réduire les GES résultant des procédés. Il s'agit du seul secteur qui affiche une baisse annuelle des émissions de carbone dans les pays de l'OCDE (-0,8 pour cent/an entre 1990 et 1995). Les émissions de CO<sub>2</sub> dans les PET ont baissé de manière plus draconienne (-6,4 pour cent/an entre 1990 et 1995, alors que la production industrielle globale chutait).

Les divergences qui existent dans le rendement énergétique des procédés industriels entre différents pays développés et entre les pays développés et en développement demeurent considérables, ce qui signifie qu'il y a des différences appréciables dans les possibilités de réduire les émissions relatives entre les pays.

L'amélioration du rendement énergétique des procédés industriels est l'option la plus intéressante permettant d'abaisser les émissions de GES. Ce potentiel est constitué par des centaines de technologies propres à un secteur. On estime le potentiel mondial d'amélioration du rendement énergétique (par rapport à l'établissement d'un scénario de base) pour l'an 2010 entre 300 MtC et 500 MtC et entre 700 MtC et 900 MtC pour l'an 2020. Dans ce dernier cas, il faudra des progrès technologiques constants pour réaliser ce potentiel. La majorité des options d'amélioration du rendement énergétique sont réalisables à des coûts négatifs nets.

Une autre option importante réside dans l'amélioration de l'efficacité des matières (ce qui englobe le recyclage, la conception plus efficace des produits et le remplacement de certaines matières); cela pourrait représenter un potentiel de 600 MtC en l'an 2020. Il existe d'autres possibilités de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> dans le

**Tableau TS 3 :** Intensité énergétique prévue pour le secteur des transports selon une étude américaine (5-Laboratory Study)<sup>a</sup>

| Déterminants                                  | 1997 | MSQ  | 2010<br>Rendement<br>énergétique | HE/LC |
|-----------------------------------------------|------|------|----------------------------------|-------|
| Voiture de tourisme neuve l/100km             | 8,6  | 8,5  | 6,3                              | 5,5   |
| Camion léger neuf l/100km                     | 11,5 | 11,4 | 8,7                              | 7,6   |
| Parc de véhicules légers l/100km <sup>b</sup> | 12,0 | 12,1 | 10,9                             | 10,1  |
| Rendement des avions (siège-l/100km)          | 4,5  | 4,0  | 3,8                              | 3,6   |
| Parc de camions de frêt l/100km               | 42,0 | 39,2 | 34,6                             | 33,6  |
| Rendement ferroviaire (tonne-km/MJ)           | 4,2  | 4,6  | 5,5                              | 6,2   |

<sup>a</sup> MSQ, Maintien du statu quo; HE/LC, rendement énergétique élevé/faible teneur en carbone.

<sup>b</sup> Englobe les voitures de tourisme et les camions légers actuels.

choix de combustible de remplacement, l'absorption et le stockage de CO<sub>2</sub> et l'application de ciments mélangés.

Un certain nombre de procédés n'entraînent pas uniquement des émissions de CO<sub>2</sub>, mais aussi de GES autres que le CO<sub>2</sub>. Les fabricants d'acide adipique ont fortement réduit leurs émissions de N<sub>2</sub>O, et l'industrie de l'aluminium a enregistré des progrès importants dans la réduction des rejets de PFC (CF<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>). Des réductions additionnelles de GES autres que le CO<sub>2</sub> par l'industrie manufacturière sont souvent possibles à des coûts relativement bas par tonne d'équivalent carbone (t<sub>eq</sub>C) atténuée.

On connaît suffisamment d'options technologiques aujourd'hui pour réduire les émissions de GES du secteur industriel en termes absolus dans la plupart des pays développés d'ici 2010, et pour limiter l'accroissement des émissions dans ce secteur de manière appréciable dans les pays en développement.

### 3.3.4 Les principales options d'atténuation dans le secteur agricole

L'agriculture ne contribue qu'à hauteur d'environ 4 pour cent aux émissions mondiales de carbone attribuables à la consommation d'énergie, mais plus de 20 pour cent des émissions de GES d'origine anthropique (en termes de Mt<sub>eq</sub>C/an), provenant essentiellement du CH<sub>4</sub> et du N<sub>2</sub>O ainsi que du carbone résultant du défrichage. Le secteur agricole a enregistré des gains modestes au niveau du rendement énergétique depuis le DRE, et il se peut que les progrès de la biotechnologie ayant trait aux productions végétales et animales entraînent des gains supplémentaires, à la condition que l'on réponde de manière appropriée aux préoccupations relatives aux effets néfastes sur l'environnement. Une baisse de la demande de viande au profit des productions végétales pour l'alimentation humaine pourrait accroître le rendement énergétique et abaisser les émissions de GES (en particulier de N<sub>2</sub>O et de CH<sub>4</sub> dans le secteur agricole). Une réduction significative des émissions de GES est possible d'ici 2010 moyennant des changements dans les pratiques agricoles, comme :

- accroissement de l'absorption du carbone dans les sols par le travail de conservation du sol et baisse de l'intensité d'utilisation des terres;
- réduction des émissions de CH<sub>4</sub> par la gestion de l'irrigation des rizières, l'utilisation de meilleurs engrais et la diminution des émissions de CH<sub>4</sub> due à la fermentation entérique;
- évitement des émissions de N<sub>2</sub>O d'origine anthropique provenant du secteur agricole (qui sont supérieures aux émissions de carbone attribuables à l'utilisation des combustibles fossiles) par l'utilisation d'engrais à libération lente, de fumier organique, d'inhibiteurs de la nitrification et de légumineuses génétiquement modifiées. Les émissions de N<sub>2</sub>O sont plus importantes en Chine et aux Etats-Unis, essentiellement à cause de l'emploi d'engrais dans les rizières et d'autres sols agricoles. Des contributions plus importantes pourront être apportées d'ici 2020 avec les nouvelles options visant à limiter les émissions de N<sub>2</sub>O des sols fertilisés qui devraient être disponibles.

Les incertitudes qui entachent l'intensité d'utilisation de ces technologies par les agriculteurs sont fortes, étant donné que d'autres coûts peuvent venir s'y rattacher. Il faudra peut-être adopter des politiques ciblées pour éliminer les obstacles économiques et autres par des politiques ciblées.

### 3.3.5 Les principales options d'atténuation dans le secteur de la gestion des déchets

L'utilisation du CH<sub>4</sub> provenant des décharges contrôlées et des couches de houille a augmenté. L'utilisation de gaz de décharges contrôlées pour produire de la chaleur et de l'électricité augmente elle aussi à cause de mandats politiques dans des pays comme l'Allemagne, la Suisse, l'UE et les Etats-Unis. Les coûts de récupération sont négatifs pour la moitié du CH<sub>4</sub> de décharges contrôlées. En Allemagne, la gestion du cycle de vie d'un produit s'est généralisée depuis les emballages jusqu'aux véhicules et aux produits électroniques. Si le taux de recyclage par habitant aux Etats-Unis atteignait le taux de recyclage par habitant à Seattle (Washington), cela aboutirait à une baisse de 4 pour cent des émissions totales de GES aux Etats-Unis. On se demande actuellement si une plus forte réduction des émissions de GES est possible par le recyclage du papier et des fibres ou par l'utilisation de déchets de papier comme biocombustible dans les usines qui emploient des sources d'énergie renouvelables. Ces deux options sont préférables aux décharges contrôlées sous l'angle des émissions de GES. Dans plusieurs pays développés, et particulièrement en Europe et au Japon, les usines qui utilisent des sources d'énergie renouvelables ont gagné en efficacité tout en réduisant leurs émissions de gaz qui polluent l'atmosphère.

### 3.3.6 Les principales options d'atténuation dans le secteur de l'approvisionnement énergétique

Les combustibles fossiles continuent de dominer la production de chaleur et d'électricité. La production d'électricité représente 2100 MtC/an ou 37,5 pour cent des émissions mondiales de carbone<sup>10</sup>. Les scénarios de base sans politiques d'émissions du carbone prévoient des émissions de 3500 Mt<sub>eq</sub>C et 4000 Mt<sub>eq</sub>C respectivement en 2010 et 2020. Dans le secteur de l'électricité, les turbines à gaz à cycle mixte à faible coût qui ont un rendement de conversion approchant de 60 pour cent pour ce qui est des modèles les plus récents sont devenues l'option privilégiée pour les nouvelles centrales électriques là où il existe des réserves de gaz naturel et des infrastructures suffisantes. Les technologies évoluées du charbon reposant sur des centrales intégrant gazéification/cycle mixte offrent la possibilité de réduire les émissions à bas prix grâce à un meilleur rendement. La déréglementation du secteur de l'électricité est actuellement l'un des principaux moteurs des choix technologiques. L'utilisation de systèmes hybrides à air chaud et électricité dans les secteurs industriel et commercial pour répondre aux besoins de chauffage et de fabrication pourrait elle aussi se traduire par d'importantes réductions des

<sup>10</sup> A noter que les pourcentages de cette section ne donnent pas 100 pour cent vu que ces émissions ont été attribuées aux quatre secteurs dans les paragraphes ci-dessus.

émissions. Les autres répercussions de la restructuration de cette industrie dans quantités de pays développés et en développement en termes d'émissions de CO<sub>2</sub> sont incertaines pour l'instant, même si l'on constate un regain d'intérêt pour les systèmes d'alimentation électrique répartie reposant sur des sources d'énergie renouvelables et utilisant également des piles à combustible, des microturbines et des moteurs Stirling.

Le secteur de l'énergie nucléaire a réussi à accroître sensiblement le facteur de capacité dans les centrales existantes, ce qui a suffisamment amélioré leur situation économique pour que la prolongation de la vie d'une centrale devienne rentable. Mais en dehors de l'Asie, relativement peu de nouvelles centrales sont prévues ou construites. Les efforts visant à construire des réacteurs nucléaires intrinsèquement sûrs et moins coûteux se poursuivent dans l'objectif d'abaisser les obstacles socio-économiques et de calmer les préoccupations suscitées dans l'esprit du public par la sécurité, le stockage et la prolifération des déchets nucléaires. À l'exception de quelques grands projets en Inde et en Chine, la construction de nouvelles centrales hydroélectriques a également ralenti à cause de la rareté des grands sites disponibles, des coûts parfois prohibitifs et des préoccupations locales pour l'environnement et la société. Un autre fait important est le développement rapide des éoliennes, avec un taux de croissance annuel supérieur à 25 pour cent, qui, en 2000, représentaient plus de 13 GW de la capacité installée. D'autres sources d'énergie renouvelables, comme l'énergie solaire et la biomasse, continuent de croître à mesure que les coûts diminuent, mais si les contributions totales des sources renouvelables autres que l'hydroélectricité restent inférieures à 2 pour cent à l'échelle mondiale. Les piles à combustible offrent la possibilité de fournir des sources combinées éminemment efficaces d'électricité et de chaleur à mesure que la densité de puissance augmente et que les coûts continuent de chuter. D'ici 2010, les usines alimentées au charbon et à la biomasse, la gazéification du bois de chauffage, la plus grande efficacité des cellules photovoltaïques, les parcs d'éoliennes off-shore et les biocombustibles à base d'éthanol sont parmi les technologies que l'on pourrait voir apparaître sur le marché. Leur part du marché devrait augmenter d'ici 2020 tandis que la courbe d'apprentissage abaisse les coûts et que le capital social des usines de production existantes est remplacé.

L'absorption physique et le stockage du CO<sub>2</sub> est sans doute aujourd'hui une option plus viable qu'au moment où a été publié le DRE. L'utilisation du charbon ou de la biomasse comme source d'hydrogène combinée au stockage des déchets de CO<sub>2</sub> représente une étape possible vers l'économie de l'hydrogène. Du CO<sub>2</sub> a été stocké dans une couche aquifère et l'on surveille l'intégrité du stockage. Toutefois, le stockage à long terme en est encore au stade des essais en ce qui concerne ce type de réservoir en particulier. Il faut également mener des recherches pour déterminer les effets néfastes et/ou bénéfiques sur l'environnement et les risques pour la santé publique du rejet non contrôlé de diverses options de stockage. Des usines pilotes d'absorption et de stockage du CO<sub>2</sub> devraient entrer en service d'ici 2010, et pourraient fortement contribuer à atténuer les changements climatiques d'ici 2020. Avec le piégeage biologique, l'absorption physique et le stockage pourraient bien compléter les efforts actuellement déployés pour

améliorer l'efficacité, le remplacement des combustibles et le développement de sources d'énergie renouvelables, mais il faut que cela puisse se faire de façon économique.

Ce rapport étudie le potentiel des technologies d'atténuation dans ce secteur pour réduire d'ici 2020 les émissions de CO<sub>2</sub> provenant des nouvelles centrales électriques. On s'attend à ce que les turbines à gaz à cycle mixte assurent la plus grande part de la nouvelle capacité d'ici 2020 à l'échelle mondiale et deviennent un puissant concurrent capable de déloger les nouvelles centrales alimentées au charbon là, où des approvisionnements supplémentaires en gaz deviendront disponibles. L'énergie nucléaire offre la possibilité de réduire les émissions, mais elle doit devenir politiquement acceptable avant de pouvoir remplacer les usines alimentées au charbon et au gaz pour la production d'électricité. La biomasse, qui repose essentiellement sur les déchets des produits dérivés de l'agriculture et de la foresterie, et l'énergie éolienne sont également susceptibles d'apporter d'importantes contributions d'ici 2020. L'hydroélectricité est une technologie qui a fait ses preuves, et il existe d'autres possibilités, au-delà de celles que l'on prévoit, de réduire les émissions d'équivalent CO<sub>2</sub>. Enfin, même si on s'attend à ce que les coûts de l'énergie solaire baissent radicalement, tout porte à croire que cela restera une option coûteuse d'ici 2020 pour la production centrale d'électricité, mais il y a des chances que cette forme d'énergie s'impose de plus en plus sur des marchés spécialisés et pour la production hors grille. Il y a de fortes chances pour que la meilleure option d'atténuation dépende de la situation locale, et une combinaison de ces technologies pourrait bien réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de 350 MtC à 700 MtC d'ici 2020 par rapport aux émissions prévues qui se situent autour de 400 MtC dans ce secteur.

### 3.3.7 Les principales options d'atténuation pour les hydrofluorocarbones et les hydrocarbures perfluorés

L'utilisation des HFC et, dans une moindre mesure, des PFC a augmenté depuis que ces produits chimiques remplacent environ 8 pour cent de l'utilisation prévue des CFC selon le poids en 1997; dans les pays développés, la production de CFC et d'autres substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO) a cessé en 1996 pour se conformer aux dispositions du Protocole de Montréal visant à protéger la couche d'ozone stratosphérique. Les HCFC ont remplacé une tranche supplémentaire de 12 pour cent des CFC. Les 80 pour cent restants ont été éliminés par le contrôle des émissions, la diminution de certaines utilisations ou des technologies et des fluides de remplacement comme l'ammoniac, les hydrocarbures, le dioxyde de carbone et l'eau et les solutions de remplacement ne faisant pas appel à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone. L'option choisie pour remplacer les CFC et autres SACO varie beaucoup selon les applications, dont les systèmes de réfrigération, de climatisation mobile et fixe, les thermopompes, les inhalateurs et autres produits médicaux en aérosol, les équipements de lutte contre les incendies et les solvants. Il est important d'étudier simultanément le rendement énergétique et la protection de la couche d'ozone, surtout dans le contexte des

pays en développement où les marchés viennent tout juste d'amorcer leur développement et devraient connaître un taux de croissance rapide.

Si l'on se fonde sur les tendances actuelles et que l'on ne suppose aucune nouvelle utilisation en dehors du secteur du remplacement des SACO, la production de HFC devrait être de 370 kt ou 170 Mt<sub>eq</sub>C/an d'ici 2010, alors que la production de PFC devrait être inférieure à 12 Mt<sub>eq</sub>C/an. Il est plus difficile d'estimer les émissions annuelles en ce qui concerne l'an 2010. Les plus fortes émissions résulteront sans doute des climatiseurs mobiles suivis de la réfrigération commerciale et de la climatisation fixe. L'utilisation des HFC dans le gonflement des mousses est actuellement faible, mais si les HFC sont appelés à remplacer une part importante des HCFC utilisés ici, leur utilisation devrait atteindre 30 Mt<sub>eq</sub>C/an d'ici 2010, moyennant des émissions de l'ordre de 5 Mt<sub>eq</sub>C/an à 10 Mt<sub>eq</sub>C/an.

### 3.4 Synthèse du potentiel technologique et économique de l'atténuation des gaz à effet de serre

Les émissions mondiales de GES ont augmenté en moyenne de 1,4 pour cent par an entre 1990 et 1998. Dans bien des régions, les progrès techniques qui présentent de l'intérêt pour réduire les émissions de GES depuis le DRE ont été significatifs et plus rapides que prévu. Le potentiel total de réduction des émissions de GES à travers le monde résultant des progrès technologiques et de leur mise en œuvre se chiffre autour de 1900 MtC/an à 2600 MtC/an d'ici 2010 et de 3600 MtC/an à 5050 MtC/an d'ici 2020. Les preuves sur lesquelles s'appuie cette conclusion sont nombreuses, mais elles présentent plusieurs limites. Aucune étude détaillée du potentiel technologique n'a encore été réalisée dans le monde, et les études régionales et nationales existantes ont généralement une portée variable et formulent différentes hypothèses au sujet des principaux paramètres. C'est pourquoi les estimations présentées au tableau TS 1 ne sont que des indications. Il n'en reste pas moins que la principale conclusion du paragraphe ci-dessus peut être tirée avec un niveau de confiance élevé.

Les coûts des options varient selon la technologie et affichent des différences régionales. Il se peut que la moitié des réductions possibles soient atteintes d'ici 2020 et accompagnées d'avantages directs (économies d'énergie) dépassant les coûts directs (coûts d'immobilisations, d'exploitation et d'entretien) et que l'autre moitié le soit à un coût direct net pouvant atteindre 100 \$US/t<sub>eq</sub>C (aux prix de 1998). Ces coûts estimatifs ont été calculés au moyen de taux d'actualisation de l'ordre de 5 pour cent à 12 pour cent, ce qui cadre avec les taux d'actualisation en vigueur dans le secteur public. Les taux de rendement interne privé varient considérablement, et sont souvent nettement supérieurs, ce qui a une incidence sur le taux d'adoption de ces technologies par les entités privées. D'après le scénario des émissions, cela pourrait permettre de réduire les émissions mondiales en deçà des niveaux de 2000 durant la période 2010-2020 selon ces coûts directs nets. La réalisation

de ces réductions entraînera des coûts additionnels de mise en œuvre qui, dans certains cas, pourront être appréciables, en plus de nécessiter des politiques justificatives (comme celles qui sont décrites à la section 6), une hausse des activités de recherche et développement, un transfert de technologie efficace et l'élimination d'autres obstacles (voir section 5 pour d'autres précisions).

Il existe des centaines de technologies et de pratiques pour réduire les émissions de GES des secteurs du bâtiment, des transports et de l'industrie. Ces options de rendement énergétique sont responsables de plus de la moitié du potentiel total de réduction des émissions de ces secteurs. L'utilisation plus efficace des matériaux (notamment le recyclage) revêtira aussi de plus en plus d'importance à plus long terme. Le secteur de l'approvisionnement et de la conversion d'énergie restera dominé par des combustibles fossiles abondants et bon marché. Il existe néanmoins d'intéressantes possibilités de réduire les émissions grâce au passage du charbon au gaz naturel, à l'amélioration du rendement de conversion des centrales électriques, à la multiplication des usines de cogénération répartie dans l'industrie, les édifices commerciaux et les institutions et à la récupération et au piégeage du CO<sub>2</sub>. Le maintien en service des usines nucléaires (notamment la prolongation de leur cycle de vie) et l'utilisation de sources d'énergie renouvelables pourraient permettre d'éviter une hausse des émissions résultant de la combustion de combustibles fossiles. La biomasse tirée des produits dérivés et des déchets comme les gaz de décharges contrôlées représente une source d'énergie sans doute importante qui pourra être complétée par des cultures énergétiques là où les sols et l'eau s'y prêtent. L'énergie éolienne et l'hydroélectricité apporteront également leur contribution, plus que l'énergie solaire en raison de ses coûts relativement élevés. On a déjà réussi à réduire les émissions de N<sub>2</sub>O et de GES fluorés grâce à d'importants progrès technologiques. On a aussi amélioré les procédés, les méthodes de confinement et de récupération et l'on s'est mis à utiliser d'autres composés et technologies. D'autres réductions sont possibles, notamment dans les émissions résultant des procédés de production de mousses isolantes et de semi-conducteurs et des produits dérivés de l'aluminium et des HCFC-22. La possibilité d'améliorer l'efficacité énergétique de l'utilisation de gaz fluorés est d'une ampleur analogue aux réductions des émissions directes. Le piégeage du carbone par les sols, le contrôle du CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique et le travail de conservation du sol sont autant de moyens d'atténuer les émissions de GES du secteur agricole.

Mais il faut des politiques bien ciblées pour réaliser ce potentiel. En outre, on s'attend à ce que les activités de recherche et développement en cours élargissent de manière significative la gamme de technologies qui offrent des possibilités de réduire les émissions. Pour réaliser le potentiel exposé au tableau TS 1, il faudra poursuivre ces activités de R&D et mettre en place des mesures de transfert de technologie. Le fait d'équilibrer les activités d'atténuation dans les divers secteurs avec d'autres objectifs, comme ceux qui ont un rapport avec le DED, est indispensable à leur efficacité.



## 4 Potentiel technologique et économique des options visant à renforcer, maintenir et gérer les réservoirs de carbone biologique et géo-ingénierie

### 4.1 Atténuation par l'aménagement des écosystèmes terrestres et des terres

Les forêts, les terres agricoles et les autres écosystèmes terrestres offrent d'importantes possibilités d'atténuation, même si celles-ci ne sont souvent que provisoires. La conservation et le piégeage offrent un sursis qui permet l'élaboration et la mise en œuvre d'autres options. Selon le DRE du GIEC, entre 60 et 87 GtC peuvent être conservées ou piégées dans les forêts d'ici 2050 et 23 à 44 GtC de plus peuvent être piégées dans les sols agricoles. L'évaluation actuelle du potentiel des options d'atténuation biologique est de l'ordre de 100 GtC (cumulatives) d'ici 2050, ce qui équivaut à entre 10 pour cent et 20 pour cent des émissions prévues de combustibles fossiles durant cette période. Cette section évalue les mesures d'atténuation biologique dans les écosystèmes terrestres en se concentrant sur le potentiel d'atténuation, les contraintes écologiques et environnementales, l'aspect économique et les paramètres sociaux. Elle analyse également brièvement les soi-disant options de géo-ingénierie.

L'accroissement des bassins de carbone par la gestion des écosystèmes terrestres ne peut que partiellement compenser les émissions de combustibles fossiles. De plus, de plus grandes réserves de carbone font planer la menace à venir d'une hausse des émissions de CO<sub>2</sub>, en cas d'interruption dans les pratiques de conservation du carbone. Par exemple, l'abandon de la lutte contre les feux de forêt ou le retour à un travail intensif du sol en agriculture risquent d'entraîner une déperdition rapide d'au moins une partie du carbone accumulé les années antérieures. Toutefois, l'utilisation comme combustible de la biomasse ou du bois aux dépens de matériaux à plus forte intensité énergétique offre la possibilité d'atténuer de manière permanente les émissions de carbone. Il faut évaluer les possibilités de piégeage terrestre parallèlement aux stratégies de réduction des émissions, car les deux méthodes seront sans doute nécessaires pour contrôler les concentrations de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

Dans la plupart des écosystèmes, les réservoirs de carbone finissent par approcher d'un seuil maximum. La quantité totale de carbone stockée et/ou d'émissions de carbone évitées grâce à un projet de gestion forestière à un moment donné dépend des pratiques d'aménagement particulières (voir figure TS 6). C'est ainsi qu'un écosystème dont le carbone a été épuisé par des phénomènes antérieurs peut avoir un taux potentiel élevé d'accumulation du carbone, tandis qu'un écosystème possédant de vastes bassins de carbone a généralement un faible taux de piégeage du carbone. Tandis qu'un écosystème finit par approcher de son niveau maximum de carbone, le puits (c'est-à-dire le taux de variation du bassin) diminue. Bien que le taux de

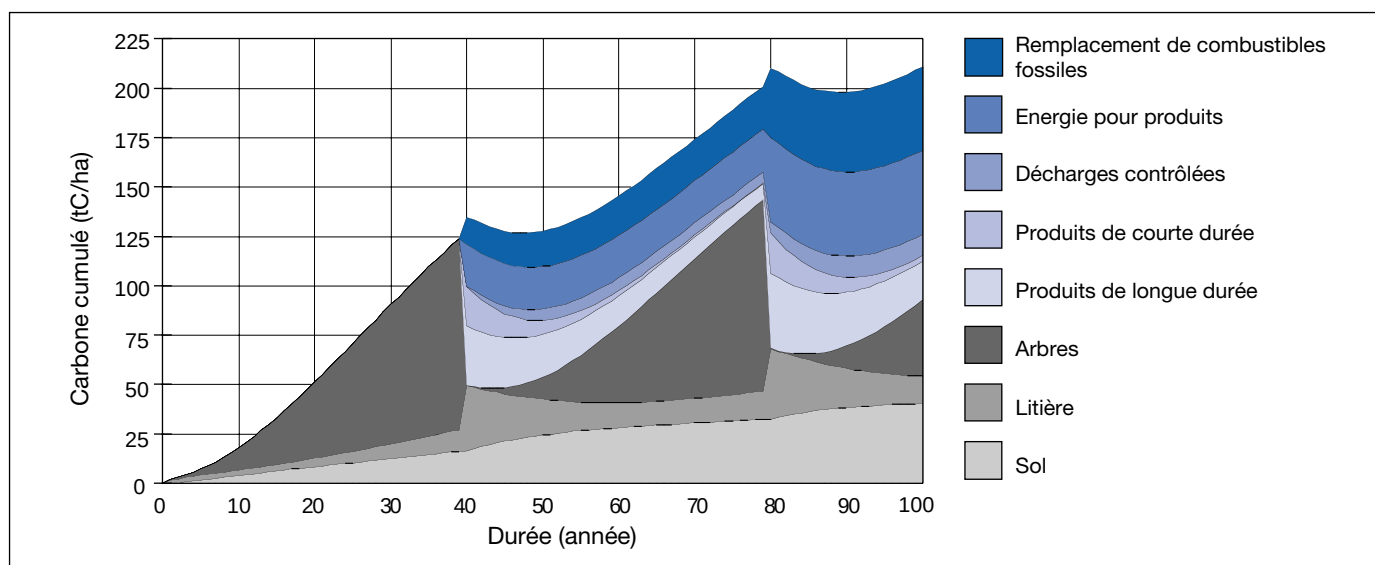
piégeage et le bassin de carbone puissent être relativement élevés à certains stades, il est impossible de les maximiser simultanément. Ainsi, les stratégies de gestion d'un écosystème dépendent de l'objectif final, qui peut être de renforcer l'accumulation à court terme ou de maintenir les réservoirs de carbone dans le temps. L'équilibre écologique atteignable entre les deux objectifs est limité par les antécédents de perturbation, la productivité du site et l'échéancier cible. Par exemple, il se peut que les options visant à maximiser le piégeage d'ici 2010 ne le maximisent pas avant 2020 ou 2050; dans certains cas, la maximisation du piégeage d'ici 2010 risque de se traduire par un stockage plus faible du carbone avec le temps.

L'efficacité des stratégies d'atténuation du carbone et la sûreté des bassins de carbone élargis seront touchées par les changements futurs qui se produiront à l'échelle planétaire, même s'il faut s'attendre à ce que les incidences de ces changements varient selon la région géographique, le type d'écosystème et la capacité d'adaptation locale. Par exemple, les hausses de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, les changements climatiques, la modification des cycles des éléments nutritifs et l'altération des régimes (perturbations naturelles ou d'origine anthropique) sont autant de phénomènes qui peuvent avoir des effets négatifs ou positifs sur les bassins de carbone dans les écosystèmes terrestres.

Par le passé, l'aménagement des terres a souvent entraîné une baisse des bassins de carbone, même si, dans bien des régions comme l'Europe occidentale, les bassins de carbone se sont aujourd'hui stabilisés et qu'ils commencent même à se reconstituer. Dans la plupart des pays des régions tempérées et boréales, les forêts reprennent du terrain, même si les bassins actuels de carbone sont encore réduits par rapport à ceux qui prédominaient à l'époque préindustrielle ou dans la préhistoire. Si la reconstitution complète des bassins de carbone préhistoriques est peu probable, il est néanmoins possible que ces stocks augmentent de manière appréciable. Selon les statistiques de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU), l'augmentation annuelle nette moyenne a surpassé les coupes dans les forêts boréales et tempérées sous gestion au début des années 1990. Par exemple, les stocks de carbone dans la biomasse des arbres verts ont augmenté de 0,17 GtC/an aux États-Unis et de 0,11 GtC/an en Europe occidentale, absorbant près de 10 pour cent des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> d'origine fossile durant cette période. Même si ces estimations ne tiennent pas compte des changements survenus dans la litière et les sols, elles témoignent de l'importance et de l'évolution du rôle que les terres émergées jouent dans le bilan du carbone atmosphérique. Le renforcement de ces bassins de carbone offre d'intéressantes possibilités d'atténuation des changements climatiques.

Dans certains pays tropicaux cependant, la déperdition nette moyenne des stocks de carbone forestier se poursuit, même si les taux de déboisement ont peut-être légèrement baissé depuis 10 ans. Sur les terres agricoles, il est désormais possible de récupérer une partie du carbone perdu durant le processus de conversion des terres boisées ou des prairies.





**Figure TS 6 :** Bilan du carbone résultant d'un projet hypothétique d'aménagement forestier

Note : Cette figure illustre les changements qui surviennent dans le bilan cumulatif du carbone dans le cadre d'un scénario présupposant le boisement et la récolte d'un amalgame de produits forestiers traditionnels, une partie de la récolte étant utilisée comme combustible. Les valeurs sont indicatives de ce que l'on pourrait observer dans le sud-est des Etats-Unis ou en Europe centrale. La régénération permet la restauration du carbone dans la forêt et le peuplement forestier (hypothétique) est exploité tous les 40 ans, une partie de la litière étant laissée au sol, où elle se décompose, tandis que les produits s'accumulent ou qu'ils sont éliminés dans des décharges contrôlées. Il s'agit là de changements nets au sens où, par exemple, le schéma illustre les réductions des émissions de combustibles fossiles par rapport à un autre scénario qui utilise des combustibles fossiles et d'autres produits à plus forte intensité énergétique pour fournir les mêmes services.

## 4.2 Paramètres sociaux et économiques

Les terres sont une ressource précieuse et limitée que chaque pays affecte à quantité d'usages. Le rapport qui existe entre les stratégies d'atténuation des changements climatiques et d'autres utilisations des terres peut être compétitif, neutre ou symbiotique. Une analyse de la documentation porte à croire que les stratégies d'atténuation du carbone peuvent être utilisées comme élément des stratégies plus détaillées visant le développement durable, dont l'un des nombreux objectifs est une augmentation des stocks de carbone. Il est souvent possible d'adopter des mesures en foresterie, en agriculture et dans d'autres utilisations des terres pour atténuer les émissions de carbone tout en faisant avancer d'autres objectifs sociaux, économiques et environnementaux. Les stratégies d'atténuation du carbone peuvent ajouter de la valeur et des recettes à la gestion des terres et au développement rural. Les solutions et les cibles locales peuvent être adaptées aux priorités du développement durable à l'échelle nationale, régionale et mondiale.

Pour assurer l'efficacité et la durabilité des activités d'atténuation du carbone, il faut les équilibrer avec d'autres objectifs écologiques et/ou environnementaux, économiques et sociaux se rattachant à l'utilisation des terres. Quantité de stratégies d'atténuation biologique peuvent être neutres ou propices aux trois objectifs et être acceptées comme des solutions "sans regrets" ou "favorables à toutes les parties en présence". Dans d'autres cas, des compromis peuvent être nécessaires. Au nombre des effets environnementaux possibles, il faut mentionner les incidences sur la biodiversité, sur la quantité et la qualité des ressources hydriques (particulièrement là où elles sont déjà rares) et les incidences à

long terme sur la productivité des écosystèmes. Les incidences environnementales, économiques et sociales cumulatives peuvent être évaluées dans le cadre de chaque projet et également dans une optique nationale et internationale élargie. Un problème important réside dans les "transferts d'émissions" – ce qui signifie qu'un bassin de carbone élargi ou conservé dans une région se traduit par une augmentation des émissions ailleurs. L'acceptation sociale à l'échelle locale, nationale et mondiale peut également influencer sur l'efficacité de la mise en œuvre des politiques d'atténuation.

## 4.3 Options d'atténuation

Dans les régions tropicales, il existe de nombreuses possibilités d'atténuation du carbone, même si celles-ci ne peuvent être considérées indépendamment des politiques plus générales qui concernent la foresterie, l'agriculture et d'autres secteurs. De plus, les options varient selon la situation sociale et économique : dans certaines régions, le ralentissement ou la cessation des activités de déboisement représentent la principale possibilité d'atténuation; dans d'autres, là où les rythmes de déboisement ont baissé pour atteindre des niveaux marginaux, l'amélioration des pratiques d'aménagement naturel des forêts, le boisement et le reboisement des forêts et des friches dégradées sont les possibilités les plus intéressantes. Toutefois, le potentiel actuel d'atténuation<sup>11</sup> est souvent faible et il n'y a pas toujours suffisamment de ressources terrestres et hydriques.

<sup>11</sup> Potentiel d'atténuation : structures et conditions sociales, politiques et économiques nécessaires à une atténuation efficace.

Les pays non tropicaux ne manquent pas eux non plus de possibilités de préserver les bassins de carbone existants, de les renforcer ou d'utiliser la biomasse pour contrebalancer l'utilisation des combustibles fossiles. Comme exemples de stratégies, mentionnons la lutte contre les incendies ou la lutte phytosanitaire, la conservation des forêts, l'établissement de peuplements à croissance rapide, la modification des pratiques sylvicoles, la plantation d'arbres dans les zones urbaines, l'amélioration des méthodes de gestion des déchets, l'aménagement des terres agricoles en vue de stocker une plus grande quantité de carbone dans les sols, l'amélioration de l'aménagement des pâturages et la replantation de graminées ou d'arbres sur les terres cultivées.

Les produits ligneux et autres produits biologiques jouent plusieurs rôles importants dans l'atténuation du carbone : ils tiennent lieu de réservoir du carbone; ils peuvent remplacer les matériaux de construction qui nécessitent une plus grande consommation de combustibles fossiles; et ils peuvent être brûlés à la place des combustibles fossiles comme sources d'énergie renouvelables. Les produits ligneux contribuent déjà quelque peu à l'atténuation des changements climatiques, mais, si l'on établit les infrastructures et les incitations qu'il faut, il se peut alors que les produits ligneux et agricoles deviennent un élément vital de l'économie durable : ce sont parmi les rares ressources renouvelables disponibles à grande échelle.

#### 4.4 Critères relatifs aux options d'atténuation du carbone biologique

Pour élaborer des stratégies qui contribuent à atténuer le CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et à atteindre d'autres objectifs d'égale importance, il faut tenir compte des critères suivants :

- contribution possible aux bassins de carbone dans le temps;
- durabilité, sûreté, résilience, permanence et résistance du bassin de carbone maintenu ou créé;
- compatibilité avec d'autres objectifs d'utilisation des terres;
- questions de transfert d'émission et d'additionnalité;
- coûts économiques;
- impacts sur l'environnement en dehors de l'atténuation des changements climatiques;
- questions sociales, culturelles et communes, de même que les questions d'équité;
- effets du système sur les flux énergétiques de carbone dans le secteur de l'énergie et des matériaux.

Il se peut que les activités entreprises pour d'autres raisons renforcent le potentiel d'atténuation. Comme exemple manifeste, il faut citer la diminution des rythmes de déboisement dans les pays tropicaux. De plus, étant donné que les pays riches ont généralement un domaine forestier stable, on peut affirmer que

le développement économique dépend d'activités qui contribuent à remplir les réservoirs de carbone forestier.

#### 4.5 Coûts économiques

La plupart des études portent à croire que les coûts économiques de certaines options d'atténuation du carbone biologique, en particulier les options forestières, sont plutôt modérés selon tout un éventail. Les coûts estimatifs des options d'atténuation biologique signalés à ce jour varient de 0,1 \$US/tC à environ 20 \$US/tC dans plusieurs pays tropicaux et de 20 \$US/tC à 100 \$US/tC dans les pays non tropicaux. En outre, le calcul des coûts ne tient pas compte dans bien des cas des coûts des infrastructures, des taux d'actualisation, de la surveillance appropriée, de la collecte et de l'interprétation des données, ainsi que des coûts de substitution des terres et d'entretien, ou d'autres coûts récurrents, qui sont souvent exclus ou carrément omis. Les minima des plages dévient vers le bas, même si la compréhension et le traitement des coûts s'améliorent avec le temps. En outre, dans bien des cas, les activités d'atténuation biologique peuvent avoir d'autres effets positifs, notamment la protection des forêts tropicales ou la création de nouvelles forêts qui ont des effets positifs sur l'environnement extérieur. Toutefois, les coûts augmentent à mesure qu'un plus grand nombre d'options d'atténuation biologique sont exercées et que les coûts de substitution des terres augmentent. Les coûts d'atténuation biologique semblent être particulièrement bas dans les pays en développement et atteindre leur maximum dans les pays développés. Si les activités d'atténuation biologique sont modérées, il y a de fortes chances pour que les transferts d'émissions soient peu importantes. Toutefois, ces transferts risquent d'augmenter si les activités d'atténuation biologique se généralisent.

#### 4.6 Écosystèmes marins et géo-ingénierie

Les écosystèmes marins offrent sans doute aussi des possibilités d'absorber du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. Les stocks actuels de carbone dans la biosphère marine sont infimes, et les efforts pourraient non pas viser à accroître les stocks de carbone biologique, mais plutôt à utiliser des procédés biosphériques pour absorber du carbone de l'atmosphère et le transporter vers le fond de l'océan. Quelques expériences préliminaires ont eu lieu, mais il reste des questions fondamentales à résoudre sur la permanence et la stabilité des absorptions du carbone et sur les conséquences non intentionnelles des manipulations à grande échelle nécessaires pour que cela ait un effet significatif sur l'atmosphère. En outre, on n'a pas encore calculé le coût économique de ces méthodes.

La géo-ingénierie désigne les efforts visant à stabiliser le système climatique en gérant directement le bilan énergétique de la Terre, permettant ainsi de surmonter l'effet de serre accru. Même s'il semble possible de manipuler le bilan énergétique terrestre, les connaissances que l'être humain possède du système sont encore rudimentaires. Les risques de conséquences imprévues sont grands, et il se peut qu'il soit même impossible de manipuler la distribution régionale de la température, des

précipitations, etc. La géo-ingénierie soulève des questions scientifiques et techniques de même que quantité de questions éthiques, juridiques et d'équité. Et pourtant, quelques recherches fondamentales paraissent de mise.

Dans la pratique, d'ici 2010, l'utilisation des terres, le changement d'utilisation des terres et la foresterie risquent d'aboutir à une importante atténuation des émissions de CO<sub>2</sub>. Bon nombre de ces activités sont compatibles avec d'autres objectifs de l'aménagement des terres ou leur sont complémentaires. Les effets globaux d'une altération des écosystèmes marins pour qu'ils agissent à la manière de puits du carbone ou d'une utilisation des techniques de la géo-ingénierie pour atténuer les changements climatiques demeurent des inconnues et ne se prêtent donc pas à une application à court terme.

## 5 Obstacles, possibilités et potentiel de marché des technologies et des pratiques

### 5.1 Introduction

Le transfert de technologies et de pratiques qui offrent la possibilité de réduire les émissions de GES est souvent entravé par des obstacles<sup>12</sup> qui ralentissent leur pénétration. La possibilité<sup>13</sup> d'atténuer les concentrations de GES en supprimant ou en modifiant les obstacles ou en accélérant la propagation des technologies peut être perçue dans le contexte de différentes possibilités d'atténuation des GES (figure TS 7). Si l'on commence par le bas, on peut s'occuper des obstacles (souvent désignés comme échecs du marché) qui ont un rapport avec les marchés, les politiques publiques et d'autres institutions qui entravent la propagation des technologies qui sont (ou dont on prévoit qu'elles seront) rentables pour les utilisateurs sans faire allusion aux retombées qu'elles peuvent avoir sur les GES. L'amélioration de cette catégorie d'"imperfections du marché et des institutions" augmentera les possibilités d'atténuation des GES au niveau appelé "potentiel économique". Le potentiel économique désigne le niveau d'atténuation des GES réalisable advenant l'adoption de toutes les technologies rentables dans l'optique des consommateurs. Etant donné que le potentiel économique est évalué dans l'optique des consommateurs, il faut évaluer la rentabilité en utilisant les prix du marché et les taux privés d'actualisation à terme, tout en tenant compte des préférences des consommateurs au sujet de l'acceptabilité des caractéristiques de rendement des technologies.

Bien entendu, l'élimination de ces obstacles institutionnels et commerciaux n'entraînera pas la diffusion des technologies au niveau du "potentiel technique". Les obstacles résiduels qui définissent

l'écart entre le potentiel économique et le potentiel technique sont utilement répartis entre deux groupes séparés par un potentiel socio-économique. Le premier groupe comprend les obstacles résultant des préférences des gens et d'autres obstacles sociaux et culturels à la propagation des nouvelles technologies. Cela veut dire que, même si l'on arrive à éliminer les obstacles institutionnels et commerciaux, il se peut que certaines technologies d'atténuation des GES ne soient guère utilisées pour la simple raison que les gens ne les aiment pas, qu'ils sont trop pauvres pour se les offrir ou parce que les forces sociales et culturelles existantes militent contre leur acceptation. Si, en plus de surmonter les obstacles institutionnels et commerciaux, le deuxième groupe d'obstacles peut être surmonté, on parvient alors à ce que l'on désigne par l'expression de "potentiel socio-économique". C'est ainsi que le potentiel socio-économique représente le niveau d'atténuation des GES dont on peut s'approcher en surmontant les obstacles sociaux et culturels à l'utilisation des technologies rentables.

Enfin, même si on supprimait tous les obstacles commerciaux, institutionnels, sociaux et culturels, l'utilisation de certaines technologies risque de ne pas se généraliser pour la simple raison qu'elles coûtent trop cher. L'élimination de cette exigence nous amène donc au niveau du "potentiel technologique", qui désigne le niveau maximum technologiquement réalisable d'atténuation des GES par la propagation d'une technologie.

La question se pose alors de savoir comment traiter les coûts environnementaux relatifs de différentes technologies dans ce contexte. Etant donné que l'objectif de l'exercice est en définitive de déterminer les possibilités de politiques visant à atténuer les changements climatiques planétaires, les possibilités technologiques sont définies sans égard à leurs incidences sur les GES. Les coûts et avantages qui se rattachent à d'autres impacts environnementaux font partie intégrante du calcul de la rentabilité des possibilités économiques sous-jacentes, uniquement dans la mesure où les règlements ou les politiques environnementaux en vigueur internalisent ces effets et les imposent par là même aux consommateurs. Il se peut que les effets plus profonds ne soient pas connus des consommateurs et qu'ils n'entrent pas par conséquent dans le calcul du potentiel économique, même s'ils sont incorporés dans le calcul de la rentabilité sociale. C'est ainsi que, dans la mesure où d'autres avantages environnementaux rendent certaines technologies socialement rentables, même si elles ne le sont pas dans l'optique des consommateurs, les retombées sur les GES de la propagation de ces technologies seront incorporées dans le potentiel socio-économique.

### 5.2 Origine des obstacles et des possibilités

L'innovation technologique et sociale est un processus complexe de recherche, d'expérimentation, d'apprentissage et de développement susceptible de contribuer à l'atténuation des GES. Plusieurs théories et modèles ont été élaborés pour en comprendre les caractéristiques, les éléments moteurs et les implications. De nouvelles connaissances et un nouveau capital humain pourraient découler des dépenses consacrées à la R&D et de l'apprentissage par la pratique et/ou d'aboutir à un processus

<sup>12</sup> Un obstacle désigne toute difficulté qui s'oppose à la réalisation d'un potentiel et qui peut être surmontée par une politique, un programme ou une mesure.

<sup>13</sup> Situation ou circonstance permettant de réduire l'écart entre le potentiel de marché d'une technologie ou d'une méthode et le potentiel économique, socio-économique ou technologique.

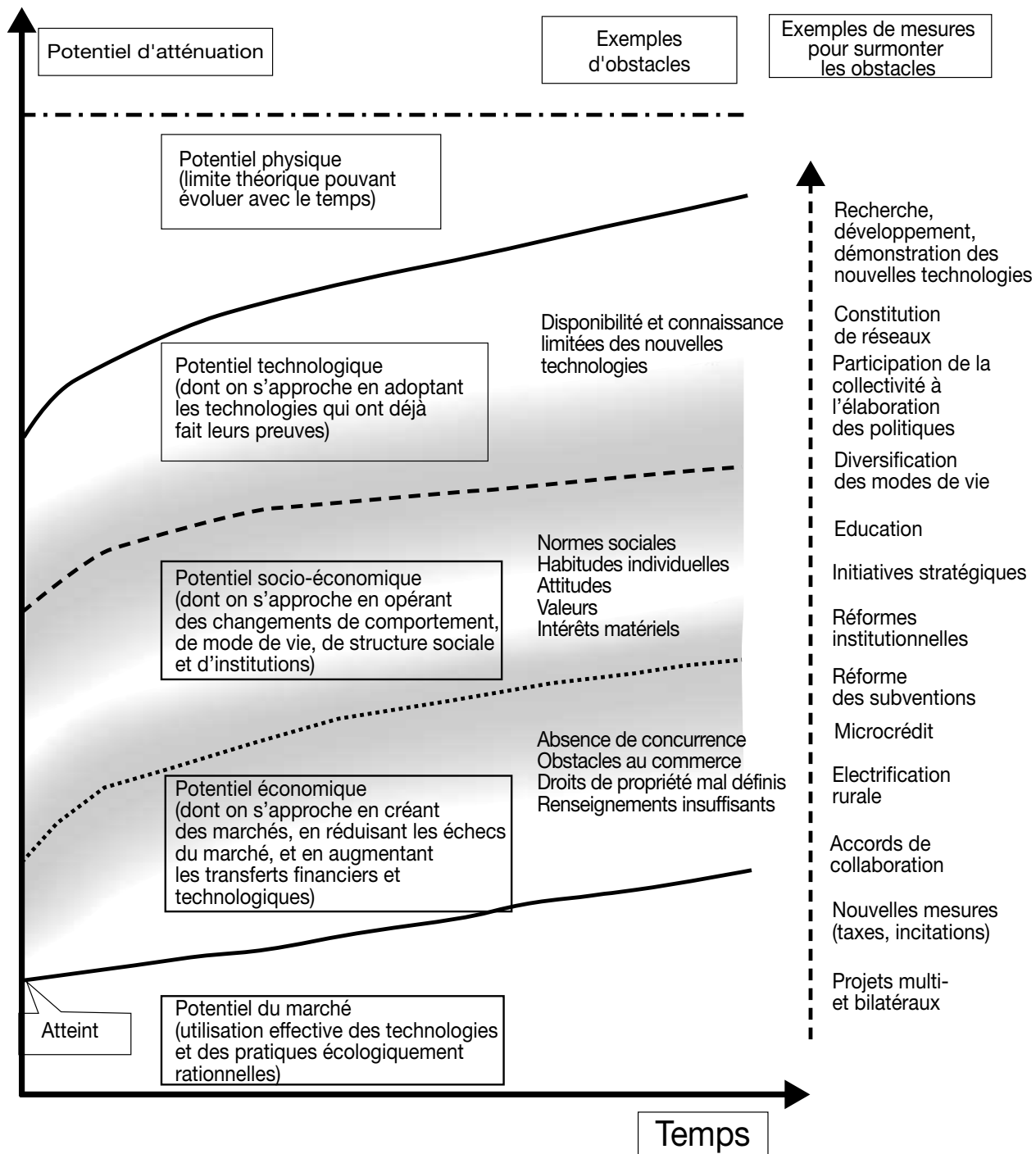


Figure TS 7 : Pénétration des technologies écologiquement rationnelles : cadre conceptuel

évolutif. La plupart des innovations nécessitent des changements d'ordre social ou comportemental de la part des utilisateurs. Les économies qui évoluent rapidement, de même que les structures sociales et institutionnelles, présentent des possibilités de retenir des technologies d'atténuation des GES grâce auxquelles certains pays s'engageront sur le chemin du développement durable. Les itinéraires dépendront de la conjoncture socio-économique particulière qui reflète les prix, le financement, le commerce

international, la structure des marchés, les institutions, la fourniture de renseignements et des facteurs sociaux, culturels et comportementaux, dont les principaux éléments sont décrits ci-après.

**L'instabilité de la conjoncture macroéconomique** augmente les risques encourus par les investissements privés et les finances. Une politique gouvernementale fiscale et d'emprunt manquant de prudence aboutit à des déficits publics chroniques et à de faibles

liquidités dans le secteur privé. Les pouvoirs publics peuvent également créer des incitatifs microéconomiques pervers propices à des activités de maximisation de la rente et de corruption, plutôt que d'une utilisation efficace des ressources. Les obstacles au commerce qui militent en faveur des technologies inefficaces ou qui empêchent d'avoir accès à des technologies étrangères ralentissent la propagation des technologies. L'aide conditionnelle continue de dominer l'aide officielle au développement. Cela fausse l'efficacité des choix technologiques et risque d'encombrer les modèles fonctionnels viables.

**Les établissements de financement commercial** s'exposent à des risques élevés lorsqu'ils conçoivent des produits financiers "verts". Les technologies écologiquement rationnelles s'appliquant à des projets de taille relativement réduite assortis de longs délais de remboursement dissuadent les banques en raison des coûts de transaction élevés. La valeur de prêt étant réduite, il est difficile d'utiliser des instruments de financement, comme le financement des projets. Parmi les méthodes novatrices adoptées par le secteur privé pour venir à bout de ces problèmes, mentionnons la location-bail, les banques environnementales et éthiques, les microcrédits ou les établissements de microfinancement qui visent les foyers à faible revenu, les fonds pour l'environnement, les entreprises de service écoénergétiques (ESCO) et les capitaux risque "verts". Le secteur de l'assurance a déjà commencé de réagir aux risques qui se rattachent aux changements climatiques. Les nouveaux établissements financiers "verts", comme les fonds de placement forestier, ont exploité les possibilités commerciales en cherchant à saisir la valeur des forêts sur pied.

**Les prix faussés ou incomplets** constituent également d'importants obstacles. L'absence d'un prix du marché de certaines incidences (externalités), comme les dégâts causés à l'environnement, constitue un obstacle à la propagation des technologies bénéfiques pour l'environnement. La distorsion des prix attribuable aux taxes, aux subventions ou à d'autres interventions stratégiques qui font que les ressources consommées coûtent plus ou moins cher aux consommateurs empêche également la propagation des technologies qui contribuent à conserver les ressources.

**Les facteurs extérieurs au réseau** peuvent aussi ériger des obstacles. Certaines technologies fonctionnent de telle manière que les équipements d'un utilisateur donné interagissent avec les équipements d'autres utilisateurs, créant ainsi des "facteurs extérieurs au réseau". Par exemple, l'attrait des véhicules qui utilisent des carburants de remplacement dépend de l'existence de sites de ravitaillement pratiques. En revanche, l'établissement d'infrastructures de distribution de l'essence dépend de la demande de véhicules utilisant des carburants de remplacement.

**Des incitations déplacées** peuvent survenir entre propriétaires et locataires lorsque le locataire doit assumer les coûts mensuels du combustible et/ou de l'électricité et que le propriétaire a tendance à lui fournir les équipements le meilleur marché sans égard à la consommation d'énergie mensuelle. On se heurte à des problèmes de même nature lorsque des entreprises achètent des véhicules qui sont utilisés par leurs employés.

**Intérêts matériels** : un obstacle de taille à la propagation des progrès techniques réside dans les intérêts matériels qui se spécialisent dans les technologies classiques et qui peuvent donc être tentés de s'associer ou d'exercer des pressions politiques sur les gouvernements pour qu'ils imposent des procédures administratives, des taxes, des obstacles au commerce et des règlements afin de retarder ou même d'empêcher l'arrivée de nouvelles innovations qui risquent de détruire leurs loyers.

**Le manque d'organismes de réglementation efficaces** empêche l'entrée en service de technologies écologiquement rationnelles. De nombreux pays ont d'excellentes dispositions constitutionnelles et juridiques pour protéger l'environnement, mais ces dernières sont rarement appliquées. Cependant, les "règlements officieux" résultant des pressions communautaires exercées, par exemple, par les organisations non gouvernementales (ONG), les syndicats, les associations de quartier, etc., peuvent remplacer les pressions réglementaires officielles.

**Les informations** sont souvent considérées comme un bien public. Les informations génériques relatives à la disponibilité de différents types de technologies et à leurs caractéristiques de rendement peuvent présenter les caractéristiques d'un "bien public" et, par conséquent, faire l'objet d'une diffusion insuffisante par le marché privé. Ce problème est aggravé par le fait que, même après l'entrée en service et l'utilisation d'une technologie, il est souvent difficile de quantifier les économies d'énergie résultant de son installation à cause d'erreurs de mesure et de la difficulté que posent les problèmes de base. Le fait de savoir que cette incertitude risque de persister peut en soi entraver la propagation des technologies.

**Les modes de vie, les comportements et les modes de consommation actuels** se sont développés dans les contextes socioculturels actuels et historiques. Les changements qui surviennent dans le comportement et les modes de vie peuvent résulter d'un certain nombre de processus inextricablement liés, comme :

- les progrès scientifiques, technologiques et économiques;
- l'évolution des points de vue mondiaux prédominants et du discours public;
- l'évolution des rapports entre les institutions, les alliances politiques ou les réseaux de protagonistes;
- les changements qui surviennent dans les structures sociales ou les rapports au sein des entreprises et des ménages;
- l'évolution des motivations psychologiques (par exemple commodité, prestige social, carrière, etc.).

Les obstacles revêtent diverses formes en fonction de chacun des processus ci-dessus.

Dans certains cas, l'élaboration des politiques repose sur un modèle de psychologie humaine qui a fait l'objet de nombreuses critiques. On présume que les gens désirent rationnellement maximiser leur bien-être et qu'ils ont un ensemble de valeurs



immuables. Un tel modèle n'explique pas les processus comme l'apprentissage, l'accoutumance, la formation des valeurs ou la rationalité limitée que l'on observe dans les choix de l'être humain. Les structures sociales peuvent toucher la consommation, notamment par l'association entre certains objets et le statut ou la classe sociale. L'adoption par les individus de modes de consommation plus durables dépend non seulement de l'appariement entre ces modes et leurs besoins perçus, mais aussi de la mesure dans laquelle ils comprennent leurs options de consommation et où ils sont en mesure d'opérer des choix.

**L'Incertitude** est aussi un obstacle important. Un consommateur peut être incertain quant aux prix futurs de l'énergie et, par conséquent, aux économies d'énergie futures. Par ailleurs, la prochaine génération d'équipements peut être empreinte d'incertitude; par exemple, verra-t-on apparaître l'an prochain un modèle meilleur marché ou supérieur? Dans la prise de décisions pratiques, un obstacle se rattache souvent à la question des coûts irrécupérables et à la longue durée de vie des infrastructures, et à l'irréversibilité connexe des investissements dans les infrastructures non interchangeables.

### 5.3 Obstacles et possibilités propres à chaque secteur et technologie

La section qui suit donne une description des obstacles et des possibilités propres à chaque secteur d'atténuation (voir également tableau TS 2).

**Bâtiment** : les pauvres de chaque pays sont nettement plus touchés que les riches par les obstacles érigés dans ce secteur, en raison de leur difficulté d'accès au financement, du faible taux d'alphabétisation, du respect des us et coutumes traditionnels et de la nécessité de consacrer une part plus importante de leur revenu pour subvenir à leurs besoins de base, notamment leurs achats de combustible. Parmi les autres obstacles qui touchent ce secteur, mentionnons la pénurie de compétences et les obstacles sociaux, les incitations déplacées, la structure du marché, la lente rotation des stocks, la situation administrative des prix et l'imperfection des informations. La conception intégrée des édifices dans le domaine de la construction résidentielle pourrait aboutir à des économies d'énergie de 40 pour cent à 60 pour cent qui, à leur tour, pourraient se traduire par une baisse du coût de la vie (section 3.3.4).

Les politiques, les programmes et les mesures visant à éliminer les obstacles et à réduire les coûts énergétiques, la consommation d'énergie et les émissions de carbone dans les édifices résidentiels et commerciaux se rangent en dix grandes catégories : les initiatives bénévoles, les normes d'efficacité énergétique des édifices, les normes d'efficacité des équipements, les programmes de transformation des marchés d'Etat, le financement, les achats gouvernementaux, les crédits d'impôt, la planification énergétique (production, distribution et utilisation finale) et l'accélération des activités de R&D. Le financement abordable par le crédit est généralement reconnu en Afrique comme l'une des mesures cruciales pour éliminer l'obstacle des coûts de revient élevés. La piètre gestion macroéconomique qui résulte de l'instabilité de la conjoncture

économique aboutit fréquemment à des dispositions financières contraignantes et à des obstacles encore plus difficiles à surmonter. Etant donné que beaucoup des obstacles peuvent être observés simultanément dans la chaîne d'innovation d'un investissement ou d'une mesure organisationnelle visant le rendement énergétique, les mesures stratégiques doivent généralement être prises ensemble pour réaliser le potentiel économique d'une technologie donnée.

**Transports** : l'automobile est généralement perçue dans nos sociétés modernes comme un élément de liberté, de mobilité et de sécurité, un symbole de situation et d'identité personnelles et comme l'un des produits les plus importants de l'économie industrielle. Plusieurs études ont démontré que les gens qui vivent dans les villes plus compactes à forte densité de population utilisent moins l'automobile, mais il n'est pas facile, même si l'on tient compte des problèmes causés par les embouteillages, d'endiguer l'étalement des villes au profit de villes compactes, comme le préconisent certains documents. L'intégration de l'urbanisme et de la planification des transports et l'utilisation d'incitations jouent un rôle crucial sur le plan du rendement énergétique et des économies d'énergie dans le secteur des transports. Voilà un secteur où les effets restrictifs revêtent une extrême importance : lorsque les modes d'utilisation des terres ont été choisis, il est difficile de faire marche arrière. Cela représente une occasion, en particulier dans le monde en développement.

Les taxes sur les carburants dans le secteur des transports sont d'usage courant, même si elles se sont révélées très impopulaires dans certains pays, surtout lorsqu'elles sont perçues comme des mesures d'accroissement des recettes. Les péages imposés aux usagers de la route sont d'autant mieux acceptés qu'ils contribuent à couvrir les coûts des services de transport. Même si les camions et les automobiles peuvent faire l'objet de possibilités et d'obstacles différents en raison des différences qui marquent leur utilisation et les distances de déplacement, une politique fiscale qui évalue le coût intégral des émissions de GES aurait le même impact sur la réduction du CO<sub>2</sub> dans le secteur des transports routiers. Plusieurs études ont analysé la possibilité de réajuster la façon de percevoir les taxes routières, les droits de permis et les primes d'assurance et ont révélé des réductions possibles des émissions d'environ 10 pour cent dans les pays de l'OCDE. L'insuffisance du développement et de l'existence de réseaux de transport en commun commodes et efficaces stimulent l'utilisation de véhicules privés consommant moins d'énergie. Mais c'est la combinaison de politiques qui protègent les intérêts des transports routiers qui constitue le plus grand obstacle au changement, plutôt qu'un seul type d'instrument.

Les véhicules neufs et d'occasion et/ou leurs technologies s'écoulent pour la plupart des pays développés vers les pays en développement. C'est ainsi qu'une démarche mondiale visant à réduire les émissions et ciblant les technologies dans les pays développés risque d'avoir un profond impact sur les émissions futures dans les pays en développement.

**Industrie** : dans le secteur industriel, les obstacles peuvent revêtir de nombreuses formes et dépendre des caractéristiques de l'entreprise (taille et structure) et du contexte commercial. Si l'on ne

prend pas des mesures rentables d'efficacité énergétique, c'est souvent à cause du manque d'informations et des coûts de transaction élevés permettant d'obtenir des renseignements fiables. Les capitaux servent à des priorités d'investissement concurrentes et sont soumis à des taux de rendement minimal élevés pour ce qui est des investissements qui visent le rendement énergétique. La pénurie de personnel qualifié, surtout dans les petites et moyennes entreprises (PME), ne facilite pas l'installation de nouveaux équipements à bon rendement énergétique par rapport à la simplicité des achats d'énergie. Parmi les autres obstacles, il faut mentionner la difficulté à quantifier les économies d'énergie et la lenteur de propagation des technologies innovatrices sur les marchés, tandis que les entreprises sous-investissent généralement dans la R&D, en dépit du taux de rendement élevé de l'investissement.

Un vaste éventail de politiques visant à éliminer les obstacles, réels ou perçus, ont été utilisées et testées dans le secteur industriel dans les pays développés, moyennant des taux de succès variables. Les programmes d'information sont conçus pour aider les consommateurs d'énergie à comprendre et à employer des techniques et des pratiques qui contribuent à économiser l'énergie de manière plus efficace. Les types de lois sur l'environnement ont été la force motrice de l'adoption de nouvelles technologies. Parmi les nouvelles façons d'améliorer le rendement énergétique dans le secteur industriel dans les pays développés, il faut mentionner les accords volontaires (AV).

**Dans le secteur de l'approvisionnement énergétique**, pratiquement tous les obstacles génériques mentionnés à la section 5.2 limitent l'adoption de technologies et de pratiques écologiquement rationnelles. La déréglementation croissante de l'approvisionnement énergétique, même si elle le rend plus efficace, soulève des préoccupations précises. La volatilité des cours du disponible et des prix du marché, la perspective à court terme des investisseurs privés et les risques perçus des centrales nucléaires et hydroélectriques ont entraîné un déplacement des choix des carburants et des technologies au profit des centrales alimentées au gaz naturel et au pétrole aux dépens des sources d'énergie renouvelables, ce qui englobe (dans une moindre mesure) l'hydroélectricité dans quantité de pays.

La cogénération ou la production combinée d'électricité et de chaleur est beaucoup plus efficace que la production d'énergie pour chacune de ces utilisations prises individuellement. La production combinée de chaleur et d'électricité a un rapport étroit avec la disponibilité et la densité des charges calorifiques industrielles, le chauffage à distance et les réseaux de refroidissement. Or, sa généralisation est entravée par la pénurie d'informations, par la nature décentralisée de la technologie, par l'attitude des exploitants de réseaux en grille, par les conditions des réseaux coordonnés et l'absence de politiques favorisant une planification à long terme. Il faut des politiques publiques et des pouvoirs de réglementation rigoureux pour installer et assurer l'harmonisation des conditions, la transparence et le dégroupage des principales fonctions d'alimentation en électricité.

**Agriculture et foresterie** : l'absence d'un potentiel de recherche suffisant et la non-fourniture de services de vulgarisation auront pour effet d'entraver la propagation des technologies adaptées aux

circonstances locales tandis que la baisse d'influence du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI) a aggravé le problème dans les pays en développement. L'adoption de nouvelles technologies est également limitée par la petite taille des exploitations agricoles, les limites du crédit, la crainte du risque, le manque d'accès à des informations et à un capital humain, l'insuffisance des infrastructures rurales et les droits de jouissance, et par l'approvisionnement peu fiable des intrants complémentaires. Les subventions versées au titre de produits cruciaux pour l'agriculture, comme les engrais, l'approvisionnement en eau ainsi que l'électricité et les carburants, sans oublier les extrants pour maintenir la stabilité des systèmes agricoles et la distribution équitable des richesses, ont pour effet de fausser les marchés d'écoulement de ces produits.

Parmi les mesures visant à surmonter les obstacles ci-dessus, mentionnons :

- l'élargissement des plans de crédit et d'économies;
- un revirement du financement de la recherche internationale au profit de la capacité d'utilisation de l'eau, de la conception des systèmes d'irrigation, de la gestion de l'irrigation, de l'adaptation à la salinité et de l'effet des concentrations accrues de CO<sub>2</sub> sur les cultures tropicales;
- l'amélioration de la sûreté alimentaire et des systèmes de préavis en cas de catastrophe;
- l'établissement de liens institutionnels entre les pays;
- la rationalisation des prix des entrées et des sorties des produits agricoles, en tenant compte des problèmes du DED.

Le secteur forestier est pour sa part confronté à la réglementation de l'utilisation des terres et à d'autres politiques macroéconomiques qui privilégient généralement la conversion à d'autres utilisations comme l'agriculture, l'élevage de bovins en liberté et les industries urbaines. L'insécurité des modes de faire-valoir et des droits de jouissance et des subventions qui privilégient l'agriculture ou l'élevage du bétail font partie des obstacles les plus redoutables à la gestion durable des forêts et à la durabilité des mesures d'atténuation du carbone. Par rapport à l'atténuation des changements climatiques, d'autres problèmes, comme l'absence d'un potentiel technique, l'absence de crédibilité qui se rattache à l'établissement de scénarios de base d'un projet et la surveillance des stocks de carbone, constituent des difficultés majeures.

**Gestion des déchets** : l'élimination et le traitement des déchets solides et des eaux usées sont là l'origine d'environ 20 pour cent des émissions de méthane d'origine anthropique. Les principaux obstacles au transfert de technologie dans ce secteur sont le financement et le potentiel institutionnel limités, la complexité juridique et le besoin d'une participation de la collectivité. Les projets d'atténuation des changements climatiques se heurtent à d'autres obstacles dus au manque de connaissances sur la captation du CH<sub>4</sub> et la production possible d'électricité, du manque de volonté d'engager des ressources humaines supplémentaires pour

atténuer les changements climatiques et de la complexité institutionnelle supplémentaire que nécessite non seulement le traitement des déchets, mais également la production et l'approvisionnement en bioénergie. L'absence de cadres précis de réglementation et d'investissement peut présenter des défis redoutables à l'élaboration de projets.

Pour surmonter les obstacles et se prévaloir des possibilités qu'offre la gestion des déchets, il faut adopter une approche axée sur des projets multiples, dont les éléments sont les suivants :

- constitution de bases de données sur la disponibilité des déchets, leurs caractéristiques, leur distribution, leur accessibilité, les méthodes actuelles d'utilisation et/ou les technologies d'élimination et la rentabilité économique;
- un mécanisme institutionnel de transfert de technologie par un programme coordonné intéressant les établissements de R&D, les organismes de financement et le secteur privé;
- la définition du rôle des parties prenantes, notamment des autorités locales, des ménages individuels, des entreprises, des établissements de R&D et du gouvernement.

**Considérations régionales :** l'évolution des régimes planétaires offre la possibilité d'adopter des technologies et des pratiques d'atténuation des GES concordant avec les objectifs du DED. Cependant, une culture de subventions énergétiques, d'inertie institutionnelle, de marchés financiers morcelés, d'intérêts matériels, etc. érige des obstacles de taille à leur adoption et pose sans doute des problèmes particuliers dans les pays en développement et les PET. La situation qui prévaut dans ces deux groupes de pays réclame une analyse plus approfondie des obstacles et des possibilités d'ordre commercial, institutionnel, financier et de revenu, des prix faussés et des lacunes d'information. Dans les pays développés, d'autres obstacles, comme le mode de vie actuel et les modes de consommation à forte intensité de carbone, les structures sociales, les facteurs extérieurs au réseau et les incitations déplacées, offrent des possibilités d'intervention pour maîtriser l'augmentation des émissions de GES. Enfin, les technologies nouvelles et plus anciennes s'écoulent le plus souvent des pays développés vers les pays en développement et les économies en transition. Une approche planétaire visant à réduire les émissions qui ciblerait les technologies transférées des pays développés aux pays en développement pourrait avoir une incidence profonde sur les émissions futures.

## 6 Politiques, mesures et instruments

### 6.1 Instruments stratégiques et critères d'évaluation possibles

L'objet de cette section est d'analyser les principaux types de politiques et de mesures pouvant servir à mettre en œuvre les options visant à atténuer les concentrations nettes de GES dans l'atmosphère. Conformément à la portée définie de ce rapport, les politiques et les mesures qui peuvent servir à adopter ou à réduire les

coûts d'adaptation aux changements climatiques ne sont pas analysées. D'autres instruments stratégiques sont analysés et évalués sous l'angle de critères bien précis, tous en fonction de la documentation la plus récente. Bien sûr, on s'intéresse avant tout aux instruments mentionnés dans le Protocole de Kyoto (les mécanismes du Protocole de Kyoto), parce qu'ils sont nouveaux et qu'ils visent à limiter les émissions de GES, sans compter que leur application internationale prévue est sans précédent. En plus des dimensions économiques, on analyse l'économie politique et les éléments juridiques et institutionnels dans la mesure où ils ont un rapport avec ces politiques et mesures.

Chaque pays peut opérer un choix parmi un vaste ensemble possible de politiques, de mesures et d'instruments possibles, notamment (par ordre arbitraire) : les émissions, les taxes sur le carbone ou l'énergie, les droits négociables, les subventions, les formules de dépôt-remboursement, les accords volontaires, les droits non négociables, les normes de technologie et de rendement, les produits interdits et les dépenses publiques directes, notamment les investissements dans la R&D. De même, un groupe de pays désireux de limiter ses émissions collectives de GES peut s'engager à utiliser un ou plusieurs des moyens suivants (par ordre arbitraire) : quotas négociables, mise en œuvre conjointe, mécanisme pour un développement propre, harmonisation des émissions ou taxes sur le carbone ou l'énergie, taxe internationale sur les émissions, le carbone ou l'énergie, quotas non négociables, normes internationales de produits et/ou de technologies, accords volontaires et transferts internationaux directs de ressources financières et de technologies.

Parmi les critères possibles d'évaluation des instruments stratégiques, il faut mentionner : l'efficacité environnementale; la rentabilité; les paramètres de distribution comme les préoccupations relatives à la compétitivité; la faisabilité administrative et politique; les recettes publiques; les retombées économiques plus vastes, notamment les implications au chapitre des règles commerciales internationales; les impacts plus étendus sur l'environnement, notamment les transferts d'émissions de carbone; et les conséquences sur les changements d'attitude, la prise de conscience, l'apprentissage, l'innovation, les progrès techniques et la propagation des technologies. Chaque gouvernement peut appliquer différentes pondérations aux divers critères au moment d'évaluer les options stratégiques d'atténuation des GES, compte tenu de la situation nationale et sectorielle. De plus, un gouvernement peut appliquer des ensembles différents de pondérations aux critères lorsqu'il évalue les instruments stratégiques nationaux par rapport aux instruments stratégiques internationaux. Les actions coordonnées sont susceptibles de calmer les préoccupations relatives à la compétitivité, d'éviter les éventuels conflits avec les règles commerciales internationales et les transferts d'émissions de carbone.

La documentation économique sur le choix des politiques adoptées souligne l'importance des pressions des groupes d'intérêts et se concentre sur la demande de réglementation. Mais elle tend à négliger le "facteur de l'offre" de l'équation politique, qui revêt beaucoup d'importance dans la documentation des sciences politiques : les législateurs de même que les fonctionnaires gouvernementaux et les représentants de parti chargés de concevoir et de

mettre en œuvre les politiques de réglementation et qui décident en définitive des moyens, individuels ou collectifs, qui seront utilisés. Toutefois, le degré de conformité des autres instruments stratégiques, peu importe qu'ils soient appliqués aux utilisateurs de combustibles fossiles ou aux fabricants, par exemple, risque de revêtir une importance politiquement cruciale pour le choix du moyen d'action. Et l'on peut affirmer que certains types de règlements sont en fait bénéfiques pour les entreprises réglementées, en limitant par exemple l'entrée dans le secteur ou en imposant des coûts plus élevés aux nouveaux venus. Une politique qui impose des coûts à l'industrie dans son ensemble bénéficiera néanmoins sans doute de l'appui des entreprises qui s'en tireront mieux que leurs concurrents. Et les entreprises réglementées, bien entendu, ne sont pas les seules à avoir un intérêt dans la réglementation : les groupes d'intérêts adverses défendront leurs propres intérêts.

## 6.2 Politiques, mesures et instruments nationaux

Pour ce qui est des pays qui procèdent à des réformes structurelles, il importe de comprendre le nouveau contexte politique avant de procéder à des évaluations raisonnables de la faisabilité qu'il y a à adopter des politiques d'atténuation des GES. Les mesures prises récemment pour libéraliser les marchés énergétiques s'inspirent pour la plupart du désir de renforcer la concurrence sur les marchés de l'énergie et de l'électricité, mais elles peuvent également avoir de profondes répercussions sur les émissions, notamment sur les modes de production et de technologie de l'approvisionnement en énergie ou en électricité. A long terme, l'évolution des modes de consommation pourrait être plus importante que la seule mise en œuvre des mesures d'atténuation des changements climatiques.

Les instruments fondés sur les mécanismes du marché (principalement les taxes nationales et les systèmes nationaux de droits négociables) séduiront les gouvernements dans bien des cas en raison de leur efficacité. Ils seront souvent adoptés de concert avec des mesures réglementaires classiques. Lorsqu'ils adoptent une taxe nationale sur les émissions, les décideurs doivent tenir compte du point de perception, de l'assiette fiscale, des écarts intersectoriels, de l'association avec le commerce, de l'emploi, des recettes et de la forme exacte du mécanisme. Chacun de ces paramètres peut exercer une influence sur la conception adaptée d'une taxe nationale sur les émissions et il se peut que des préoccupations d'ordre politique ou autre entrent également en ligne de compte. Par exemple, une taxe perçue sur la teneur en énergie des carburants risque d'être beaucoup plus coûteuse qu'une taxe sur le carbone pour une réduction équivalente des émissions, vu qu'une taxe sur l'énergie majore le prix de toutes les formes d'énergie, quelle que soit leur contribution aux émissions de CO<sub>2</sub>. Or, quantité de pays peuvent opter pour les taxes sur l'énergie pour d'autres raisons que la rentabilité, et une bonne partie de l'analyse de cette section porte sur les taxes sur l'énergie et sur les taxes sur le carbone.

Un pays qui s'est engagé à limiter ses propres émissions de GES peut y parvenir en adoptant un système de droits négociables qui limite directement ou indirectement les émissions de sources intérieures. A l'instar d'une taxe, un régime de droits négociables pose

un certain nombre de problèmes de conception, notamment en ce qui concerne les types de droits, les modes d'attribution, les sources incluses, le degré de conformité et le recours au principe du stockage. Il est peu probable de viser toutes les sources au moyen d'un seul régime de droits intérieurs. La certitude que confère aux sources participantes un régime de droits négociables leur permettant de parvenir à un niveau d'émissions donné se fait au prix de l'incertitude des prix des droits (et, par conséquent, des coûts de conformité). Pour régler ce problème, on pourrait adopter une politique hybride qui plafonnerait les coûts de conformité, auquel cas le niveau des émissions ne serait plus garanti.

Pour diverses raisons, dans la plupart des pays, la gestion des émissions de GES ne se fera pas au moyen d'un seul instrument politique, mais d'un ensemble d'instruments. En plus d'une ou de plusieurs politiques reposant sur les mécanismes du marché, une gamme de mesures peut comporter des normes et d'autres règlements, des accords volontaires et des programmes d'information :

- Des normes d'efficacité énergétique ont contribué à réduire la consommation d'énergie dans un nombre croissant de pays. Celles-ci peuvent être particulièrement efficaces dans les pays dont la capacité à administrer les instruments du marché est relativement limitée, contribuant du même coup à développer ces infrastructures administratives. Ces normes doivent être actualisées pour garder de leur efficacité. Le principal inconvénient des normes est qu'elles peuvent être inefficaces, même si l'efficacité peut être améliorée à condition que la norme se concentre sur les résultats visés et laisse le maximum de flexibilité dans le choix du moyen de les atteindre.
- Les accords volontaires (AV) peuvent revêtir diverses formes. Les partisans des AV font valoir les faibles coûts de transaction et les éléments consensuels, alors que les sceptiques insistent sur les "effets de la non coopération", et sur le risque que le secteur privé ne cherche pas vraiment à réduire ses émissions en l'absence de mesures de surveillance et d'application. Les accords volontaires précèdent parfois l'adoption de mesures plus strictes.
- Les renseignements inexacts sont largement reconnus comme un important échec du marché qui peut avoir des conséquences profondes sur l'amélioration de l'efficacité énergétique et, par conséquent, sur les émissions. Parmi les instruments d'information, il faut citer l'éco-étiquetage, les audits énergétiques, les rapports industriels, tandis que les campagnes d'information sont des éléments de marketing de nombreux programmes d'efficacité énergétique.

Une documentation de plus en plus volumineuse démontre théoriquement, et au moyen de modèles de simulation numérique, que l'intérêt économique de réduire les GES par des instruments stratégiques nationaux dépend dans une large mesure du choix de ces instruments. Les politiques fondées sur les prix aboutissent en général à des coûts d'atténuation marginaux positifs et à des coûts d'atténuation totaux positifs. Dans chaque cas, le rapport qui existe entre ces coûts de réduction et la structure fiscale en place, et plus généralement avec les prix des facteurs existants, est

important. Les politiques axées sur les prix qui génèrent des recettes peuvent être combinées à des mesures visant à améliorer l'efficacité du marché. Cependant, le rôle des politiques sans rapport avec les prix, qui touchent l'évolution du prix unitaire des services énergétiques, reste souvent décisif.

### 6.3 Politiques et mesures internationales

Si l'on se penche maintenant sur les politiques et mesures internationales, on peut dire que le Protocole de Kyoto définit trois grands instruments stratégiques internationaux, les fameux mécanismes du Protocole de Kyoto, à savoir : les échanges internationaux de droits d'émission (EIDE), la mise en œuvre conjointe (MOC) et le mécanisme pour un développement propre (MDP). Chacun de ces moyens d'action internationaux permet aux parties figurant à l'annexe I de s'acquitter de leurs engagements de façon rentable. Les EIDE permettraient essentiellement aux parties figurant à l'annexe I d'échanger une partie des quotas d'émission nationaux qui leur ont été attribués (cibles). Les EIDE présupposent que les pays qui ont des coûts de réduction marginaux élevés peuvent acheter des droits d'émission aux pays dont les coûts de réduction marginaux sont bas. De même, la MOC permettrait aux pays figurant à l'annexe I d'échanger des unités de réduction des émissions entre eux dans le cadre de chaque projet pris individuellement. En vertu du MDP, les parties figurant à l'annexe I se verraient attribuer des unités, projet par projet, au titre des réductions atteintes dans les pays ne figurant pas à l'annexe I.

Les analyses économiques révèlent que les mécanismes du Protocole de Kyoto sont susceptibles de réduire nettement les coûts globaux de respect des engagements à limiter les émissions du Protocole de Kyoto. Cependant, pour réaliser les économies possibles, il faut adopter des politiques nationales qui permettent aux différentes entités d'utiliser les mécanismes pour s'acquitter de leurs obligations nationales en matière de limitation des émissions. Si les politiques nationales ou les règles internationales régissant les mécanismes restreignent l'utilisation des mécanismes du Protocole de Kyoto, les économies de coûts risquent d'être amoindries.

Dans le cadre de la MOC, on incite les gouvernements hôtes à s'assurer que les unités de réduction des émissions (URE) ne sont émises qu'au titre des véritables réductions des émissions, ce qui présuppose qu'ils s'exposent à de sévères sanctions en cas de non-respect des engagements nationaux en matière de limitation des émissions. Dans le cas du MDP, il est crucial d'avoir une procédure de certification indépendante des réductions d'émissions, étant donné que les gouvernements hôtes n'ont pas pris l'engagement de limiter leurs émissions et qu'ils sont sans doute moins enclins à s'assurer que les réductions d'émissions certifiées (REC) ne sont émises qu'au titre des vraies réductions d'émissions. La principale difficulté qu'il y a à mettre en œuvre des mécanismes fondés sur les projets, à la fois dans le cadre de la MOC et du MDP, consiste à calculer la réduction nette supplémentaire des émissions (ou le renforcement des puits) réalisée; la définition du scénario de base peut être extrêmement complexe. Divers autres paramètres de ces mécanismes du Protocole de Kyoto attendent d'autres décisions, notamment : les procédures de surveillance et

de vérification, la complémentarité financière (qui désigne la garantie que les projets du MDP n'entraîneront pas un déplacement de l'aide traditionnelle au développement) et les éventuels moyens d'uniformiser les méthodologies des bases de référence des projets.

La mesure dans laquelle les pays en développement (ne figurant pas à l'annexe I) respecteront effectivement leurs engagements en vertu de la CCNUCC dépendra entre autres du transfert de technologies écologiquement rationnelles (TER).

### 6.4 Mise en œuvre des instruments stratégiques nationaux et internationaux

Un instrument stratégique international ou national ne peut être efficace que s'il est accompagné de systèmes de surveillance et d'application suffisants. Il y a un lien entre l'observation et l'application des règlements et le volume de coopération internationale qui sera effectivement assuré. De nombreuses conventions multilatérales sur l'environnement traitent du besoin de coordonner les restrictions en matière de conduite conformément aux obligations qu'elles imposent et l'élargissement du régime légal sous l'ombrelle de l'OMC et/ou du GATT. Ni la CCNUCC ni le Protocole de Kyoto ne prévoient actuellement de mesures commerciales spécifiques en cas de non-conformité. Il n'en reste pas moins que plusieurs politiques et mesures nationales susceptibles d'être élaborées et adoptées conjointement avec le Protocole de Kyoto risquent d'entrer en conflit avec les dispositions de l'OMC. Les divergences internationales dans les règlements sur l'environnement risquent d'avoir des répercussions commerciales.

L'une des principales préoccupations que posent les conventions sur l'environnement (y compris la CCNUCC et le Protocole de Kyoto) est de parvenir à une participation accrue. La documentation sur les conventions internationales sur l'environnement prévoit que la participation sera incomplète et qu'il faudra sans doute des incitations pour la stimuler (voir également section 10).

## 7 Méthodes d'établissement des coûts

### 7.1 Fondement conceptuel

L'utilisation de ressources pour atténuer les gaz à effet de serre (GES) entraîne des coûts de substitution dont il faut tenir compte pour prendre des décisions stratégiques raisonnables. Les mesures prises pour réduire les émissions de GES ou pour augmenter les puits de carbone détournent les ressources d'autres usages. L'évaluation des coûts de ces mesures doit idéalement tenir compte de la valeur globale que la société attache aux biens et aux services auxquels elle renonce en raison du détournement de ressources pour assurer la protection du climat. Dans certains cas, la somme des avantages et des coûts sera négative, ce qui signifie que la société a tout à gagner à adopter des mesures d'atténuation.

Cette section traite des enjeux méthodologiques qui se posent lorsqu'on estime les coûts monétaires des changements climatiques.



Elle se concentre sur l'évaluation exacte des coûts des mesures d'atténuation visant à réduire les émissions de GES. L'évaluation des coûts et avantages doit reposer sur un cadre analytique systématique afin d'assurer la comparabilité et la transparence des estimations. Un cadre bien établi évalue les coûts comme des changements dans le bien-être collectif reposant sur des valeurs individuelles. Ces valeurs individuelles se reflètent dans la volonté de payer (VDP) afin d'améliorer l'environnement ou dans le consentement à accepter (CAA) une compensation. À partir de ces mesures de la valeur, on peut tirer des mesures comme les pertes ou les gains sociaux résultant d'une politique, le total des coûts des ressources et les coûts de substitution.

Alors que les mesures sous-jacentes du bien-être collectif ont des limites et que l'emploi des valeurs monétaires reste controversé, il semble que les méthodes qui "convertissent" des entrées non marchandes en termes monétaires fournissent des données utiles aux décideurs. Ces méthodes doivent donc être employées en temps et lieu appropriés. On juge également utile de compléter cette méthode d'établissement des coûts fondée sur le bien-être collectif par une évaluation élargie qui comprend les paramètres d'équité et de durabilité des politiques d'atténuation des changements climatiques. Dans la pratique, la difficulté consiste à trouver une définition uniforme et détaillée des principales incidences à mesurer.

Un reproche fréquent que l'on adresse à cette méthode d'établissement des coûts est qu'elle est inéquitable car elle accorde plus de poids aux "bien nantis". Cela s'explique généralement par le fait qu'une personne qui vit dans l'aisance à une plus grande VDP ou CAA qu'une personne moins bien nantie, les choix opérés reflétant donc davantage les préférences des nantis. Ce reproche est valable, mais il n'existe pas de méthode cohérente et uniforme d'évaluation capable de remplacer intégralement la méthode existante. Les préoccupations que suscite, par exemple, l'équité peuvent être réglées en même temps que l'estimation des coûts de base. Les coûts estimatifs représentent un élément d'information dans le processus décisionnel relatif aux changements climatiques qui peut être complété par d'autres données sur d'autres objectifs sociaux, notamment les incidences sur les principales parties prenantes et l'atteinte des objectifs de lutte contre la pauvreté.

Dans cette section, nous analysons la méthodologie d'établissement des coûts et abordons les difficultés qu'il y a à utiliser les différentes méthodes.

## 7.2 Approches analytiques

L'évaluation des coûts est un élément qui entre en ligne de compte dans une ou plusieurs règles utilisées pour prendre des décisions, dont l'analyse coûts-avantages (ACA), l'analyse coût-efficacité (ACE) et l'analyse à critères multiples. Les approches analytiques diffèrent essentiellement sous l'angle de la façon dont les objectifs du cadre de prise de décision sont choisis, précisés et valorisés. Certains objectifs des politiques d'atténuation peuvent être précisés en unités économiques (par exemple, les coûts et avantages mesurés en termes monétaires), et certains en unités physiques (comme le volume de polluants dispersés en tonnes de

CO<sub>2</sub>). Dans la pratique cependant, la difficulté consiste à établir une définition uniforme et détaillée de chaque incidence importante à mesurer.

### 7.2.1 Avantages/coûts connexes et avantages/coûts accessoires

La documentation emploie un certain nombre d'expressions pour décrire les avantages et les coûts connexes qui se rattachent aux politiques d'atténuation des GES. Mentionnons notamment les avantages connexes et les avantages accessoires (ou secondaires). Dans l'analyse qui nous intéresse ici, l'expression "avantages connexes" désigne les avantages non climatiques des politiques d'atténuation des GES qui sont explicitement intégrés dans l'établissement initial des politiques d'atténuation. Ainsi, l'expression "avantages connexes" traduit le fait qu'*a priori* la plupart des politiques dont le but est d'atténuer les GES ont également d'autres motifs, souvent d'égale importance (qui ont par exemple un rapport avec les objectifs de développement, de durabilité et d'équité). En revanche, l'expression "avantages accessoires" désigne les effets secondaires des politiques d'atténuation des changements climatiques sur les problèmes qui résultent des politiques prévues d'atténuation des GES.

Les politiques dont le but est d'atténuer les GES, comme nous l'avons vu plus haut, peuvent entraîner d'autres avantages et coûts sociaux (appelés ici avantages et coûts accessoires ou connexes), et un certain nombre d'études empiriques ont tenté d'évaluer ces impacts. Il est clair que l'ampleur exacte des avantages accessoires ou connexes évalués dépend beaucoup de la structure des scénarios de l'analyse, en particulier des hypothèses relatives à la gestion des politiques dans le cas des niveaux de référence. Cela veut dire que l'inclusion d'une incidence donnée dépend de l'objectif principal du programme. De plus, un élément qui est perçu comme un programme de réduction des GES dans une optique internationale peut être perçu dans une optique nationale comme un programme qui attache autant d'importance aux polluants locaux qu'aux GES.

### 7.2.2 Coûts de mise en œuvre

Toutes les politiques relatives aux changements climatiques entraînent des coûts de mise en œuvre, c'est-à-dire des coûts de modification des règles et règlements en vigueur, pour s'assurer que les infrastructures nécessaires sont disponibles, pour former et éduquer ceux qui sont chargés de mettre en œuvre les politiques ainsi que ceux qui sont touchés par les mesures, etc. Malheureusement, ces coûts ne sont pas entièrement pris en compte dans les analyses des coûts classiques. Dans ce contexte, les coûts de mise en œuvre traduisent les aspects institutionnels plus permanents de la mise en place d'un programme et diffèrent des coûts que l'on associe généralement à des coûts de transaction. Ces derniers sont, par définition, des coûts provisoires. Il faut un volume de travail considérable pour quantifier les coûts institutionnels et autres coûts des programmes, pour que les chiffres indiqués reflètent plus fidèlement les coûts véritables qui seront encourus si les programmes sont effectivement mis en œuvre.

### 7.2.3 Actualisation

Il existe essentiellement deux méthodes d'actualisation : une méthode éthique ou prescriptive qui dépend des taux d'actualisation à appliquer, et une méthode descriptive qui repose sur les taux d'actualisation que les gens (épargnants et investisseurs) utilisent en réalité dans leurs décisions quotidiennes. Pour l'analyse des mesures d'atténuation, le pays doit fonder ses décisions au moins partiellement sur les taux d'actualisation qui reflètent les coûts d'option du capital. Des taux oscillants entre 4 pour cent et 6 pour cent seraient sans doute justifiés dans les pays développés. Dans les pays en développement, le taux pourrait être de 10 pour cent à 12 pour cent ou même plus élevé. Il est plus difficile d'affirmer qu'un projet d'atténuation des changements climatiques doit adopter des taux différents, à moins que le projet ne soit de très longue durée. La documentation révèle qu'on accorde de plus en plus d'attention aux taux qui diminuent avec le temps et qui accordent donc plus de poids aux avantages qui surviennent à long terme. Il convient de noter que ces taux ne reflètent pas les taux de rendement privés, qui doivent généralement être plus élevés pour justifier un projet, aux alentours de 10 pour cent à 25 pour cent.

### 7.2.4 Coûts d'adaptation et d'atténuation et lien qui existe entre eux

Même si la plupart des gens comprennent que les choix d'adaptation ont une incidence sur les coûts d'atténuation, cette évidence n'est souvent pas prise en considération dans l'élaboration des politiques en matière de changements climatiques. La politique est morcelée, puisque les mesures d'atténuation sont perçues comme un moyen de s'attaquer aux changements climatiques et les mesures d'adaptation comme un moyen de réagir à des dangers naturels. Généralement, les coûts d'atténuation et d'adaptation sont modélisés séparément comme une simplification nécessaire pour mieux cerner une question complexe aux vastes ramifications. En conséquence, les coûts des mesures d'atténuation des risques sont souvent évalués séparément et, par conséquent, chaque mesure risque d'être biaisée. Ce constat incite à croire qu'il faut prêter plus d'attention à l'interaction des coûts d'atténuation et d'adaptation et à leurs ramifications empiriques, même si l'incertitude liée à la nature et au moment de survenue des incidences, notamment les surprises, limite la mesure dans laquelle les coûts connexes peuvent être pleinement intégrés.

## 7.3 Limites du système : projet, secteur et macro

Les chercheurs établissent une distinction entre les analyses de projet, de secteur et de l'économie en général. L'analyse à l'échelle d'un projet envisage un investissement "autonome" dont on présume qu'il a des effets secondaires insignifiants sur les marchés. Parmi les méthodes qu'on utilise à ce niveau, mentionnons l'ACA, l'ACE et l'analyse du cycle de vie. L'analyse sectorielle étudie les politiques sectorielles dans un contexte d' "équilibre partiel" dans lequel toutes les autres variables sont censées être exogènes. L'analyse de l'économie en général étudie les effets que les politiques ont sur tous les secteurs et les marchés en utilisant divers modèles macroéconomiques et d'équilibre général. Il existe

un choix entre le niveau de détail de l'évaluation et la complexité du système étudié. Cette section expose certaines des principales hypothèses que l'on formule dans l'analyse des coûts.

Il faut une combinaison de différentes méthodes de modélisation pour évaluer avec efficacité les options d'atténuation des changements climatiques. Par exemple, on peut combiner l'évaluation détaillée d'un projet à une analyse plus générale des impacts sectoriels, et l'on a même combiné des études macroéconomiques de la taxe sur le carbone à la modélisation sectorielle de programmes d'investissement plus importants dans la technologie.

### 7.3.1 Conditions de base

Le scénario de base, qui par définition indique les émissions de GES en l'absence des interventions envisagées pour atténuer les changements climatiques, est essentiel pour évaluer les coûts des mesures d'atténuation des changements climatiques. En effet, la définition du scénario de base détermine les possibilités de réduction future des émissions de GES ainsi que les coûts de mise en œuvre des politiques de réduction. Le scénario de base comporte également un certain nombre d'hypothèses implicites importantes sur les politiques économiques futures aux niveaux macroéconomique et sectoriel, notamment la structure sectorielle, le volume des ressources, les prix et, par voie de conséquence, les choix technologiques.

### 7.3.2 Examen des mesures sans regrets

Les mesures sans regrets sont par définition des mesures visant à réduire les émissions de GES dont les coûts nets sont négatifs. Les coûts nets sont négatifs car ces options entraînent des avantages directs ou indirects, comme ceux qui résultent de réductions dans les échecs du marché, les doubles dividendes par le recyclage des revenus et des avantages accessoires, suffisamment importants pour neutraliser les coûts de mise en œuvre des options. La question des mesures sans regrets reflète des hypothèses particulières sur les rouages et l'efficacité de l'économie, en particulier sur l'existence et la stabilité d'une fonction du bien-être collectif, qui repose sur la notion d'un coût social, à savoir :

- la réduction des échecs du marché ou des échecs institutionnels actuels et d'autres obstacles empêchant d'adopter des mesures rentables de réduction des émissions, qui peut se traduire par une baisse des coûts privés par rapport aux pratiques en vigueur; cela pouvant également entraîner une baisse des coûts privés en général.
- un double dividende ayant trait au recyclage des revenus tirés des taxes sur le carbone de manière à contrebalancer les taxes qui ont un effet de distorsion;
- des avantages et des coûts accessoires (ou les effets accessoires), qui peuvent être des synergies ou des concessions mutuelles dans les cas où la réduction des émissions de GES a des effets mixtes sur d'autres politiques environnementales (notamment en ce qui a trait à la pollution de l'atmosphère locale, aux embouteillages urbains ou à la dégradation des terres et des ressources naturelles).

## Imperfections du marché

L'existence d'un potentiel de mesures sans regrets laisse entendre que le marché et les institutions ne se conduisent pas à la perfection, à cause d'imperfections du marché comme le manque d'information, des signaux de prix trompeurs, une absence de concurrence et/ou des échecs institutionnels attribuables à l'insuffisance de la réglementation, une mauvaise délimitation des droits de propriété, des systèmes financiers trompeurs et des marchés financiers limités. La diminution des imperfections du marché laisse croire qu'il est possible de déterminer et de mettre en œuvre des politiques capables de remédier à ces échecs du marché et institutionnels sans encourir des coûts plus élevés que les avantages obtenus.

## Double dividende

Le potentiel d'un double dividende résultant des politiques d'atténuation des changements climatiques a été abondamment étudié durant les années 1990. Outre l'objectif primordial qui est d'améliorer l'environnement (le premier dividende), ces politiques, si elles sont menées au moyen d'instruments qui génèrent des recettes comme les taxes sur le carbone ou les droits d'émissions vendus aux enchères, produisent un deuxième dividende qui peut aider à neutraliser les coûts bruts de ces politiques. Toutes les politiques intérieures sur les GES sont assorties d'un coût économique indirect résultant des rapports entre les instruments stratégiques et le système financier, mais dans le cas des politiques d'accroissement des recettes, ce coût est partiellement neutralisé (ou largement neutralisé) si, par exemple, les recettes servent à réduire les taxes facteurs de distorsion existantes. Le pouvoir que ces politiques d'accroissement des recettes peuvent avoir de réduire les distorsions dans la pratique dépend de la possibilité de "recycler" les recettes en une baisse d'impôt.

## Avantages et coûts accessoires (effets accessoires)

Nous avons vu que les effets accessoires, définis ci-dessus, peuvent être positifs et négatifs. Il importe de reconnaître que les coûts d'atténuation bruts et nets ne peuvent être calculés comme la simple somme des effets positifs et négatifs, étant donné que ces derniers sont liés de façon très complexe. Les coûts d'atténuation des changements climatiques (bruts et nets) ne sont valables que par rapport à un scénario précis détaillé et à une structure d'hypothèses stratégiques.

L'existence d'un potentiel de mesures sans regrets est une condition nécessaire, mais insuffisante, à la mise en œuvre potentielle de ces options. Leur mise en œuvre effective réclame également l'élaboration d'une stratégie politique complexe et suffisamment détaillée pour remédier à ces échecs et obstacles institutionnels et commerciaux.

## 7.3.3 Flexibilité

Pour toute une variété d'options, les coûts d'atténuation dépendent du cadre de réglementation adopté par les gouvernements nationaux en vue de réduire les GES. En général, plus le cadre donne de flexibilité, moins il en coûte de parvenir à une réduction donnée. Une plus grande flexibilité et un plus grand nombre de partenaires commerciaux peuvent réduire les coûts. Le contraire est à escompter d'une inflexibilité des règlements et d'un petit nombre de partenaires commerciaux. On peut mesurer la flexibilité comme la capacité à réduire les émissions de carbone au plus bas prix, aux échelles tant nationale qu'internationale.

## 7.3.4 Questions de développement, d'équité et de durabilité

Les politiques d'atténuation des changements climatiques mises en œuvre à l'échelle nationale auront dans la plupart des cas des implications sur le développement économique et social à court terme, sur la qualité de l'environnement local et sur l'équité intragénérationnelle. Les évaluations des coûts d'atténuation qui suivent cet axe peuvent traiter de ces effets selon un cadre de prise de décision comportant un certain nombre d'effets secondaires par rapport à l'objectif stratégique qui est de réduire les émissions de GES. L'objectif d'une telle évaluation est d'apprendre aux décideurs la façon d'atteindre avec efficacité différents objectifs stratégiques, compte tenu des priorités d'équité et d'autres limites politiques (ressources naturelles, objectifs environnementaux). Un certain nombre d'études internationales appliquent un tel cadre de prise de décision à l'évaluation des répercussions des projets MDP sur le développement.

Il existe un certain nombre de liens importants entre l'établissement des coûts d'atténuation et les effets plus vastes des politiques sur le développement, notamment les effets macroéconomiques, la création d'emplois, l'inflation, les coûts marginaux des deniers publics, le financement disponible, les retombées et le commerce.

## 7.4 Questions spéciales ayant trait aux pays en développement et aux économies en transition (PET)

Un certain nombre de questions spéciales ayant trait à l'utilisation des technologies doivent être considérées comme des déterminants critiques du potentiel d'atténuation des changements climatiques et des coûts qui s'y rattachent pour les pays en développement. Mentionnons notamment les niveaux actuels de progrès technologique, les questions de transfert de technologie, le potentiel d'innovation et de diffusion, les obstacles à l'utilisation fructueuse des technologies, les structures institutionnelles, le potentiel humain et les recettes en devises étrangères.

Les études sur les changements climatiques dans les pays en développement et les PET doivent être renforcées sur le plan des méthodes, des données et des cadres stratégiques. Même si

l'uniformisation intégrale des méthodes est impossible, pour pouvoir comparer les résultats de manière pertinente, il est indispensable d'utiliser des méthodes, des points de vue et des scénarios stratégiques uniformes dans différents pays.

Il est conseillé d'apporter les modifications suivantes aux méthodes classiques :

- Il faut analyser d'autres cheminements de développement assortis de différents modèles d'investissement dans les infrastructures, les systèmes d'irrigation, les carburants mixtes et les politiques sur l'utilisation des terres
- Les études macroéconomiques doivent tenir compte des procédés de transformation du marché sur les marchés financiers, du travail et de l'énergie;
- Les transactions sectorielles traditionnelles et informelles doivent être incluses dans les statistiques macroéconomiques nationales. La valeur de la consommation d'énergie non commerciale et le travail non rémunéré de la main-d'œuvre familiale pour le recouvrement d'énergie non commerciale sont très importants et doivent être explicitement pris en considération dans l'analyse économique;
- Les coûts d'élimination des obstacles liés au marché doivent également être pris en considération de manière explicite.

## 7.5 Modélisation de l'évaluation des coûts

La modélisation des stratégies d'atténuation des changements climatiques est complexe et un certain nombre de techniques de modélisation ont été utilisées, notamment les modèles entrées-sorties, les modèles macroéconomiques, les modèles informatiques d'équilibre général (CGE) et les modèles basés sur le secteur énergétique. Des modèles hybrides ont également été mis au point pour obtenir plus de précisions sur la structure de l'économie et du secteur énergétique. L'utilisation appropriée de ces modèles dépend de l'objet de l'évaluation et des données disponibles.

Comme nous l'avons vu à la section 6, parmi les principales catégories de politiques d'atténuation des changements climatiques figurent : les politiques axées sur le marché, les politiques axées sur la technologie, les politiques d'accord volontaire et les politiques de recherche et développement. Les politiques d'atténuation des changements climatiques peuvent englober les quatre politiques ci-dessus. La plupart des approches analytiques ne tiennent cependant compte que de certains de ces éléments. Les modèles économiques par exemple évaluent principalement les politiques axées sur le marché et, dans certains cas, les politiques axées sur la technologie, essentiellement celles qui ont un rapport avec les options d'approvisionnement énergétique, alors que les approches techniques se concentrent principalement sur les politiques technologiques ayant trait à l'offre et à la demande. Ces deux approches représentent relativement mal les politiques de recherche et développement et les politiques d'accord volontaire.

## 8 Coûts et avantages accessoires à l'échelle mondiale, régionale et nationale

### 8.1 Introduction

Le but ultime de la CCNUCC (article 2) est de "stabiliser [...] les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique"<sup>14</sup>. De plus, la Convention (article 3.3) précise que les "politiques et mesures qu'appellent les changements climatiques requièrent un bon rapport coût-efficacité, de manière à garantir des avantages globaux au coût le plus bas possible"<sup>15</sup>. Cette section est une synthèse de la documentation sur le coût des politiques d'atténuation des gaz à effet de serre à l'échelle nationale, régionale et mondiale. On rend compte des gains et des pertes de bien-être, dont, quand ils sont disponibles, les avantages accessoires des politiques d'atténuation. Les études consultées portent sur tout l'éventail des outils analytiques décrits au chapitre précédent. Ceux-ci vont de modèles ascendants, qui intègrent des études technologiques détaillées, à des modèles descendants plus agrégés, qui analysent la relation entre le secteur de l'énergie et le reste de l'économie.

### 8.2 Coût brut de la réduction des GES d'après les modèles fondés sur des études technologiques détaillées

Dans les modèles et les approches "ascendants", qui reposent sur des études technologiques détaillées, le coût d'atténuation est établi à partir du regroupement des coûts des technologies et des combustibles, entre autres les coûts d'investissement, d'exploitation, d'entretien, et d'approvisionnement en combustibles, auxquels s'ajoutent, selon une tendance récente, les revenus et les coûts d'importation et d'exportation.

<sup>14</sup> "L'objectif ultime de la présente Convention et de tous instruments juridiques connexes que la Conférence des Parties pourrait adopter est de stabiliser, conformément aux dispositions pertinentes de la Convention, les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai suffisant pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements climatiques, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable"

<sup>15</sup> "Il incombe aux Parties de prendre des mesures de précaution pour prévoir, prévenir ou atténuer les causes des changements climatiques et en limiter les effets néfastes. Quand il y a risque de perturbations graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour différer l'adoption de telles mesures, étant entendu que les politiques et mesures qu'appellent les changements climatiques requièrent un bon rapport coût-efficacité, de manière à garantir des avantages globaux au coût le plus bas possible. Pour atteindre ce but, il convient que ces politiques et mesures tiennent compte de la diversité des contextes socio-économiques, soient globales, s'étendent à toutes les sources et à tous les puits et réservoirs de gaz à effet de serre qu'il conviendra, comprennent des mesures d'adaptation et s'appliquent à tous les secteurs économiques. Les initiatives visant à faire face aux changements climatiques pourront faire l'objet d'une action concertée des Parties intéressées".

On peut classer les modèles selon deux axes. D'une part, les modèles qui effectuent de simples calculs techno-économiques, pour chaque technologie prise individuellement, et les modèles intégrés partiels à l'équilibre des systèmes énergétiques complets. D'autre part, les modèles calculant uniquement les coûts techniques directs de la réduction, ceux qui tiennent compte des réactions des marchés à l'adoption des technologies, et enfin, les modèles qui intègrent les pertes de bien-être liées à la réduction de la demande ainsi que les gains et les pertes de revenus attribuables à l'évolution des échanges commerciaux.

Cela nous amène à comparer deux approches génériques, soit l'approche techno-économique et celle de la modélisation à l'équilibre du coût le plus bas. La première approche consiste à évaluer chaque technologie de façon indépendante, en comptabilisant les coûts et les économies qu'elle génère. Une fois ces éléments évalués, on peut calculer le coût unitaire de chaque mesure, qui peut alors être appréciée en fonction de son coût. Cette méthode s'avère très utile pour mettre en lumière les possibilités de réaliser des réductions à des coûts négatifs, étant donné l'écart d'efficacité entre les meilleures technologies existantes et les technologies actuellement utilisées. Elle comporte cependant une limite importante en ce sens qu'elle omet ou n'analyse pas de façon systématique l'interdépendance des différentes mesures examinées.

Les modèles partiels à l'équilibre du coût le plus bas ont été conçus pour combler cette lacune; ils tiennent compte simultanément de toutes les mesures, et sélectionnent l'ensemble optimal de mesures pour tous les secteurs et horizons temporels. Ces travaux fondés sur une approche plus intégrée aboutissent à des coûts totaux plus élevés pour l'atténuation des GES que les modélisations s'appuyant sur une analyse strictement indépendante des technologies. Dans une optique d'optimisation, ils produisent des résultats très faciles à interpréter, qui établissent une comparaison entre une réponse optimale et un scénario de référence optimal. Toutefois, ces modélisations calibrent rarement l'année de référence du modèle d'après la situation réelle, non optimale, mais présumant implicitement d'un scénario de référence optimal. Par conséquent, ils ne révèlent rien en matière de possibilités de coûts négatifs.

Depuis la publication du DRE, les approches ascendantes ont produit quantité de nouveaux résultats s'appliquant aux pays de l'Annexe I et à ceux n'y figurant pas, de même qu'à des groupes de pays. Qui plus est, la portée de ces analyses est bien supérieure à celle des calculs classiques de coûts directs de réduction, puisqu'elle intègre les effets de la demande et certains effets sur le commerce

Néanmoins, les résultats issus des modélisations varient considérablement d'une étude à l'autre, ce qui est attribuable à un certain nombre de facteurs, dont certains reflètent les conditions très disparates qui règnent dans les pays étudiés (par exemple, les richesses énergétiques, la croissance économique, l'intensité énergétique, les structures industrielles et commerciales), et d'autres sont liés aux hypothèses de base des modèles et aux possibilités de coûts négatifs.

Cependant, il existe, comme dans le DRE, un consensus sur le potentiel des mesures sans regrets découlant de la réduction des imperfections actuelles du marché, de la considération des avantages

accessoirs et de l'inclusion du double dividende. Cela signifie que certaines mesures d'atténuation peuvent être réalisées à des coûts négatifs. Le potentiel des mesures sans regrets dépend des imperfections actuelles du marché ou des institutions, qui empêchent la mise en place de mesures rentables de réduction des émissions. La question essentielle est de savoir si ces imperfections peuvent être surmontées de façon rentable au moyen de mesures stratégiques.

Le second message important derrière ces mesures est que le coût marginal de réduction, à court et moyen terme, dont dépendent la plupart des impacts macroéconomiques des politiques relatives au climat, est très sensible à l'incertitude associée au scénario de base (taux de croissance et intensité énergétique) et aux coûts techniques. Même les options présentant des coûts négatifs significatifs peuvent voir leurs coûts marginaux augmenter rapidement, au-delà d'un certain niveau d'atténuation prévu. Le risque est beaucoup moindre dans le cas des modèles permettant les échanges de droits d'émission de carbone. A long terme, ce risque diminue au fur et à mesure que la courbe du changement technique adopte la pente descendante des courbes de coûts marginaux.

### 8.3 Coût des politiques nationales relatives à la réduction des émissions de carbone

L'ampleur des réductions d'émissions nécessaires pour atteindre un objectif donné est primordiale lorsqu'il s'agit de déterminer le coût brut des mesures d'atténuation, d'où l'importance cruciale du niveau d'émissions de référence. Le taux d'augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> est lié à la croissance du PIB, au taux de diminution de la consommation d'énergie par unité de production, et au taux de diminution des émissions de CO<sub>2</sub> par unité de consommation d'énergie.

Dans le cadre d'un projet de comparaison de modèles multiples auquel participaient plus d'une douzaine d'équipes de modélisation du monde entier, le coût brut associé au respect du Protocole de Kyoto a été étudié à l'aide de modèles axés sur le secteur de l'énergie. On a tenu compte de l'imposition de taxes sur le carbone pour faire diminuer les émissions, et du recyclage des recettes générées par ces taxes sous la forme de montants forfaitaires. Le niveau de la taxe fournit une indication approximative de l'ampleur de l'intervention qui serait nécessaire sur le marché, et correspond au coût marginal de réduction permettant d'atteindre une cible d'émissions établie. Le niveau de taxe requis pour atteindre un objectif précis sera déterminé par les sources marginales d'approvisionnement (dont la conservation), en tenant compte ou non de l'objectif. D'autres facteurs seront également déterminants, dont l'ampleur des réductions d'émissions nécessaires, les hypothèses concernant le coût et la disponibilité des technologies libérant des émissions de carbone et de celles exemptes de carbone, la base de ressources de combustibles fossiles, ainsi que l'élasticité-prix à court et à long terme.

En l'absence d'échanges internationaux de droits d'émission, les taxes sur le carbone qui devraient être mises en place pour que les restrictions imposées par le Protocole de Kyoto soient respectées en 2010 varient énormément selon les modèles appliqués.



**Tableau TS 4:** Principaux résultats du forum sur la modélisation de l'énergie. Coûts marginaux de réduction (en US\$/tC de 1990; objectif de Kyoto de 2010)

| Modèle         | Pas d'échanges |        |       |       | Echange entre pays Ann. I | Echanges mondiaux |
|----------------|----------------|--------|-------|-------|---------------------------|-------------------|
|                | E.-U.          | OCDE-E | Japon | CANZ  |                           |                   |
| ABARE-GTEM     | 322            | 665    | 645   | 425   | 106                       | 23                |
| AIM            | 153            | 198    | 234   | 147   | 65                        | 38                |
| CETA           | 168            |        |       |       | 46                        | 26                |
| Fund           |                |        |       |       | 14                        | 10                |
| G-Cubed        | 76             | 227    | 97    | 157   | 53                        | 20                |
| GRAPE          |                | 204    | 304   |       | 70                        | 44                |
| MERGE3         | 264            | 218    | 500   | 250   | 135                       | 86                |
| MIT-EPPA       | 193            | 276    | 501   | 247   | 76                        |                   |
| MS-MRT         | 236            | 179    | 402   | 213   | 77                        | 27                |
| Oxford         | 410            | 966    | 1074  |       | 224                       | 123               |
| RICE           | 132            | 159    | 251   | 145   | 62                        | 18                |
| SGM            | 188            | 407    | 357   | 201   | 84                        | 22                |
| WorldScan      | 85             | 20     | 122   | 46    | 20                        | 5                 |
| Administration | 154            |        |       |       | 43                        | 18                |
| EIA            | 251            |        |       |       | 110                       | 57                |
| POLES          | 135,8          | 135,3  | 194,6 | 131,4 | 5,9                       | 18,4              |

Note : Les résultats du modèle Oxford ne sont pas compris dans les fourchettes rapportées dans le Résumé technique et dans le Résumé à l'intention des décideurs, parce que ce modèle n'a pas fait l'objet d'un examen scientifique suffisamment approfondi (et n'est donc pas approprié aux fins de la présente évaluation du GIEC), et parce qu'il se base sur des données remontant au début des années 80 pour établir les paramètres fondamentaux qui déterminent les résultats obtenus. Il n'existe aucun lien entre ce modèle et le CLIMOX, de l'Oxford Institutes of Energy Studies, auquel on fait référence dans le tableau TS 6.

FME-16. Pertes de PIB (en termes de pourcentage du PIB total) associées au respect des objectifs fixés en vertu du Protocole de Kyoto. Les quatre régions décrites comprennent les Etats-Unis, les pays européens de l'OCDE (OCDE-E), le Japon et, enfin, le Canada, l'Australie et la Nouvelle-Zélande (CANZ). Les scénarios sont au nombre de trois : sans échanges, avec échanges entre les pays de l'Annexe B seulement, et avec échanges internationaux.

Le tableau TS 4<sup>16</sup> indique que les valeurs calculées vont de 76 à 322 \$US pour les Etats-Unis; de 20 à 665 \$US pour les pays européens de l'OCDE; de 97 à 645 \$US pour le Japon; et enfin, pour le reste des pays de l'OCDE (CANZ), de 46 à 425 \$US. Toutes les données sont en dollars américains de 1990. Si les échanges internationaux sont permis, les coûts marginaux de réduction seront de l'ordre de 20 à 135 \$US/tC. Ces modèles ne tiennent habituellement pas compte des mesures sans regrets, ni des possibilités de réduction du CO<sub>2</sub> par les puits, ou des gaz à effet de serre autres que le CO<sub>2</sub>.

Cependant, on ne peut établir aucune corrélation stricte entre le niveau de taxe sur le carbone et la variation du PIB et du bien-être, en raison des particularités de chaque pays, et de leurs politiques en vigueur (un niveau de taxation unique accablait moins les pays où l'énergie fossile n'occupe pas une part importante de la consommation finale).

Afin d'établir une comparaison commode entre les pays, on suppose, dans les études ci-dessus, que les recettes générées par les taxes sur le carbone (ou par les droits d'émissions vendus aux enchères) sont recyclées dans l'économie sous la forme d'un montant forfaitaire. Le coût social net découlant d'un coût marginal donné de limitation des émissions peut être diminué si les recettes fiscales visent à financer une baisse des taux marginaux des taxes facteurs de distorsion déjà existantes, comme l'impôt sur le revenu, les charges sociales et les taxes sur les ventes. Alors que le recyclage des recettes sous forme de montant forfaitaire n'entraîne aucun gain sur le plan de l'efficacité, le recyclage par le biais d'une diminution des taux marginaux d'imposition contribue à éviter certains coûts liés à l'efficacité des taxes existantes ou aux pertes économiques qui en découlent. Cela soulève la possibilité qu'une taxe sur le carbone sans incidence sur les recettes puisse offrir un double dividende, en (1) améliorant l'environnement et (2) réduisant les coûts du régime fiscal.

On distingue deux types de double dividende : le double dividende faible, et le double dividende fort. Dans le premier cas, les coûts d'une réforme axée sur l'environnement, sans incidence sur les

<sup>16</sup> Les valeurs les plus élevées mentionnées ici sont issues d'un seul modèle : ABARE-GTEM.

recettes, où les revenus fiscaux sont destinés à abaisser les taux marginaux des taxes antérieurement facteurs de distorsion, sont réduits en proportion des coûts générés par la redistribution fiscale aux ménages et aux entreprises sous la forme d'un montant forfaitaire. Dans le deuxième cas, les coûts d'une réforme du régime fiscal axée sur l'environnement, sans incidence sur les recettes, sont nuls ou négatifs. Le double dividende faible reçoit un appui quasi universel, alors que le double dividende fort suscite de la controverse.

La façon de recycler les recettes générées par les taxes sur le carbone et par la vente aux enchères de droits d'émissions dépend des particularités d'un pays donné. Les résultats des modélisations indiquent que dans le cas des économies particulièrement inefficaces ou désorganisées sur le plan des questions non environnementales, l'effet de recyclage des recettes fiscales peut effectivement être suffisamment important pour compenser les coûts primaires et l'effet d'interaction des taxes, et donner lieu au double dividende fort. Ainsi, selon plusieurs études portant sur les économies européennes, où les régimes fiscaux peuvent présenter de sérieuses distorsions en matière d'imposition relative du travail, il est possible d'obtenir un double dividende fort, du moins plus fréquemment qu'avec d'autres options de recyclage. En revanche, la plupart des études menées aux Etats-Unis sur les taxes sur le carbone et les politiques relatives aux droits d'émissions démontrent que le recyclage sous la forme d'une diminution des impôts relatifs au travail est moins efficace que par le biais d'une baisse d'imposition sur le capital. Par contre, ces études ne constatent aucun double dividende fort. Elles concluent également que, même dans les cas où l'on n'observe aucun effet de double dividende fort, les résultats sont considérablement meilleurs avec une politique de recyclage des recettes qui sont utilisées pour diminuer les taux marginaux d'imposition en place, qu'avec une politique ne prévoyant pas le recyclage des recettes, comme dans le cas, par exemple, des quotas acquis.

Dans tous les pays où des taxes sur le CO<sub>2</sub> ont été instaurées, certains secteurs en ont été exemptés, ou encore la taxe varie en fonction des secteurs. La plupart des études concluent que les exonérations fiscales font croître les coûts économiques relatifs aux politiques de taxation uniforme. Cependant, des écarts persistent dans l'ampleur des coûts engendrés par les exonérations.

## 8.4 Effets de la répartition des taxes sur le carbone

Le total des coûts revêt une importance aussi grande que la répartition de ces coûts dans l'évaluation globale des politiques relatives au climat. Une politique menant à un gain en efficacité peut ne pas améliorer le bien-être de façon générale si elle a pour effet de détériorer au lieu d'améliorer la situation de certaines personnes. De toute évidence, lorsqu'il y a une volonté de réduire les écarts de revenu au sein de la société, on doit tenir compte de la répartition des revenus dans l'évaluation.

Les effets distributifs d'une taxe sur le carbone semblent régressifs, sauf si les recettes générées par cette taxe sont utilisées,

directement ou indirectement, en faveur des groupes à faible revenu. Le recyclage des recettes fiscales par le biais d'une diminution des impôts relatifs au travail peut avoir des effets distributifs beaucoup plus intéressants que la redistribution d'un montant forfaitaire, où les recettes recyclées reviennent à la fois aux salariés et aux entrepreneurs. Une diminution de l'imposition du travail a pour effet d'augmenter les salaires et de favoriser principalement les salariés. Or, il est possible que les groupes les plus démunis de la société ne tirent aucun revenu du travail. A cet égard, une diminution des impôts relatifs au travail ne serait pas nécessairement toujours préférable aux options de recyclage qui profitent à tous les segments de la société, et elle pourrait diminuer le caractère régressif des taxes sur le carbone.

## 8.5 Apports des échanges internationaux de droits d'émission

Depuis longtemps, on reconnaît que les échanges internationaux de quotas d'émissions peuvent réduire le coût des mesures d'atténuation. Ces échanges prendront place lorsque des pays où le coût marginal national de réduction est élevé achèteront des quotas d'émissions à des pays où le coût marginal de réduction est faible. C'est ce qu'on appelle souvent la "souplesse de l'endroit", c'est-à-dire la possibilité de faire des réductions là où c'est le plus économique, quel que soit la situation géographique. Il est important de souligner que l'endroit où les réductions sont effectuées et le pays qui paye pour les réaliser sont deux éléments complètement indépendants.

La "souplesse de l'endroit" s'applique à diverses échelles, mondiale, régionale ou nationale. Dans le cas hypothétique d'échanges mondiaux, tous les pays s'entendent sur les plafonds d'émissions et prennent part, à titre d'acheteurs ou de vendeurs, au commerce international de quotas d'émissions. Le MDP pourrait permettre d'enregistrer certaines de ces réductions de coûts. Sur un marché d'échanges à l'échelle régionale (par exemple les pays figurant à l'Annexe B), les échanges sont plus restreints. Enfin, des échanges sont possibles à l'intérieur d'un pays, toutes les réductions des émissions étant effectuées dans le pays responsable de ces émissions.

Le tableau TS 5 compare les réductions de coûts découlant des échanges de droits d'émission entre les pays de l'Annexe B, des échanges mondiaux de droits d'émission, et celles réalisées en l'absence d'échanges. Les calculs sont effectués au moyen de divers modèles et intègrent les particularités mondiales et régionales. Dans chaque cas, le but est d'atteindre les objectifs de réduction des émissions fixés dans le cadre du Protocole de Kyoto. Tous ces modèles révèlent que plus le marché des échanges est étendu, plus la réduction des coûts est considérable. Les divergences constatées d'un modèle à l'autre tiennent en partie aux différences dans le choix du niveau de référence, dans l'énoncé des hypothèses concernant le coût et la disponibilité d'autres mesures peu coûteuses, pour l'approvisionnement et la demande dans le secteur de l'énergie, et dans le traitement des perturbations macroéconomiques à court terme. De façon générale, tous les coûts bruts calculés sans échanges sont inférieurs à 2 pour cent du PIB (on présume qu'il a augmenté significativement au cours de la période étudiée), et dans la plupart des cas, ils ne

**Tableau TS 5 :** Principaux résultats du forum sur la modélisation de l'énergie. Pertes de PIB en 2010 (en % du PIB; objectif de Kyoto de 2010)

| Modèle     | Pas d'échanges |        |       |      | Echanges entre pays Ann.I |        |       |      | Echanges mondiaux |        |       |      |
|------------|----------------|--------|-------|------|---------------------------|--------|-------|------|-------------------|--------|-------|------|
|            | E.-U.          | OCDE-E | Japon | CANZ | E.-U.                     | OCDE-E | Japon | CANZ | E.-U.             | OCDE-E | Japon | CANZ |
| ABARE-GTEM | 1,96           | 0,94   | 0,72  | 1,96 | 0,47                      | 0,13   | 0,05  | 0,23 | 0,09              | 0,03   | 0,01  | 0,04 |
| AIM        | 0,45           | 0,31   | 0,25  | 0,59 | 0,31                      | 0,17   | 0,13  | 0,36 | 0,20              | 0,08   | 0,01  | 0,35 |
| CETA       | 1,93           |        |       |      | 0,67                      |        |       |      | 0,43              |        |       |      |
| G-CUBED    | 0,42           | 1,50   | 0,57  | 1,83 | 0,24                      | 0,61   | 0,45  | 0,72 | 0,06              | 0,26   | 0,14  | 0,32 |
| GRAPE      |                | 0,81   | 0,19  |      |                           | 0,81   | 0,10  |      |                   | 0,54   | 0,05  |      |
| MERGE3     | 1,06           | 0,99   | 0,80  | 2,02 | 0,51                      | 0,47   | 0,19  | 1,14 | 0,20              | 0,20   | 0,01  | 0,67 |
| MS-MRT     | 1,88           | 0,63   | 1,20  | 1,83 | 0,91                      | 0,13   | 0,22  | 0,88 | 0,29              | 0,03   | 0,02  | 0,32 |
| Oxford     | 1,78           | 2,08   | 1,88  |      | 1,03                      | 0,73   | 0,52  |      | 0,66              | 0,47   | 0,33  |      |
| RICE       | 0,94           | 0,55   | 0,78  | 0,96 | 0,56                      | 0,28   | 0,30  | 0,54 | 0,19              | 0,09   | 0,09  | 0,19 |

Note : Les résultats du modèle Oxford ne sont pas compris dans les fourchettes rapportées dans le Résumé technique et dans le Résumé à l'intention des décideurs, parce que ce modèle n'a pas fait l'objet d'un examen scientifique suffisamment approfondi (et n'est donc pas approprié aux fins de la présente évaluation du GIEC), et parce qu'il se base sur des données remontant au début des années 80 pour établir les paramètres fondamentaux qui déterminent les résultats obtenus. Il n'existe aucun lien entre ce modèle et le CLIMOX, de l'*Oxford Institutes of Energy Studies*, auquel on fait référence dans le tableau TS 6.

dépassent pas 1 pour cent. Les échanges entre les pays de l'Annexe B abaissent les coûts, pour l'ensemble des pays de l'OCDE, à des valeurs inférieures à 0,5 pour cent du PIB, et les impacts régionaux varient entre 0,1 et 1,1 pour cent. Les échanges mondiaux réduiraient les coûts à un niveau bien inférieur à 0,5 pour cent du PIB, la moyenne étant, pour l'OCDE, inférieure à 0,2 pour cent.

La question de "l'air chaud"<sup>17</sup> a aussi une incidence sur le coût de la mise en œuvre du Protocole de Kyoto. Le récent déclin de l'activité économique qu'ont connu l'Europe de l'Est et l'ex-URSS a entraîné une diminution des émissions de GES. Bien que l'on prévoit un renversement éventuel de cette tendance, il n'en demeure pas moins que les émissions de certains pays devraient demeurer sous le seuil établi par le Protocole de Kyoto. S'il en est ainsi, ces pays disposeront de quotas d'émissions en surplus, qu'ils pourront vendre à des pays qui sont en quête de solutions peu coûteuses pour atteindre leurs propres objectifs. Les économies en termes de coûts sont sensibles à l'ampleur des échanges "d'air chaud".

De nombreuses évaluations associent la baisse prévue du PIB au respect de contraintes du type de celles imposées par le Protocole de Kyoto. La plupart des analyses économiques se sont concentrées sur le coût brut des activités entraînant des émissions de carbone<sup>18</sup>, en laissant de côté les possibilités d'économies en termes

de coûts que permettraient la réduction des gaz autres que le CO<sub>2</sub>, ainsi que le piégeage du carbone. De plus, elles n'ont pas tenu compte des avantages pour l'environnement (avantages accessoires et changements climatiques évités), non plus qu'elles n'ont mis les recettes à profit pour surmonter les distorsions. La considération de telles possibilités pourrait diminuer les coûts.

L'instauration d'une contrainte entraînerait la réutilisation des ressources aux dépens des mesures qui seraient privilégiées en l'absence d'une limite et imposerait des choix en matière de conservation et de combustibles de remplacement qui pourraient être coûteux. Les prix relatifs changeraient aussi. Ces ajustements forcés mènent à une diminution de la performance économique qui se répercute sur le PIB. De toute évidence, plus le marché d'échanges des droits d'émissions est étendu, plus les possibilités de réduction du coût global des mesures d'atténuation sont grandes. A l'inverse, plus on limite la mesure dans laquelle un pays peut se servir de l'achat de quotas d'émissions pour atteindre ses objectifs, plus ce coût croît. Plusieurs études ont conclu que cette augmentation est substantielle, particulièrement dans les pays où le coût marginal de réduction est le plus élevé. Par contre, le fonctionnement même du régime d'échanges (coût des transactions, coûts de gestion, assurance contre l'incertitude, comportement stratégique dans l'utilisation des droits d'émission) est un autre paramètre susceptible de diminuer l'importance des économies réalisées grâce aux échanges de droits d'émission de carbone.

## 8.6 Avantages accessoires de l'atténuation des gaz à effet de serre

Les politiques visant à l'atténuation des gaz à effet de serre peuvent avoir des effets secondaires bénéfiques ou néfastes sur la

<sup>17</sup> Air chaud : Quelques pays, particulièrement des pays à économie en transition, se sont vu attribuer des droits qui, en raison d'un ralentissement économique, se révèlent bien supérieurs à leurs prévisions d'émissions. L'expression "Air chaud" est utilisée pour désigner cet excédent.

<sup>18</sup> Bien que certaines études comprennent l'analyse de multiples gaz, il faudra encore étudier en profondeur cette possibilité, du point de vue aussi bien intertemporel que régional.

société, si l'on exclut les avantages liés aux changements climatiques évité. Cette section est consacrée en particulier à l'évaluation des études traitant des effets secondaires de l'atténuation des changements climatiques. On parlera donc "d'avantages ou de coûts accessoires". Il n'existe pas de véritable consensus sur la définition, la portée ou l'importance de ces avantages accessoires, ni sur les méthodologies permettant de les intégrer aux politiques relatives au climat. Certains critères ont été établis afin d'examiner la documentation de plus en plus abondante sur l'étude des liens existant entre certaines politiques relatives à l'atténuation des émissions de carbone et les avantages accessoires monétaires qui s'y rattachent. Les récents travaux qui adoptent une approche économique d'ensemble, plutôt que sectorielle, pour étudier les avantages accessoires, sont décrits dans le présent résumé, et on examine également leur crédibilité (les analyses sectorielles sont présentées au Chapitre 9). En dépit des récents progrès accomplis dans l'élaboration de méthodes, il demeure très difficile d'estimer quantitativement les effets, avantages et coûts accessoires des politiques d'atténuation des GES. Néanmoins, à court terme, les avantages accessoires qui découlent des politiques visant les GES peuvent représenter, dans certains circonstances, une fraction non négligeable du coût privé (direct) des mesures d'atténuation et, dans certains cas, être comparables au coût des mesures d'atténuation. La documentation révèle que les avantages accessoires pourraient revêtir une importance particulière dans les pays en développement, mais les études à ce sujet sont encore rares.

L'ampleur, l'échelle et la portée exactes de ces avantages et coûts accessoires varient selon les conditions géographiques locales et le niveau de référence établi. Dans certains cas où les conditions de référence sont caractérisées par des émissions de carbone et des densités de populations relativement peu élevées, il est possible que les avantages soient faibles. Les modèles les plus couramment utilisés dans l'évaluation des avantages accessoires, soit les modèles informatiques d'équilibre général (CGE), ont du mal à estimer ces avantages, parce qu'ils disposent rarement, et ne disposeront peut-être jamais, des détails spatiaux nécessaires.

Pour ce qui est du niveau de référence, la plupart des études sur les avantages accessoires ne traitent essentiellement que des politiques et de la réglementation gouvernementales touchant l'environnement. La documentation omet généralement les questions concernant les politiques réglementaires visant les niveaux de référence, comme celles liées à l'énergie, au transport et à la santé, et les questions visant les niveaux de référence qui ne sont pas réglementées, par exemple celles concernant la technologie, la démographie, et les ressources naturelles disponibles. Pour les études examinées ici, la plus grande part d'avantages accessoires est liée à la santé publique. Etant donné l'importance des polluants secondaires, l'évaluation du lien entre les émissions et les concentrations atmosphériques demeure une source majeure d'incertitude dans la modélisation des avantages accessoires liés à la santé publique. Il est toutefois admis qu'il existe des avantages accessoires substantiels, autres que ceux liés à la santé publique, qui n'ont pas encore été quantifiés et chiffrés monétairement. En même temps, il semble y avoir de sérieuses lacunes dans les méthodes et les modèles utilisés pour estimer les coûts accessoires.

## 8.7 "Effets d'entraînement"<sup>19</sup> des actions entreprises dans les pays de l'Annexe B sur les pays ne figurant pas à l'Annexe B

Dans un monde où les économies sont liées par la circulation des capitaux et les échanges internationaux, les mesures de réduction adoptées par une économie donnée ont des conséquences sur le bien-être des autres économies, qu'elles soient engagées dans la même voie ou non. Ces effets, que l'on appelle "Effets d'entraînement", agissent sur le commerce, les transferts d'émissions de carbone, le transfert et la diffusion de technologies respectueuses de l'environnement, etc. (figure TS 8).

En ce qui concerne les effets sur le commerce, les études concluent principalement, à partir des simulations effectuées avant Kyoto, qu'étant donné l'incidence des limites d'émissions imposées dans les pays de l'Annexe B sur les pays ne figurant pas à l'Annexe B, les réductions entreprises par les pays de l'Annexe B auraient des effets essentiellement néfastes sur les régions non visées par cette Annexe. Dans les simulations du Protocole de Kyoto, les résultats étaient plus variés, certaines régions ne figurant pas à l'Annexe B bénéficiant de gains de bien-être et d'autres subissant des pertes. Cela tient principalement au fait que les objectifs, pour ce qui est de la simulation du Protocole de Kyoto, étaient plus modestes que ceux des simulations avant Kyoto. Il a également été déterminé que la plupart des économies des pays ne figurant pas à l'Annexe B qui souffraient de pertes de bien-être, dans un scénario de réductions uniformes et indépendantes, subiraient des pertes moins importantes dans le cadre d'un échange de droits d'émission.

Une réduction des émissions des pays de l'Annexe B aura tendance à entraîner une augmentation de celles issues des pays ne figurant pas à cette Annexe, ce qui diminue l'efficacité, d'un point de vue environnemental, des réductions réalisées dans les pays de l'Annexe B. On appelle ce phénomène "transferts d'émissions de carbone", et il survient dans une proportion de 5 à 20 pour cent. Il est attribuable à une possible relocalisation des industries à forte intensité énergétique parce que les pays de l'Annexe B deviennent moins concurrentiels sur les marchés internationaux, que les prix établis par les producteurs de combustibles fossiles diminuent mondialement et que les revenus progressent suite à l'amélioration des ententes commerciales.

Le DRE faisait état de la grande variabilité des estimations de transferts d'émissions de carbone des modèles existants; l'écart entre les résultats a cependant diminué par la suite, peut-être en grande partie à cause de l'élaboration de nouveaux modèles qui reposent sur des hypothèses et des sources de données à peu près similaires. L'élaboration de ces nouveaux modèles ne reflète pas nécessairement un consensus sur l'hypothèse comportementale la

<sup>19</sup> On entend par "effets d'entraînement" les effets découlant des stratégies d'atténuation nationales se répercutant sur les autres pays. Ils peuvent être positifs ou négatifs, et ils agissent sur le commerce, les transferts d'émissions de carbone, le transfert et la diffusion de technologies respectueuses de l'environnement, etc.

| Effets d'entraînement<br>Politiques et mesures                   | Avantages liés aux progrès technologiques                                                                                                                          | Incidence sur les activités et les prix des industries énergétiques                                                                 | Incidence sur les industries à forte intensité énergétique                                              | Transfert de ressources aux secteurs                                                |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Politiques publiques R&D                                         | Elargissement de l'ensemble des connaissances scientifiques                                                                                                        |                                                    |                                                                                                         |                                                                                     |
| Politiques "d'accès aux marchés" pour les nouvelles technologies | Amélioration du savoir-faire par l'expérience, l'apprentissage par l'acte                                                                                          |                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                                                                     |
| Normes, subventions, ententes volontaires                        | Nouvelles normes de performance – produits et industries plus propres                                                                                              |                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                                                                     |
| Taxes sur le carbone                                             | <br>Changements technologiques induits par les prix et diffusion des technologies | Diminution de l'activité du secteur des combustibles fossiles                                                                       | Transferts d'émissions de carbone, effets positifs sur activités, négatifs sur environ. dans pays hôtes |                                                                                     |
| Elimination des subventions liées à l'énergie                    |                                                                                                                                                                    | Baisse des prix mondiaux, effets négatifs pour les exportateurs, positifs pour les importateurs, possibilité d'un "effet de rebond" | Réduction des distorsions de concurrence entre les industries                                           |                                                                                     |
| Harmonisation des taxes sur le carbone                           |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                                                                     |
| Echange national de droits d'émission                            |                                                                                                                                                                    |                                                  | Distorsion de concurrence si scénarios différenciés (droits acquis contre ventes aux enchères)          |                                                                                     |
| Mécanismes de mise en œuvre conjointe et de développement propre |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                     |                                                                                                         | Transfert de technologies                                                           |
| Echange international de droits d'émission                       |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                     |                                                                                                         | Gain net quand prix des droits supérieur (et non égal) au coût moyen des réductions |

**Figure TS 8 :** On entend par "Effets d'entraînement" des stratégies d'atténuation nationales les répercussions de ces stratégies sur les autres pays. Ils peuvent être positifs ou négatifs, et ils agissent sur le commerce, les transferts d'émissions de carbone, le transfert et la diffusion de technologies respectueuses de l'environnement, etc.

plus adéquate. Un résultat solide, par contre, semble indiquer que les transferts d'émissions de carbone croissent avec la rigueur de la stratégie de réduction des émissions, ce qui signifie que les transferts seraient un problème moins sérieux dans le contexte des objectifs de Kyoto que dans celui des objectifs plus exigeants envisagés auparavant. De plus, les transferts d'émissions sont moindres dans le contexte d'un échange de droits d'émission que dans le cas de réductions effectuées de façon indépendante. Les exonérations dont bénéficient, dans la pratique, les industries à forte intensité énergétique, ainsi que d'autres facteurs, diminuent les probabilités du modèle prévoyant les plus forts transferts d'émissions de carbone, mais augmenteraient les coûts globaux.

Le degré présumé de concurrence sur le marché mondial du pétrole pourrait également avoir une incidence sur les transferts d'émissions de carbone. La plupart des études présument d'un marché concurrentiel, mais celles qui reposent sur un scénario de concurrence imparfaite concluent à des transferts d'émissions de carbone moins importantes lorsque l'OPEP jouit d'une certaine emprise sur le marché en ce qui concerne l'approvisionnement pétrolier, lui permettant ainsi de freiner la chute du prix du pétrole à l'échelle internationale. Que l'OPEP agisse ou non comme un cartel peut avoir un effet assez significatif sur la perte

de richesses pour l'OPEP et les autres producteurs de pétrole, ainsi que sur le prix des droits d'émissions dans les régions de l'Annexe B (voir aussi la section 9.2).

Le troisième des effets d'entraînement mentionnés précédemment, le transfert et la diffusion de technologies respectueuses de l'environnement, est lié au changement technique induit (voir section 8.10). Le transfert de technologies et de savoir-faire respectueux de l'environnement, dont les modèles ne tiennent pas compte, peut amener une diminution des transferts d'émissions et, à long terme, spécialement, pourrait avoir un impact plus grand que simplement compenser ces transferts.

## 8.8 Résumé des principaux résultats en ce qui concerne les objectifs de Kyoto

Le coût estimé pour la mise en œuvre du Protocole de Kyoto par les pays figurant à l'Annexe B varie selon les études et les régions, et il est fortement tributaire des hypothèses concernant l'utilisation des mécanismes du Protocole de Kyoto et leurs interactions avec les mesures nationales. La majeure partie des études réalisées à l'échelle mondiale portant sur l'établissement et la comparaison



des coûts se servent de modèles internationaux axés sur l'énergie et l'économie. Neuf études donnent à croire que le PIB subira les répercussions suivantes<sup>20</sup> :

**Pays de l'Annexe II**<sup>21</sup> : En l'absence d'un échange de droits d'émission entre les pays de l'Annexe B<sup>22</sup>, la majorité des études mondiales indiquent, pour les différentes régions de l'Annexe II, une réduction prévue du PIB d'environ 0,2 à 2 pour cent en 2010. Avec un échange de droits d'émission entre les pays figurant à l'Annexe B, on estime que la réduction prévue du PIB sera, en 2010, de l'ordre de 0,1 à 1,1 pour cent<sup>23</sup>. La fourchette d'hypothèses retenues dans ces études est très large. Les modèles dont les résultats sont présentés ici supposent une utilisation complète du régime d'échanges de droits d'émission, sans tenir compte des coûts de transaction. Les valeurs obtenues par les modèles où l'échange de droits d'émission entre les pays de l'Annexe B n'est pas permis supposent un échange national de droits d'émission complet dans chaque région. Les modèles ne tiennent pas compte des puits, ni des gaz à effet de serre autres que le CO<sub>2</sub>. Ils n'incluent pas le MDP, les options entraînant des coûts négatifs, les avantages accessoires et le recyclage ciblé des recettes fiscales.

Dans toutes les régions, les facteurs suivants influent sur les coûts :

- les contraintes imposées quant aux échanges entre les pays de l'Annexe B, les coûts de transaction élevés de la mise en œuvre des mécanismes et l'adoption de mesures nationales inefficaces, pourraient hausser les coûts;
- l'intégration du potentiel des mesures "sans regrets" aux politiques et mesures nationales, l'utilisation du MDP, les puits, ainsi que la prise en compte des gaz à effet de serre autres que le CO<sub>2</sub>, pourraient entraîner une baisse des coûts. Les coûts peuvent varier de façon plus marquée d'un pays à l'autre.

Ces modèles confirment que les mécanismes du Protocole de Kyoto jouent un rôle essentiel dans l'atténuation des risques de coûts élevés, pour certains pays, et peuvent, par conséquent, compléter les mécanismes des politiques nationales. De la même

façon, ils peuvent réduire les risques d'effets inévitables à l'échelle internationale et contribuer à niveler les coûts marginaux. Les études de modélisation à l'échelle mondiale mentionnées précédemment indiquent que l'atteinte des objectifs de Kyoto est possible moyennant des coûts marginaux nationaux d'environ 20 \$US/tC à 600 \$US/tC, en l'absence d'échanges de droits d'émission et, avec des échanges de droits d'émission entre les pays de l'Annexe B, moyennant des coûts de 15 \$US/tC à 150 \$US/tC. La réduction des coûts découlant de ces mécanismes pourrait dépendre des particularités de la mise en œuvre, dont la compatibilité des mécanismes nationaux et internationaux, les contraintes, ainsi que les coûts de transaction.

**Economies en transition** : Pour la plupart de ces pays, les effets sur le PIB vont d'une augmentation négligeable à une hausse de plusieurs points de pourcentage. Cela reflète les possibilités d'accroissement de l'efficacité énergétique qui n'existent pas pour les pays de l'Annexe II. En faisant l'hypothèse d'un accroissement considérable de l'efficacité énergétique ou de l'enfilade des récessions économiques, ou les deux, dans certains pays, les quantités attribuées pourraient être supérieures aux émissions projetées pour la première période d'engagement. Dans ce cas, les modèles révèlent une augmentation du PIB à cause des recettes découlant de l'échange de quantités attribuées. Cependant, la mise en œuvre du Protocole de Kyoto aura, sur le PIB de certaines économies en transition, des effets similaires à ceux ressentis par les pays de l'Annexe II.

**Pays ne figurant pas à l'Annexe I** : Les contraintes relatives aux émissions imposées aux pays de l'Annexe I ont des "Effets d'entraînement"<sup>24</sup> bien déterminés, mais variés, sur les pays de l'Annexe I.

- Pays exportateurs de pétrole ne figurant pas à l'Annexe I : les analyses présentent les coûts de différentes façons, entre autres sous l'angle de la réduction prévue du PIB et de la diminution des recettes pétrolières prévues<sup>25</sup>. L'étude concluant aux coûts les plus bas prévoit, en 2010, une réduction de 0,2 pour cent du PIB projeté, en l'absence d'échanges de droits d'émission, et de moins de 0,5 pour cent du PIB projeté, dans le cas d'un échange de droits d'émission entre les pays de l'Annexe B<sup>26</sup>. L'étude indiquant les coûts les plus élevés prévoit, en 2010, une diminution de 25 pour cent des recettes pétrolières prévues, en l'absence d'échanges de droits d'émission, et de 13 pour cent de ces recettes, avec échanges de droits d'émission entre les pays de l'Annexe B. Outre l'échange de droits d'émission entre les pays de l'Annexe B, ces études n'examinent pas d'autres politiques

<sup>20</sup> De nombreuses autres études intègrent de façon plus précise les particularités des pays, ainsi que la diversité des politiques visées, de sorte qu'elles offrent une plus large fourchette des coûts nets estimés.

<sup>21</sup> Pays de l'Annexe II : groupe de pays figurant à l'Annexe II de la CCNUCC, y compris tous les pays développés membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques.

<sup>22</sup> Pays de l'Annexe B : groupe de pays figurant à l'Annexe B du Protocole de Kyoto ayant accepté un objectif pour leurs émissions de gaz à effet de serre, y compris tous les pays de l'Annexe I (conformément à l'amendement de 1998), sauf la Turquie et le Bélarus.

<sup>23</sup> Plusieurs unités peuvent être utilisées pour présenter les coûts. Par exemple, si les coûts annuels associés à l'atteinte des objectifs de Kyoto, pour les pays développés, dans le contexte d'un régime d'échanges de droits d'émissions entre les pays de l'Annexe B, sont de l'ordre de 0,5 % du PIB, cela représente 125 milliards \$US (1000 millions) par année, ou 125 \$US par personne et par année, d'ici 2010, dans les pays de l'Annexe II (hypothèses du SRES). Cela correspond à un effet de moins de 0,1 point de pourcentage sur le taux de croissance économique, sur dix ans.

<sup>24</sup> Les effets d'entraînement ici comprennent seulement les effets économiques, et non les effets sur l'environnement.

<sup>25</sup> Les six études examinées sont présentées en détail au Tableau 9.4 du rapport.

<sup>26</sup> Ces coûts estimés peuvent être exprimés en termes de variation du taux de croissance du PIB au cours de la période 2000-2010. Sans échange de droits d'émissions, ce taux est réduit de 0,02 point de pourcentage par année, et avec un échange de droits d'émissions entre les pays de l'Annexe B, il subit une baisse annuelle de moins de 0,005 point de pourcentage.

et mesures<sup>27</sup> susceptibles d'atténuer les répercussions sur les pays exportateurs de pétrole ne figurant pas à l'Annexe I; par conséquent, elles ont tendance à surestimer les coûts pour ces pays, de même que les coûts d'ensemble. Les effets sur ces pays pourraient être moins importants si l'on éliminait les subventions au secteur des combustibles fossiles, si l'on restructurait le régime de taxes sur l'énergie en fonction de la teneur en carbone, si l'on intensifiait l'utilisation du gaz naturel, et si l'on diversifiait l'économie des pays exportateurs de pétrole ne figurant pas à l'Annexe I.

- Autres pays ne figurant pas à l'Annexe I : ils pourraient subir les effets négatifs d'une réduction de la demande, pour leurs produits d'exportation, de la part des pays membres de l'OCDE, ainsi que de la hausse du prix des produits à forte intensité de carbone et autres produits qu'ils continuent d'importer. En revanche, ces pays pourraient bénéficier de la baisse du prix du carburant, de l'accroissement des exportations de produits à forte intensité de carbone et du transfert de technologies et de savoir-faire respectueux de l'environnement. Le résultat net pour un pays donné dépendra du facteur dominant. Comme le tableau d'ensemble est très complexe, on ne peut désigner avec certitude les gagnants et les perdants.
- Transferts d'émissions de carbone <sup>28</sup>: la relocalisation possible des industries à forte intensité de carbone dans les pays ne figurant pas à l'Annexe I et une incidence plus grande de la fluctuation des prix sur le flux des échanges commerciaux pourraient causer des transferts de l'ordre de 5 à 20 pour cent. Les exonérations dont pourraient profiter, par exemple, les industries à forte intensité de carbone, diminuent la probabilité des projections de transferts d'émissions les plus élevées des modèles, mais elles élèveraient néanmoins les coûts totaux. Le transfert de technologies et de savoir-faire soucieux de l'environnement, dont ne tiennent pas compte les modèles, pourrait diminuer les transferts d'émissions et à long terme spécialement ferait plus que compenser ces transferts.

<sup>27</sup> Ces politiques et mesures comprennent celles relatives aux gaz autres que le CO<sub>2</sub> et aux sources non énergétiques de tous les gaz; les émissions neutralisées par les puits; la restructuration de l'industrie (par exemple, le passage de l'état de producteur d'énergie à celui de fournisseur de services énergétiques); l'exploitation de la position dominante de l'OPEP sur le marché; les mesures (par exemple celles prises par les Parties de l'Annexe B) ayant trait au financement, à l'assurance, et au transfert des technologies. De plus, ces études ne tiennent généralement pas compte des politiques et effets susceptibles de réduire le coût total des mesures d'atténuation, soit l'utilisation des recettes générées par les taxes pour alléger le fardeau fiscal ou financer d'autres mesures d'atténuation; les bénéfices accessoires, pour l'environnement, de la diminution de l'utilisation des combustibles fossiles; le changement technologique induit par les politiques relatives à l'atténuation.

<sup>28</sup> On entend ici par "transferts d'émissions de carbone" l'augmentation des émissions dans les pays ne figurant pas à l'Annexe B découlant de la réalisation de réductions dans les pays de l'Annexe B, exprimée sous la forme d'un pourcentage des réductions effectuées dans les pays de l'Annexe B.

## 8.9 Coûts associés à l'atteinte d'une fourchette d'objectifs de stabilisation

D'après les analyses coût-efficacité sur un horizon temporel d'un siècle, on estime que les coûts associés à la stabilisation des concentrations de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère augmentent au fur et à mesure que le niveau de stabilisation diminue. La variation des niveaux de référence utilisés peut avoir une incidence considérable sur les coûts absolus. Lorsque le niveau de stabilisation fixé passe de 750 ppmv à 550 ppmv, l'augmentation des coûts est modérée, mais lorsqu'il passe de 550 à 450 ppmv, on observe une élévation des coûts plus marquée, sauf dans les cas où les émissions prévues dans le scénario de base sont très basses. Cependant, ces résultats ne tiennent pas compte du piégeage du carbone et des gaz autres que le CO<sub>2</sub>, ni des effets possibles sur les changements technologiques induits d'objectifs plus ambitieux<sup>29</sup>. En particulier, le choix du scénario de base influe fortement sur les coûts. De récentes études qui se sont servi des scénarios SRES de base du GIEC pour analyser la stabilisation montrent clairement que la réduction moyenne prévue du PIB, dans la plupart des scénarios de stabilisation étudiés ici, est inférieure de 3 pour cent à la valeur de référence (la réduction maximale dans tous les scénarios de stabilisation atteignait 6,1 pour cent, pour une année donnée). En même temps, certains scénarios (spécialement dans le groupe A1T) indiquaient une hausse du PIB par rapport au scénario de référence, en raison d'une apparente rétroaction économique positive du développement et du transfert de technologies. La réduction du PIB (moyennée sur les canevas et les niveaux de stabilisation) est à son minimum en 2020 (1 pour cent), à son maximum en 2050 (1,5 pour cent), et commence à décliner en 2100 (1,3 pour cent). Cependant, dans les groupes de scénarios où les émissions de référence sont les plus fortes (A2 et A1F1), la réduction du PIB augmente au cours de la période de modélisation. L'échelle de grandeur des réductions du PIB étant relativement petite par rapport aux niveaux absolus du PIB, les réductions prévues, dans les scénarios de stabilisation post-SRES, n'entraînent aucune baisse significative du taux de croissance du PIB au cours du siècle actuel. Par exemple, dans tous les scénarios de stabilisation, le taux de croissance annuel du PIB entre 1990 et 2100 a été réduit en moyenne de seulement 0,003 pour cent par année, la réduction maximale étant de 0,06 pour cent par année.

On détermine la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère en se basant davantage sur les émissions cumulées que sur les émissions annuelles. Autrement dit, il est possible d'atteindre un objectif précis de concentration en utilisant divers cheminements pour les émissions. Un certain nombre d'études laissent croire que le choix d'un cheminements peut s'avérer aussi capital que l'objectif lui-même, dans l'évaluation du coût général des mesures d'atténuation. On distingue deux types d'études : celles qui présument que

<sup>29</sup> Les changements technologiques induits constituent un nouveau domaine de recherches. Aucune des études consultées dans le TRE traitant du lien entre les concentrations de CO<sub>2</sub> et les coûts s'y rattachant, à l'échelle d'un siècle, ne fait état des résultats des modèles tenant compte des changements technologiques induits. Les modèles tenant compte des changements technologiques induits, dans certaines circonstances, indiquent que les concentrations peuvent différer sur un horizon temporel d'un siècle, avec un taux de croissance du PIB similaire, mais dans un contexte de régimes stratégiques différents.

L'objectif est connu, et celles qui jugent que la question de l'objectif fait partie des incertitudes dans les processus de prise de décisions.

Pour ce qui est des études qui présument que l'objectif est connu, l'enjeu consiste à déterminer le moyen le moins coûteux d'atteindre l'objectif d'atténuation fixé. Le choix d'un cheminement peut sembler à ce stade être lié au bilan du carbone. Jusqu'ici, la question a été analysée en ne tenant compte que du CO<sub>2</sub>, peu d'attention ayant été accordée aux autres GES. Le niveau de concentration détermine la quantité de carbone qu'il est permis de rejeter dans l'atmosphère jusqu'à la date cible. La question est donc de déterminer la meilleure façon de ventiler le bilan du carbone dans le temps.

La plupart des études ayant tenté de déterminer le cheminement le moins coûteux pour atteindre un objectif particulier concluent que ce cheminement a tendance à s'éloigner progressivement du scénario de référence du modèle au cours des premières années, puis les réductions s'accroissent par la suite. À cela, plusieurs raisons. Une transition progressive, à court terme, à partir de l'actuel système énergétique mondial, limite le remplacement des équipements actuels, laisse le temps de développer de nouvelles technologies et évite le confinement précoce à des versions préliminaires de technologies à faibles émissions progressant rapidement. Par ailleurs, des mesures plus dynamiques à court terme réduiraient les risques pour l'environnement liés à des changements climatiques rapides, accéléreraient la diffusion de technologies existantes à faibles émissions (voir aussi la section 8.10), offriraient des incitations alléchantes à court terme en vue des éventuelles transformations technologiques qui pourraient contribuer à remplacer les technologies à forte intensité de carbone et permettraient l'adoption d'objectifs plus stricts, si cela s'avérait souhaitable, à la lumière de l'évolution des connaissances scientifiques.

Il convient aussi de noter que plus le niveau de concentration visé est bas, plus le bilan du carbone sera réduit, et plus vite on s'éloignera du scénario de référence. Cependant, en fixant des niveaux de concentration plus élevés, on s'éloigne progressivement des niveaux de référence, mais cela n'élimine pas pour autant la nécessité de prendre des mesures hâtives. Tous les objectifs de stabilisation nécessitent à terme le remplacement des équipements par des produits à moins forte intensité de carbone, d'où les répercussions immédiates sur les décisions touchant les investissements à court terme. Les nouvelles possibilités d'approvisionnement mettent généralement de nombreuses années avant d'arriver sur les marchés. Il est donc essentiel de soutenir sans délai et durablement la recherche et le développement, afin de pouvoir répondre au moment voulu à la demande pour des substituts économiques peu coûteux et faibles en carbone.

Nous avons jusqu'à maintenant discuté du coût des mesures d'atténuation. Il importe également d'examiner les effets sur l'environnement des cheminement privilégiés pour les émissions, car ils comportent non seulement des coûts de réduction différents, mais des avantages bien distincts en termes d'effets sur l'environnement évités (voir section 10).

Présumer que l'objectif est connu avec certitude constitue une simplification abusive. Heureusement, la CCNUCC reconnaît la nature dynamique du problème décisionnel. Elle exige une révision périodique "à la lumière des données scientifiques les plus sûres concernant les changements climatiques et leur impact". Un tel processus, qui privilégie la prise de décisions séquentielles, a pour but de définir des stratégies de couverture à court terme, en tenant compte des incertitudes à long terme. La question pertinente n'est pas de savoir quel est le meilleur plan d'action pour les 100 années à venir, mais quel est le meilleur plan à court terme, compte tenu des incertitudes à long terme.

Plusieurs études ont tenté de déterminer la meilleure stratégie de couverture à court terme en se basant sur les incertitudes concernant l'objectif à long terme. Elles révèlent que l'étendue souhaitable de la couverture dépend de l'évaluation que l'on fait des enjeux, des probabilités et du coût des mesures d'atténuation. La prime de risque (le montant qu'une société est prête à payer pour éviter les risques) constitue, en fin de compte, une décision politique qui est différente pour chaque pays.

## 8.10 La question des changements technologiques induits

La plupart des modèles utilisés pour évaluer les coûts associés à l'atteinte d'un objectif précis d'atténuation ont tendance à simplifier excessivement le processus du changement technique. En général, on considère que le taux de changement technique est indépendant de la limite des émissions. On dit de ce genre de changement qu'il est "autonome". Au cours des dernières années, la question du changement technique induit a retenu de plus en plus l'attention. Certains soutiennent que ce changement pourrait faire diminuer le coût des politiques de réduction du CO<sub>2</sub> de façon substantielle, voire l'éliminer. D'autres sont beaucoup moins enthousiastes à propos de l'incidence de ce changement.

De récentes recherches semblent indiquer que l'incidence du changement technologique sur le moment des réductions dépend de l'origine de ce changement. Lorsqu'il est l'aboutissement de la R&D, le changement technologique induit favorise une concentration des efforts de réductions dans l'avenir. La raison est que le changement technologique abaisse le coût des réductions futures par rapport à celui des réductions actuelles; il est donc plus rentable de mettre davantage l'accent sur les réductions futures. Mais quand le changement technologique découle de l'apprentissage par l'expérience, le changement technologique induit complique le choix du meilleur moment pour effectuer les réductions. D'une part, le changement technique induit permet de réaliser à faible coût des réductions, d'où l'incitation à miser sur les efforts de réductions futurs. D'autre part, les réductions immédiates ont une valeur ajoutée du fait qu'elles contribuent à l'apprentissage par l'expérience, contribuant à la diminution du coût des réductions subséquentes. C'est la nature particulière des technologies, ainsi que les fonctions de coût, qui déterminent lequel de ces deux effets dominera.

Certaines pratiques sociales pourraient résister au changement technologique, et d'autres, au contraire, le renforcer. Ainsi, la sensibilisation et l'éducation du public pourraient encourager un changement social en faveur d'un environnement propice à l'innovation et à la diffusion des technologies. Il s'agit là d'un domaine de recherche à explorer.

## 9 Coûts et avantages accessoires de l'atténuation pour les secteurs

### 9.1 Différences entre les coûts de l'atténuation des changements climatiques selon qu'ils sont évalués à l'échelle d'un pays ou d'un secteur

Les politiques adoptées pour atténuer le réchauffement de la planète auront des implications pour certains secteurs, tels que ceux du charbon, du pétrole et du gaz, de l'électricité, de la fabrication, des transports, et pour les ménages. Une évaluation sectorielle aide à mettre les coûts en perspective, à déterminer les éventuels perdants, ainsi que l'ampleur des pertes et les endroits où elles seront encourues, et à identifier les secteurs qui peuvent tirer profit de la situation. Cependant, il convient de remarquer que la documentation disponible pour effectuer cette évaluation est limitée : les études exhaustives des effets de l'atténuation sur les différents secteurs sont peu nombreuses, comparativement à celles des macro-effets sur le PIB, et elles tendent à porter sur les pays et régions de l'annexe I.

Il y a un problème fondamental en ce qui concerne les politiques d'atténuation. Il est bien établi que, comparativement à ce qui se passe pour les éventuels gagnants, les secteurs qui pourraient être perdants sont plus faciles à identifier, et leurs pertes seront probablement plus immédiates, plus concentrées et plus certaines. Les secteurs qui pourraient y gagner (sauf le secteur des sources d'énergie renouvelables et, peut-être, celui du gaz naturel) ne peuvent espérer qu'un gain faible, diffus et plutôt incertain, étalé sur une longue période. En fait, nombre des gagnants potentiels n'existent pas, car ce sont des industries et des générations à venir.

Il est bien établi aussi que les effets globaux des politiques et mesures d'atténuation sur le PIB, qu'ils soient positifs ou négatifs, masquent de grandes différences entre les secteurs. En général, l'intensité énergétique et l'intensité en carbone des économies vont baisser. Les industries du charbon et peut-être du pétrole devraient perdre des fractions substantielles de leur production habituelle, par rapport à celles des scénarios de référence, mais l'impact de cet état de choses sur les industries dépendra de leur diversification; par ailleurs, d'autres secteurs peuvent accroître leur production, mais dans une proportion beaucoup plus faible. Les réductions de la production de combustibles fossiles jusqu'en dessous du point de référence n'auront pas le même impact sur tous. Les combustibles ont des coûts et des sensibilités au prix différents; ils réagissent différemment aux politiques d'atténuation. La technologie du rendement énergétique est fonction du combustible et du dispositif de combustion, et des réductions de la demande peuvent avoir des influences différentes sur les importations et sur la production. Les secteurs à forte intensité énergétique, comme les produits chimiques lourds, la sidérurgie et les minéraux, devront faire face à des coûts plus élevés,

à des changements techniques ou organisationnels accélérés, ou à une perte de production (là encore par rapport au scénario de référence), selon leur utilisation d'énergie et les politiques d'atténuation adoptées.

Les industries directement impliquées dans l'atténuation vont probablement tirer profit des mesures. Ce sont entre autres les industries des sources d'énergie renouvelables et du nucléaire, les fabricants d'équipement d'atténuation (intégrant les technologies économisant l'énergie et le carbone), l'agriculture et la sylviculture d'espèces produisant de l'énergie, et les activités de R&D débouchant sur la production d'énergie et des économies de carbone. Elles peuvent tirer profit à long terme de la disponibilité de ressources financières et autres, qui auraient autrement été affectées à la production d'énergies fossiles. Elles peuvent aussi bénéficier de réductions du fardeau fiscal si les taxes sont utilisées pour l'atténuation et les revenus recyclés sous la forme de réductions des impôts des employeurs, des entreprises ou autres. Les études qui indiquent des réductions du PIB n'offrent pas toujours une gamme d'options de recyclage, ce qui suggère qu'on n'a pas examiné les ensembles de politiques faisant monter le PIB. La grandeur et la nature des avantages dépendront des politiques adoptées. Certaines politiques d'atténuation peuvent entraîner des avantages économiques globaux nets, ce qui implique que les gains de nombreux secteurs dépasseront les pertes de celui du charbon et d'autres combustibles fossiles, et d'autres industries à forte intensité énergétique. Par contraste, d'autres politiques moins bien conçues peuvent mener à des pertes globales.

Il convient de replacer dans un contexte historique le défi auquel seront confrontées les politiques d'atténuation. Au cours des 40 dernières années, les émissions de CO<sub>2</sub> ont eu tendance à augmenter plus lentement que le PIB dans un certain nombre de pays. Cette situation a diverses causes, dont :

- un remplacement graduel du charbon et du pétrole par les filières nucléaire et gazière comme source d'énergie;
- des améliorations de l'efficacité énergétique dans l'industrie et les ménages;
- une diminution relative de l'industrie de fabrication lourde au profit d'une activité économique reposant sur le service et l'information.

Ces tendances seront encouragées et renforcées par les politiques d'atténuation.

### 9.2 Constatations sur les coûts de l'atténuation des changements climatiques pour certains secteurs particuliers

#### 9.2.1 Charbon

Dans ce vaste contexte, certains secteurs seront considérablement affectés par l'atténuation. Par rapport au cas de référence, l'industrie charbonnière, celle du produit qui a la plus forte intensité en carbone, est confrontée à un déclin presque inéluctable à long

**Tableau TS 6** : Coûts de la mise en œuvre du Protocole de Kyoto pour les pays/régions exportateurs de pétrole<sup>a</sup>

| Modèle <sup>b</sup> | Sans échange <sup>c</sup>    | Echanges entre pays Annexe-I                         | Avec “échange mondial”      |
|---------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------|
| G-Cubed             | -25% de recettes pétrolières | -13% de recettes pétrolières                         | -7% de recettes pétrolières |
| GREEN               | -3% de revenu réel           | “Perte substantiellement réduite”                    | n.d.                        |
| GTEM                | 0,2% de perte de PIB         | <0,05% de perte de PIB                               | n.d.                        |
| MS-MRT              | 1,39% de perte de bien-être  | 1,15% de perte de bien-être                          | 0,36% de perte de bien-être |
| Modèle OPEP         | -17% de recettes OPEP        | -10% de recettes OPEP                                | -8% de recettes OPEP        |
| CLIMOX              | n.d.                         | -10% de recettes de certains exportateurs de pétrole | n.d.                        |

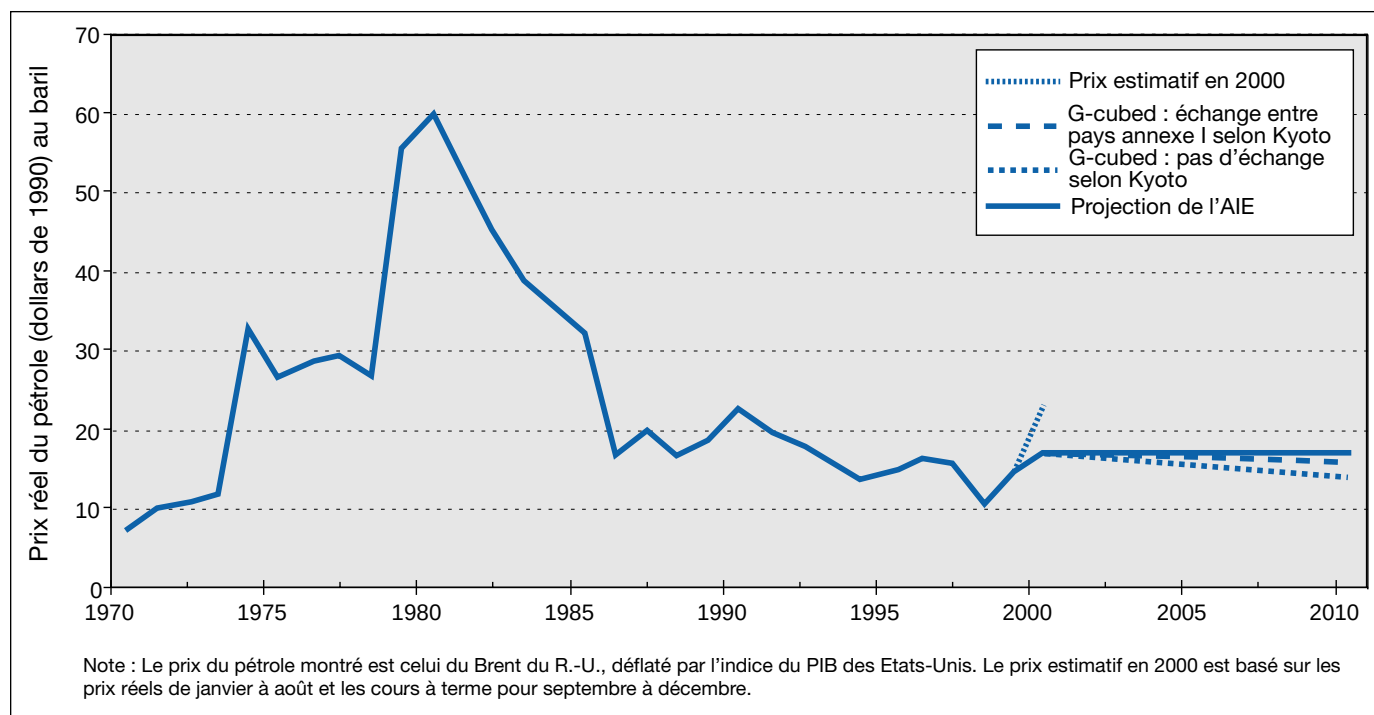
<sup>a</sup> La définition de “pays exportateurs de pétrole” est variable : pour le modèle G-cubed et celui de l’OPEP, ce sont les pays de l’OPEP; pour GREEN, c’est un groupe de pays exportateurs de pétrole; pour GTEM, ce sont le Mexique et l’Indonésie; pour MS-MRT, c’est l’OPEP plus le Mexique; pour CLIMOX, ce sont les exportateurs de pétrole de l’Ouest de l’Asie et du Nord de l’Afrique.

<sup>b</sup> Les modèles prennent tous en considération l’économie mondiale jusqu’en 2010, l’atténuation conformément aux objectifs du Protocole de Kyoto (généralement, dans les modèles, appliqués à l’atténuation du CO<sub>2</sub> d’ici 2010, plutôt qu’aux émissions de GES pour 2008-2012) étant réalisée en imposant une taxe sur le carbone ou par le biais de droits d’émission vendus aux enchères, les revenus étant recyclés au moyen de montants forfaitaires versés aux consommateurs; aucun avantage accessoire, comme la réduction des dommages locaux dus à la pollution atmosphérique, n’est pris en compte.

<sup>c</sup> Par “échange”, on entend les échanges de droits d’émission entre les pays.

terme, par rapport à la projection de référence. Des technologies encore en développement, comme l’extraction et le stockage du CO<sub>2</sub> des usines à charbon et la gazéification *in situ*, pourraient dans l’avenir aider à maintenir la production de charbon tout en évitant des émissions de CO<sub>2</sub> et d’autres substances. Des effets particulièrement importants sur le secteur charbonnier pourraient découler de politiques telles que le retrait des subventions aux combustibles fossiles ou la restructuration des taxes sur l’énergie

de manière à taxer davantage la teneur en carbone que le contenu énergétique des combustibles. Il est bien établi que l’annulation des subventions entraînerait des réductions substantielles des émissions de GES, tout en stimulant la croissance économique. Cependant, les effets ressentis par chaque pays concerné dépendront beaucoup du type de subvention retirée et de la viabilité commerciale des autres sources d’énergie, dont le charbon importé.

**Figure TS 9** : Prix réels du pétrole et effets de la mise en œuvre du Protocole de Kyoto



### 9.2.2 Pétrole

L'industrie pétrolière sera elle aussi exposée à une baisse relative, mais qui pourrait être modérée par l'absence de substituts pour l'essence dans le transport, par le passage des combustibles solides aux combustibles liquides dans la production d'électricité et par la diversification de l'industrie vers la fourniture d'énergie en général.

Le tableau TS 6 présente un certain nombre de résultats de modèles pour les impacts de la mise en œuvre du Protocole de Kyoto sur les pays exportateurs de pétrole. Chaque modèle utilise une mesure de l'impact différente, et nombre d'entre eux utilisent des groupes de pays différents dans leur définition des exportateurs de pétrole. Cependant, ces études montrent toutes que le recours aux mécanismes de souplesse réduira le coût économique pour les producteurs de pétrole.

Les études montrent ainsi une large plage d'estimations pour l'impact des politiques d'atténuation des GES sur la production et le revenu du secteur pétrolier. Nombre de ces différences sont imputables aux hypothèses quant à : la disponibilité de réserves traditionnelles de pétrole, le degré d'atténuation requis, l'utilisation de l'échange de droits d'émission, la limitation des GES autres que le CO<sub>2</sub>, et l'utilisation de puits du carbone. Cependant, toutes les études indiquent une croissance nette à la fois de la production et des recettes du secteur pétrolier jusqu'en 2020 au moins, et un impact significativement moindre sur le prix réel du pétrole que n'en ont eu les fluctuations du marché depuis 30 ans. La figure TS 9 montre la projection des prix réels du pétrole jusqu'en 2010, réalisée à partir des Perspectives énergétiques mondiales de 1998 de l'AIE, et les effets de la mise en œuvre du Protocole de Kyoto tirés du modèle G-cubed, l'étude qui montre la baisse la plus importante des recettes de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP) selon le tableau TS 6. La baisse de 25 pour cent des recettes de l'OPEP dans le scénario sans échange implique une baisse de 17 pour cent des prix du pétrole montrée pour 2010 dans la figure; dans un scénario avec échanges entre les pays de l'annexe I, la baisse n'est que de légèrement plus de 7 pour cent.

Dans l'ensemble, ces études laissent de côté certaines, voire la totalité, des politiques et mesures suivantes qui pourraient atténuer l'impact sur les exportateurs de pétrole :

- politiques et mesures visant les GES autres que le CO<sub>2</sub> ou les sources de tous les GES non liées à l'énergie;
- compensation par les puits;
- restructuration de l'industrie (par exemple de producteur d'énergie à fournisseur de services énergétiques);
- utilisation de l'emprise de l'OPEP sur le marché;
- mesures (par exemple de pays de l'annexe B) liées au financement, à l'assurance et au transfert de technologie.

En outre, les études n'incluent pas les politiques et effets ci-dessous qui peuvent réduire le coût total de l'atténuation :

- utilisation des recettes fiscales pour réduire les fardeaux fiscaux ou financer d'autres mesures d'atténuation;
- avantages environnementaux accessoires des réductions de l'utilisation de combustibles fossiles;
- changements techniques découlant de politiques d'atténuation.

Par conséquent, les études peuvent avoir tendance à surévaluer les coûts encourus par les pays exportateurs de pétrole et les coûts indirects.

### 9.2.3 Gaz

Les modélisations suggèrent que les impacts des politiques d'atténuation seraient le plus bas sur le pétrole et le plus élevés sur le charbon, l'impact sur le gaz se situant entre les deux; ces faits sont établis mais incomplets. Les grandes variations entre les effets de l'atténuation sur le gaz montrés par les diverses études tiennent à l'importance de la disponibilité de la ressource en différents endroits, les régimes spécifiques de la demande et le potentiel de remplacement du charbon par le gaz dans la production d'électricité.

Ces résultats s'écartent des tendances récentes, qui montrent que l'utilisation du gaz naturel croît plus vite que celle du charbon ou du pétrole. Ils peuvent s'expliquer comme suit. Dans le secteur des transports, le plus gros utilisateur de pétrole, la technologie et l'infrastructure actuelle ne permettent guère le passage du pétrole à un carburant non fossile dans les pays de l'annexe I avant environ 2020. Les pays de l'annexe B ne peuvent honorer leurs engagements de Kyoto qu'en réduisant la demande globale en énergie, ce qui entraînera une baisse de la demande en gaz naturel, à moins d'une compensation par un virage vers le gaz naturel pour la production d'électricité. La modélisation de ce virage reste limitée dans ces modèles.

### 9.2.4 Electricité

De façon générale, en ce qui concerne les effets sur le secteur de l'électricité, les politiques d'atténuation soit imposent soit encouragent par des incitations une augmentation de l'utilisation de technologies sans émissions (nucléaire, hydroélectricité, ou autres ressources renouvelables) et de technologies à moindres émissions de GES (comme les installations au gaz naturel à cycle mixte). Ou bien, en deuxième lieu, elles encouragent indirectement cette augmentation par le biais d'approches plus souples qui taxent les émissions de GES ou les assujettissent à des droits. Dans les deux cas, le résultat sera un changement des utilisations relatives des combustibles utilisés pour produire de l'électricité en délaissant les combustibles fossiles à fortes émissions au profit d'une utilisation accrue de technologies à émissions nulles ou faibles.

Les politiques d'atténuation des GES donneraient des avantages substantiels à la filière nucléaire, puisqu'elle n'entraîne que des émissions négligeables de GES. Malgré cet avantage, dans bien des pays, l'énergie nucléaire n'est pas perçue comme la solution au réchauffement de la planète. Les principaux problèmes sont : 1) les coûts élevés par rapport aux turbines à gaz

à cycle mixte; 2) les réticences du public liées à la sécurité d'exploitation et aux déchets; 3) la sécurité de la gestion des déchets radioactifs et du recyclage du combustible nucléaire; 4) les risques du transport de combustible nucléaire; et 5) la prolifération des armes nucléaires.

### 9.2.5 Transports

A moins que l'on ne dispose rapidement de véhicules très efficaces (comme les véhicules à pile à combustible), il y a, pour réduire à court terme l'utilisation d'énergie pour les transports, peu d'options qui n'entraînent pas de coûts économiques, sociaux ou politiques significatifs. Aucun gouvernement n'a encore fait la preuve de politiques qui puissent réduire la demande générale de mobilité, et tous jugent politiquement difficile d'envisager de telles mesures. On réalisera tout probablement de nouvelles améliorations substantielles de l'efficacité énergétique des aéronefs par l'adoption de politiques qui accroîtront le prix du transport aérien, et en réduiront donc l'intensité. L'élasticité des prix estimés selon la demande est de l'ordre de  $-0,8$  à  $-2,7$ . Cependant, l'augmentation du prix du transport aérien au moyen de taxes rencontre un certain nombre d'obstacles politiques. Bien des traités bilatéraux qui régissent actuellement le système du transport aérien comportent des dispositions d'exemptions de taxes et de frais, autres que ceux du coût de l'exploitation et de l'amélioration du système.

## 9.3 Avantages accessoires de l'atténuation des gaz à effet de serre

Les coûts directs de la consommation de combustibles fossiles s'accompagnent d'avantages pour l'environnement et la santé publique qui découlent d'une réduction de l'extraction et de la combustion de combustibles fossiles. Ces avantages proviennent d'une réduction des dommages causés par ces activités, en particulier une baisse des émissions des polluants liés à la combustion, comme le  $\text{SO}_2$ , les  $\text{NO}_x$ , le CO et autres substances chimiques, et les matières particulaires. Cette situation entraînera une amélioration de la qualité de l'air et de l'eau aux échelles locale et régionale, et donc une diminution des dommages pour la santé des hommes, des animaux et des plantes, et pour les écosystèmes. Si tous les polluants liés aux émissions de GES sont éliminés par de nouvelles technologies ou par une réduction en aval (par exemple, désulfuration des gaz de combustion à la centrale, combinée avec l'extraction de tous les autres polluants non GES), cet avantage accessoire n'existe plus. Mais ces réductions sont à l'heure actuelle limitées et coûteuses, surtout pour les émissions de moindre ampleur, comme celles des véhicules et habitations (voir aussi la section 8.6).

## 9.4 Effets de l'atténuation sur la compétitivité des secteurs

Les politiques d'atténuation sont moins efficaces si elles impliquent une baisse de la compétitivité sur la scène internationale ou la migration des industries émettrices de GES hors de la région mettant en œuvre la politique ("transferts d'émissions" de carbone). Les effets estimatifs sur la compétitivité internationale

mentionnés dans la documentation sont faibles; ceux sur les transferts d'émissions de carbone semblent en être au stade d'explications contradictoires, avec de grandes différences selon les modèles et hypothèses utilisés. On a plusieurs raisons de penser que ces effets ne seront pas substantiels. Premièrement, les politiques d'atténuation généralement adoptées font intervenir un éventail d'instruments, et comportent habituellement un traitement spécial visant à minimiser les effets négatifs pour l'industrie, comme des exemptions pour les industries à forte intensité énergétique. Deuxièmement, les modèles postulent que les industries qui migreront utiliseront la technologie moyenne de l'endroit où elles s'installeront; elles pourraient pourtant adopter de nouvelles technologies émettant moins de  $\text{CO}_2$ . Troisièmement, les politiques d'atténuation encouragent également les technologies à basses émissions, qui pourraient elles aussi migrer, réduisant les émissions des industries d'autres pays (voir aussi la section 8.7).

## 9.5 Pourquoi les résultats des études diffèrent

Les résultats des études évaluées découlent de diverses approches et divers modèles. Pour bien interpréter les résultats, il faut comprendre les méthodes adoptées et les hypothèses sous-jacentes aux modèles et études. Les grands écarts entre les résultats peuvent être dus à l'utilisation de scénarios ou conditions de base différents. Et les caractéristiques des conditions de référence peuvent influencer considérablement sur les résultats quantitatifs de la modélisation des politiques d'atténuation. Par exemple, si l'on postule dans les conditions de référence que la qualité de l'air est satisfaisante, on se trouve à éliminer d'emblée tout potentiel d'avantage accessoire en matière de qualité de l'air dans le scénario d'atténuation des GES. Même avec des hypothèses similaires ou identiques quant aux conditions de référence, les études donnent des résultats différents.

En ce qui concerne les coûts de l'atténuation, ces écarts semblent largement causés par les différences entre les approches et hypothèses, le facteur le plus important étant le type de modèle choisi. Les modèles technologiques ascendants postulant de nouvelles possibilités technologiques tendent à déboucher sur les avantages de l'atténuation. Les modèles généraux descendants à l'équilibre semblent montrer des coûts plus bas que les modèles économétriques descendants à série chronologique. Les principales hypothèses menant à des coûts plus bas dans les modèles sont que :

- l'on adopte de nouveaux instruments souples, comme l'échange de droits d'émission et la mise en œuvre conjointe;
- les recettes provenant des taxes ou de la vente de droits sont recyclées dans l'économie en réduisant le fardeau fiscal;
- les avantages accessoires, surtout ceux liés à une réduction de la pollution atmosphérique, sont inclus dans les résultats.

Enfin, les progrès et la diffusion à long terme de la technologie sont largement postulés dans les modèles descendants; des hypothèses différentes ou un traitement dynamique plus intégré pourraient avoir des effets marqués sur les résultats.

## 10 Cadres d'analyse décisionnelle

### 10.1 Portée et nouveaux développements des analyses décisionnelles en matière de changements climatiques

Les cadres de prise de décision (CPD) liés aux changements climatiques englobent plusieurs niveaux allant des négociations internationales aux choix individuels, et impliquent plusieurs acteurs ayant des ressources, des valeurs et des aspirations différentes. D'où la difficulté d'en arriver à une stratégie de gestion acceptable pour tous. D'abord, en raison des interactions dynamiques entre les secteurs économiques et les groupes d'intérêt sociaux qui y sont associés, il est difficile d'établir une position nationale qui sera présentée dans les tribunes internationales. La complexité des négociations internationales concernant le climat découle d'un ensemble de positions nationales souvent ambiguës, ainsi que des liens entre la politique sur les changements climatiques et d'autres objectifs socio-économiques.

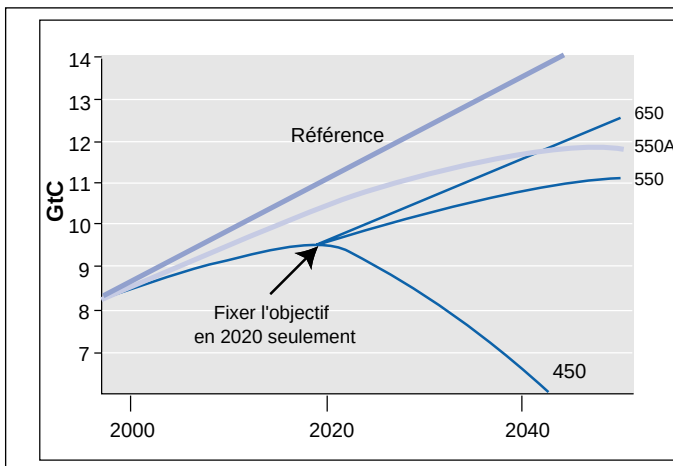
Aucun CPD ne peut reproduire la diversité susmentionnée dans toute sa richesse. Pourtant, les analystes ont fait d'importants progrès dans plusieurs secteurs depuis la publication du DRE. Ils intègrent, dans un premier temps, de plus en plus de questions à un cadre d'analyse unique afin de fournir une évaluation uniforme des éléments, des processus et des sous-systèmes étroitement liés. Les modèles d'évaluation intégrée (MEI) qui en résultent, dont il est question au chapitre 9 et, en fait, dans l'ensemble du rapport, fournissent aux décideurs des données utiles sur plusieurs questions touchant la politique sur les changements climatiques. Dans un deuxième temps, les scientifiques accordent une attention croissante au contexte plus vaste des questions liées au climat qui ont été ignorées ou qui n'ont fait l'objet que de peu d'étude antérieurement. Notons aussi l'intégration des questions de développement, de durabilité et d'équité dans le présent rapport.

Les changements climatiques diffèrent grandement de la plupart des autres problèmes environnementaux auxquels fait face l'humanité. Une combinaison de plusieurs caractéristiques leur confère un caractère unique. Mentionnons les questions touchant le bien public qui découlent des concentrations atmosphériques actuelles de gaz à effet de serre nécessitant une action mondiale, la multitude de décideurs (à l'échelle de la planète, des entreprises et des personnes), et l'hétérogénéité des émissions et leurs conséquences dans le monde. Qui plus est, la nature à long terme des changements climatiques est dictée par le fait que la concentration des gaz à effet de serre importe davantage que leurs émissions annuelles, ce qui soulève les questions épineuses de transferts intergénérationnels de richesses et des gains et des pertes pour l'environnement. Par ailleurs, les activités humaines liées aux changements climatiques sont répandues, ce qui rend impossible l'application des solutions technologiques étroitement définies, et les interactions entre la politique sur le climat et d'autres politiques socio-économiques générales sont importantes. Enfin, de grandes incertitudes, voire l'ignorance dans certains secteurs, caractérisent de nombreux aspects du problème, d'où la nécessité pour tous les CPD d'adopter une approche de gestion des risques axée sur les changements climatiques.

Les décideurs sont donc confrontés à ces grandes incertitudes quand ils ont à choisir les réponses adéquates. Une vaste gamme d'outils a été mise au point en vue de les aider à faire des choix fondamentaux. Chacun des cadres d'analyse décisionnelle (CAD) a ses forces et ses faiblesses : certains arrivent à bien examiner les caractéristiques décrites ci-dessus, alors que d'autres y parviennent plus difficilement. De récentes analyses réalisées à l'aide d'outils bien établis, tels que l'analyse coûts-avantages (ACA) ainsi que les cadres nouvellement élaborés comme la méthode des "créneaux acceptables" ou de "l'atterrissage sans risque", jettent un nouvel éclairage sur ce problème.

La figure TS 10a) montre les résultats d'une analyse coût-efficacité de la stratégie de couverture optimale qui suppose que l'incertitude entourant les objectifs de stabilisation à long terme persiste jusqu'en 2020; les résultats indiquent qu'une réduction au cours des prochaines années aurait une valeur économique appréciable s'il y avait une forte probabilité que les émissions demeurent inférieures aux plafonds, lesquels seraient autrement atteints dans les échelles de temps caractéristiques des systèmes produisant des gaz à effet de serre. Le degré de couverture à court terme dans l'analyse susmentionnée dépend de la date à partir de laquelle l'incertitude sera levée, de l'inertie du système énergétique et du fait que l'objectif ultime de réduction des concentrations (une fois révélé) doit être atteint à tout prix. D'autres travaux, par exemple la modélisation des coûts-avantages structurée selon un problème d'analyse de décision bayésienne, montrent que les cheminements optimaux d'émission à court terme (deux prochaines décennies) ne s'écartent que légèrement des scénarios de prévision idéale, et qu'ils fournissent même une couverture pour les scénarios de faible probabilité et de fort impact (voir la figure TS 10b)). Néanmoins, il pourra s'avérer nécessaire de prendre des décisions concernant les politiques climatiques à court terme alors que l'objectif de stabilisation fera encore l'objet d'un débat. La prise de décision doit donc envisager une couverture adéquate d'ici à ce que l'objectif soit fixé ainsi que la révision éventuelle des données scientifiques quant aux dangers associés aux changements climatiques. Les deux approches comportent des différences importantes : l'analyse coût-efficacité fixe l'objectif indépendamment des coûts et l'analyse coûts-avantages établit un équilibre entre les coûts marginaux et les avantages marginaux. Mais, le message de base est très similaire et vise l'intégration explicite de l'incertitude et de sa résolution séquentielle dans le temps. L'ampleur souhaitable de la couverture dépend de l'évaluation que l'on fait des enjeux, des chances de succès et du coût des mesures stratégiques. La prime associée au risque – le prix que la société est prête à payer pour réduire le risque – est, somme toute, une décision politique qui varie d'un pays à l'autre.

Les analyses coût-efficacité cherchent à atteindre un objectif environnemental au coût le plus bas en égalisant les coûts marginaux de l'atténuation dans l'espace et le temps. Les études coût-efficacité à long terme estiment les coûts de stabilisation des concentrations de CO<sub>2</sub> atmosphérique à différentes échelles et révèlent que les coûts du plafond à 450 ppmv sont substantiellement plus élevés que ceux de la limite à 750 ppmv. Au lieu de rechercher un itinéraire optimal unique, la méthode des "créneaux acceptables" ou de "l'atterrissage sans risque" cherche à délimiter la gamme complète



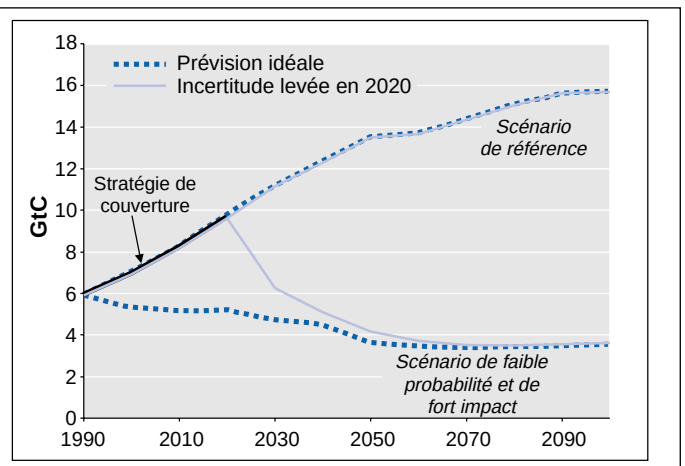
**Figure TS 10a) :** Stratégie optimale de réduction des émissions de dioxyde de carbone, basée sur une approche coût-efficacité.

de cheminements d'émission possibles pouvant satisfaire aux contraintes de coûts des émissions et des impacts climatiques définis à l'externe. Les résultats indiquent qu'un retard dans l'application de réductions efficaces des émissions à court terme peut considérablement restreindre la gamme d'options futures visant à atteindre des objectifs relativement rigoureux en matière de changements climatiques, tandis que des objectifs moins stricts offrent plus de flexibilité à court terme.

## 10.2 Régimes internationaux et options stratégiques

La structure et les caractéristiques des ententes internationales sur les changements climatiques auront une influence importante sur l'efficacité ainsi que sur les coûts et avantages de l'atténuation. L'efficacité, les coûts et les avantages d'un régime international de mesures visant les changements climatiques (par exemple, le Protocole de Kyoto ou d'autres ententes éventuelles) dépendent du nombre de signataires et de leurs objectifs de réduction et/ou de leur engagement politique. De plus, le nombre de signataires dépend de la mesure dans laquelle les engagements des participants sont partagés de façon équitable. L'efficacité économique (minimiser les coûts en maximisant la participation) et l'équité (répartition des engagements de limitation des émissions) sont donc étroitement liées.

Il existe une relation tripartite entre la conception d'un régime international, le rapport coût-efficacité/efficacité des politiques sur le climat et les répercussions économiques qui en découlent, en termes d'équité. Par conséquent, il est crucial de concevoir un régime international qui soit efficace et équitable. La documentation présente différentes stratégies théoriques visant à optimiser un régime international. Par exemple, le régime pourrait être conçu de façon à inciter certains pays à se joindre à un groupe qui s'engagerait à atteindre des objectifs précis en matière de limitation et de réduction des émissions, en favorisant davantage le principe d'équité, et par le fait même son efficacité, dans le cadre d'une entente plus vaste, par le biais des mesures suivantes : allocation appropriée des objectifs dans le



**Figure TS 10b) :** Stratégie optimale de couverture pour un scénario de faible probabilité et de fort impact, basée sur une approche d'optimisation coûts-avantages.

temps, rapprochement entre le débat sur le climat et d'autres enjeux (liens entre les enjeux), utilisation de transferts de fonds dans les pays touchés (paiements latéraux), ententes relatives au transfert de technologie.

Deux autres éléments importants influent sur la conception d'un régime international : la mise en œuvre et la conformité. L'efficacité du régime, qui est fonction de la mise en œuvre et de la conformité, est liée aux changements réels de comportement qui favorisent l'atteinte des objectifs de l'accord. Par "mise en œuvre", on entend la concrétisation des accords internationaux par l'établissement de lois, de politiques et de règlements par les gouvernements nationaux. Le terme "conformité" renvoie à la notion du respect et du non-respect par les pays des dispositions d'un accord, et dans quelle mesure. La surveillance, l'établissement de rapports et la vérification sont essentielles à l'efficacité des régimes internationaux en matière d'environnement car, jusqu'à maintenant, les échecs de mise en œuvre nécessitant une surveillance, une évaluation et l'application de mesures systématiques ont été relativement rares. Quoi qu'il en soit, de plus en plus d'efforts visent à établir des "systèmes d'examen de la mise en œuvre", qui sont déjà intégrés dans la structure de la CCNUCC. Le défi de l'avenir est de rendre ces systèmes plus efficaces, notamment en améliorant les données sur les émissions, les politiques et les mesures à l'échelle nationale.

## 10.3 Rapprochement des choix nationaux et locaux en matière de développement durable

L'ambiguïté liée au développement durable et aux changements climatiques tient, en majeure partie, à l'absence de mesures pouvant fournir aux décideurs une information essentielle sur d'autres choix possibles, et leur indiquer dans quelle mesure ces choix influent sur certaines questions cruciales d'ordre social, économique et environnemental qui sont évidentes et reconnaissables. Aucune mesure de base ne leur permet non plus d'évaluer leur performance dans l'atteinte de leurs buts et objectifs. Par conséquent, il est indispensable d'établir des indicateurs pour faire fond sur le développement durable. A l'échelle nationale, des progrès importants ont été

accomplis vers la définition et la conception de différents ensembles d'indicateurs; toutefois, il reste encore beaucoup à faire pour traduire les objectifs de durabilité en termes pratiques.

Il est difficile de tirer des conclusions générales sur les politiques et les choix en matière de développement durable. La durabilité implique et nécessite de la diversité, de la souplesse et de l'innovation. Les choix stratégiques visent à modifier les pratiques technologiques d'utilisation, de production et de consommation des ressources naturelles. Elles cherchent aussi à apporter des changements structurels dans les systèmes de production, la distribution spatiale des populations et des activités économiques ainsi que dans les comportements. La documentation sur les changements climatiques a examiné les trois premiers aspects dans leur intégralité, mais n'a accordé que très peu d'attention à la pertinence des choix et des décisions liés au comportement et au mode de vie. Les habitudes de consommation dans les pays industrialisés jouent un rôle non négligeable dans les changements climatiques. Si les gens modifiaient leurs préférences, cela pourrait considérablement atténuer les changements climatiques. Pour changer les habitudes de consommation, toutefois, les gens doivent non seulement modifier leur comportement, mais aussi leur attitude, car les habitudes de consommation font partie intégrante du mode de vie et influent par conséquent sur l'estime de soi. Quoi qu'il en soit, mis à part les changements climatiques, d'autres raisons peuvent justifier des changements de comportements, et des indications montrent que les politiques peuvent également y contribuer.

Une condition cruciale du développement durable est la capacité de concevoir des mesures stratégiques qui, sans nuire au développement et tout en étant conformes aux stratégies nationales, pourraient exploiter des synergies potentielles entre les objectifs nationaux de croissance économique et les politiques axées sur l'environnement. Les stratégies d'atténuation des changements climatiques offrent un bon exemple de la façon dont des politiques coordonnées et harmonisées peuvent tirer profit des synergies en jeu dans la mise en œuvre des options d'atténuation et l'élargissement des objectifs. L'amélioration de l'efficacité énergétique, notamment la conservation de l'énergie, l'adoption de carburants à faible teneur en carbone, l'utilisation de ressources énergétiques renouvelables et l'introduction de technologies énergétiques non traditionnelles plus avancées, auront des effets importants sur la limitation des tendances des émissions de gaz à effet de serre. De même, l'adoption de nouvelles technologies et pratiques agricoles et forestières ainsi que l'adoption de procédés industriels non polluants pourraient grandement contribuer aux efforts d'atténuation des gaz à effet de serre. Selon le contexte précis dans lequel elles sont appliquées, ces options peuvent entraîner des effets secondaires positifs ou des doubles dividendes mais, dans certains cas, elles valent la peine d'être entreprises, qu'il s'agisse ou non du climat.

Le développement durable nécessite des changements technologiques et connexes radicaux tant dans les pays développés que dans ceux en voie de développement. L'innovation technologique ainsi que le transfert et l'application rapide et répandue des options et des choix technologiques individuels, et des systèmes technologiques généraux, constituent des éléments importants des stratégies mondiales visant à réaliser la stabilisation du climat et le

développement durable. Cependant, le transfert de technologie requiert plus que la technologie elle-même. Un environnement favorable à l'efficacité du transfert et de la mise en œuvre de la technologie joue un rôle primordial, surtout dans les pays en voie de développement. Pour que le transfert de technologie apporte des avantages économiques et sociaux, il doit tenir compte des traditions et des capacités culturelles locales, ainsi que des conditions institutionnelles et organisationnelles requises pour traiter, exploiter, reproduire et améliorer la technologie de façon continue.

Le processus d'intégration et d'internalisation des politiques sur les changements climatiques et le développement durable dans les programmes de développement national nécessite de nouvelles stratégies de résolution de problème et de nouvelles approches décisionnelles. Cette tâche comprend un effort à deux volets. D'une part, le discours sur le développement durable doit faire preuve d'une plus grande rigueur analytique et intellectuelle (méthodes, indicateurs, etc.) pour faire passer le concept de la théorie à la pratique. D'autre part, le discours doit considérer à la fois l'ensemble restrictif des hypothèses sous-jacentes aux outils et aux méthodes utilisés dans l'analyse et les effets sociaux et politiques des constructions scientifiques des changements climatiques. Au cours des dernières années, nombre de travaux d'analyse ont examiné le problème dans les deux sens. Diverses approches ont été étudiées pour transcender les limites des perspectives et des cadres décisionnels habituels dans l'examen des incertitudes, de la complexité et de l'influence contextuelle de l'évaluation humaine et de la prise de décision. Un thème commun ressort : l'accent mis sur les cadres de prise de décision participatifs pour réaliser de nouvelles ententes institutionnelles.

#### 10.4 Questions scientifiques pertinentes aux politiques clés

Les limites qui ont été acceptées mondialement en ce qui concerne les changements climatiques (ou les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre qui en résultent) varient d'un pays à l'autre et donnent lieu à différents équilibres entre les coûts d'atténuation et les dommages nets. Si l'on considère les incertitudes en jeu et les connaissances futures, la stabilisation du climat sera inévitablement un processus itératif : les Etats déterminent leurs propres objectifs nationaux d'après leur exposition et leur sensibilité à l'exposition des autres pays aux changements climatiques. L'objectif mondial découle de la consolidation des objectifs nationaux, qui impliqueraient probablement la question de paiements latéraux, dans le cadre de négociations internationales. Simultanément, l'entente sur la répartition des charges et l'objectif mondial accepté déterminent les coûts nationaux. Par rapport aux dommages nets prévus selon l'objectif mondial, les Etats-nations pourraient reconsidérer leurs propres objectifs nationaux, surtout à la lumière de nouvelles données sur les caractéristiques et les impacts mondiaux et régionaux des changements climatiques. Cela constitue donc le point de départ de la prochaine ronde de négociations. Il semble donc que l'établissement d'un "nombre magique" (soit la limite supérieure des changements climatiques planétaire ou de la concentration maximale de gaz à effet de serre dans l'atmosphère) constituera un long processus qui découlera



principalement du processus stratégique, aidé, on l'espère, par l'amélioration de la science.

Après étude des dilemmes clés de la prise de décision en matière de changements climatiques, on arrive aux conclusions suivantes (voir aussi le tableau TS 7) :

- Il semble être approprié de mettre en place une gamme d'activités d'atténuation, d'adaptation et d'apprentissage minutieusement conçues au cours des 20 prochaines années en vue de se prémunir contre les risques associés à des changements climatiques dont l'ampleur et/ou la vitesse des impacts seraient intolérables et contre la nécessité de réaliser des réductions d'émissions draconiennes dans l'éventualité où la résolution des incertitudes révèle que les changements climatiques et ses impacts laissent prévoir de hauts risques.
- La réduction des émissions est une importante forme d'atténuation, mais les mesures d'atténuation comprennent une vaste gamme d'autres activités, notamment des investissements visant à mettre au point des technologies sans carbone peu coûteuses, des technologies éconergétiques et des technologies de gestion du carbone qui diminueront les coûts des futures mesures d'atténuation du CO<sub>2</sub>.
- La planification et la composition des mesures d'atténuation (investissement dans la mise au point de technologies ou réductions immédiates des émissions) sont très controversées en raison des composantes technologiques des systèmes énergétiques et de l'étendue des incertitudes entourant les impacts des différents cheminements d'émission.
- Les mécanismes de flexibilité internationaux aident à diminuer les coûts des réductions des émissions, mais ils soulèvent une série de problèmes touchant la mise en œuvre et la vérification qui doivent être mis en balance avec les économies réalisées.
- Bien qu'il y ait un consensus sur l'utilisation de l'optimum de Pareto<sup>30</sup> comme principe d'efficacité, aucun accord n'a été établi quant au principe optimal d'équité à partir duquel on pourrait fonder un régime international équitable. L'efficacité et l'équité sont d'importants éléments à considérer lors de la négociation de mécanismes de limitation des émissions, et elles ne sont pas mutuellement exclusives. Par conséquent, l'équité jouera un rôle important dans l'établissement de la répartition des quotas d'émission et/ou dans les mécanismes d'indemnisation dans le cadre d'un échange de droits d'émission pouvant entraîner des charges exagérément élevées pour certains pays. Enfin, il pourrait s'avérer plus important d'élaborer un régime en se basant sur les effets réunis des divers principes d'équité plutôt que de choisir un principe d'équité précis. La diffusion de technologies éconergétiques sans carbone et d'autres technologies de réduction des gaz à effet de serre à l'échelle de la

planète pourrait fortement contribuer à réduire les émissions à court terme, même si de nombreux obstacles gênent le transfert de technologie, notamment les imperfections du marché, les problèmes politiques et les coûts d'opération souvent négligés.

- Il existe des liens évidents entre les problèmes mondiaux et continentaux actuels et les tentatives de la communauté internationale à les résoudre, mais les synergies potentielles visant à aborder de concert plusieurs d'entre eux n'ont pas encore été étudiées, ni même exploitées.

Les décisions touchant l'atténuation et l'adaptation liées aux changements climatiques induit par les activités anthropiques diffèrent. Les décisions axées sur l'atténuation mettent en présence de nombreux pays, répartissent les avantages (dont certains avantages accessoires à court terme) à l'échelle planétaire sur des décennies voire des siècles, sont influencées par les initiatives d'action publique, reposent sur les données actuellement disponibles, et une réglementation appropriée à ces décisions nécessitera donc une application rigoureuse. En revanche, les décisions axées sur l'adaptation prévoient un laps de temps plus court entre les investissements et leur rendement, les coûts connexes et l'accroissement des avantages locaux, et leur mise en œuvre requiert l'application de politiques publiques locales et une adaptation de nature privée des agents sociaux touchés, pour obtenir une meilleure information. Les capacités locales d'atténuation et d'adaptation varient significativement selon les régions et dans le temps. Un ensemble de politiques d'atténuation et d'adaptation dépendra des priorités locales et nationales, des approches privilégiées et des responsabilités internationales.

Vu les grandes incertitudes caractérisant chaque aspect des changements climatiques, il est aujourd'hui difficile pour les décideurs d'établir un niveau de stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre mondialement acceptable. Les études consultées aux fins du présent chapitre corroborent la thèse explicite qui veut que des objectifs de stabilisation faibles entraînent, d'une part, des coûts d'atténuation substantiellement plus élevés et des réductions d'émissions plus ambitieuses à court terme et, d'autre part, comme en fait état le GT II dans son rapport, que des objectifs moins élevés aient des impacts bio/géophysiques beaucoup plus faibles, d'où la réduction des dommages et des coûts d'adaptation.

## 11 Lacunes dans les connaissances

D'autres études visant à combler les lacunes dans les connaissances actuelles pourraient servir de base aux évaluations futures sur les aspects suivants :

- *L'étude approfondie du potentiel de certaines options technologiques et sociales innovatrices dans des régions, des pays et des secteurs spécifiques, notamment :*
  - le potentiel et les coûts à court, à moyen et à long terme des mesures d'atténuation des émissions de CO<sub>2</sub> et d'autres gaz que le CO<sub>2</sub> et autres qu'énergétiques;
  - la compréhension de la diffusion de la technologie dans les différentes régions;

<sup>30</sup> Optimum de Pareto : Situation dans laquelle la position d'un individu ne peut être améliorée davantage sans nuire à celle d'autres individus dans une société donnée.

Tableau TS 7 : Mise en balance de la gamme de mesures d'atténuation à court terme

| Point                                               | Pour une réduction précoce modérée                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Pour une réduction précoce rigoureuse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Développement technologique</b>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Les technologies énergétiques évoluent, et des versions améliorées des technologies existantes sont de plus en plus disponibles, malgré l'absence de politique.</li> <li>Le déploiement précoce et modéré de technologies progressant rapidement réduit les coûts de la courbe d'apprentissage et évite l'utilisation restreinte prématurée à la technologie existante et peu productive.</li> <li>La mise au point de technologies radicalement avancées nécessitera des investissements dans la recherche fondamentale.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>La disponibilité des mesures à faible coût peut avoir un impact substantiel sur les trajectoires d'émission.</li> <li>Le changement endogène (induit par le marché) peut accélérer l'élaboration de solutions à faible coût (apprentissage par la pratique).</li> <li>Les effets de regroupement soulignent l'importance de réduire les trajectoires d'émission.</li> <li>Une réduction précoce rigoureuse favorise une transition hâtive de la R&amp;D en matière d'énergie industrielle des développements fossili-fères dans les régions pionnières aux technologies à faible teneur en carbone.</li> </ul>                                               |
| <b>Stocks de capital et inertie</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Commencer avec des limites d'émission modérées prévient le retrait prématuré de stocks de capital et tire profit du taux naturel de rotation des stocks de capital.</li> <li>Cela réduit également le coût de transfert du capital existant et prévient la hausse des prix des investissements causés par les effets d'éviction.</li> </ul>                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Cette option exploite entièrement la rotation naturelle des stocks en encourageant de nouveaux investissements dès maintenant.</li> <li>En limitant les émissions à des niveaux correspondant aux faibles concentrations de CO<sub>2</sub>, il est toujours possible de limiter les concentrations de CO<sub>2</sub> à de faibles niveaux au moyen de la technologie actuelle.</li> <li>Cette option réduit les risques découlant des incertitudes entourant les contraintes de stabilisation et, par conséquent, le risque d'être forcé à réaliser des réductions très rapides qui nécessiteraient un retrait prématuré du capital par la suite.</li> </ul> |
| <b>Effets sociaux et inertie</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Une réduction graduelle des émissions diminue l'étendue du chômage sectoriel en accordant plus de temps au perfectionnement des travailleurs et aux transferts structurels dans le marché du travail et le secteur de l'éducation.</li> <li>Une telle réduction réduit les pertes en bien-être liées au besoin de changements rapides dans le mode de vie et les conditions de logement des gens.</li> </ul>                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Surtout si des objectifs de stabilisation moins élevés étaient nécessaires à terme, une mesure précoce rigoureuse abaisserait le taux maximal éventuel de la réduction des émissions et atténuerait les problèmes connexes de transition, les perturbations et les pertes au niveau du bien-être que l'on associe à la nécessité de modifier rapidement à terme le mode de vie et les conditions de logement des gens.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Actualisation et équité intergénérationnelle</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Une réduction précoce modérée diminue la valeur actuelle des coûts de réduction futurs (<i>ceteris paribus</i>), mais diminuerait peut-être aussi les coûts relatifs en offrant des technologies peu coûteuses et en augmentant les niveaux de revenu futurs.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Une réduction précoce rigoureuse réduirait les impacts et leur valeur actuelle (<i>ceteris paribus</i>).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Cycle du carbone et changement radiatif</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Une telle réduction causerait une légère augmentation de la concentration de CO<sub>2</sub> transitoire à court terme.</li> <li>Une plus grande absorption des émissions précoces, et des émissions totales plus élevées de carbone au cours du présent siècle selon une contrainte de stabilisation donnée (cette hausse sera compensée par une baisse des émissions par la suite).</li> </ul>                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Une réduction précoce rigoureuse causerait une légère diminution de la concentration de CO<sub>2</sub> transitoire à court terme.</li> <li>Une telle réduction diminue les taux maximaux des variations de température.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Impacts du changement climatique</b>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Peu d'indications des dommages survenus au cours de plusieurs décennies de changements relativement rapides par le passé.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Une réduction précoce rigoureuse préviendrait les dommages plus importants causés par une vitesse plus rapide du changement climatique.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

- l'établissement des possibilités dans le domaine de l'innovation sociale permettant de diminuer les émissions de gaz à effet de serre;
  - l'analyse approfondie de l'impact des mesures d'atténuation sur les flux de carbone à l'intérieur et à l'extérieur du système terrestre;
  - quelques enquêtes fondamentales dans le domaine de la géo-ingénierie.
- *Etude des questions économiques, sociales et institutionnelles liées à l'atténuation des changements climatiques dans tous les pays. Parmi les priorités, figurent :*
    - la recommandation d'analyser plus à fond les mesures d'atténuation, les obstacles et les politiques propres à chaque région, puisqu'ils dépendent de la capacité d'atténuation régionale;
    - les implications de l'atténuation sur l'équité;
    - les méthodes appropriées et les sources de données améliorées touchant l'atténuation des changements climatiques et le renforcement des capacités dans le domaine de l'évaluation intégrée;
    - l'appui à la recherche et aux évaluations futures, surtout dans les pays en voie de développement.
  - *Méthodes d'analyse du potentiel des mesures d'atténuation et de leurs coûts, accordant une attention particulière à la comparabilité des résultats. Exemples :*
    - Caractériser et évaluer les obstacles qui nuisent aux mesures de réduction des gaz à effet de serre.
    - Rendre les techniques de modélisation de l'atténuation plus uniformes, reproductibles et accessibles.
    - Modéliser l'apprentissage de la technologie; améliorer les outils analytiques pour évaluer les avantages accessoires (par exemple., déterminer les coûts de réduction par gaz à effet de serre et autres polluants).
    - Analyser systématiquement les liens entre les coûts et les hypothèses de base dans le cas de divers scénarios de stabilisation des gaz à effet de serre.
    - Elaborer des cadres d'analyse décisionnelle en vue de résoudre les incertitudes et de tenir compte des risques socio-économiques et écologiques dans l'élaboration de politiques sur les changements climatiques.
    - Améliorer les modèles, renforcer les études à l'échelle mondiale, préciser leurs hypothèses et assurer leur uniformité dans le traitement et les rapports des pays et des régions ne figurant pas à l'annexe I.
  - *Evaluation des mesures d'atténuation des changements climatiques dans le contexte du développement, de la durabilité et de l'équité. Il y aurait lieu par exemple :*
    - d'effectuer plus de recherches sur l'équilibre des options dans les domaines de l'atténuation et de l'adaptation et sur la capacité d'atténuation et d'adaptation dans le contexte du développement, de l'équité et de la durabilité (DED);
    - d'examiner d'autres possibilités de développement, dont les habitudes de consommation dans tous les secteurs, y compris celui du transport, et l'analyse intégrée de l'atténuation et de l'adaptation;
    - d'identifier les échanges possibles entre les politiques explicites sur le climat et les politiques générales encourageant le développement durable;
    - d'intégrer l'équité inter- et intragénérationnelle dans les études sur l'atténuation des changements climatiques;
    - de déterminer les effets des évaluations de l'équité;
    - d'analyser les aspects scientifiques, techniques et économiques des effets des options dans le cadre d'une vaste gamme de régimes de stabilisation;
    - de déterminer le genre de politiques interagissant avec les différentes sortes de conditions socio-économiques afin d'assurer des mondes futurs produisant moins d'émissions de CO<sub>2</sub>;
    - d'examiner la façon d'encourager les changements de valeurs sociales pour promouvoir le développement durable;
    - d'évaluer les mesures d'atténuation des changements climatiques dans le contexte des synergies en place et en vue de les favoriser, à la lumière des mesures d'adaptation potentielles ou actuelles.
  - *Elaboration d'études de génie-économique, d'utilisation finale et de secteurs sur les possibilités d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre par régions et/ou pays spécifiques, en mettant l'accent sur :*
    - le repérage et l'évaluation des technologies et des mesures d'atténuation qui s'écartent du statu quo à court terme (2010, 2020);
    - l'élaboration de méthodes normalisées visant à quantifier les réductions des émissions et des coûts des technologies et mesures d'atténuation;
    - la définition des obstacles à la mise en œuvre des technologies et mesures d'atténuation;
    - l'établissement des possibilités visant à favoriser l'adoption de technologies et mesures d'atténuation des émissions de GES en faisant la connexion avec les avantages accessoires et en élargissant les objectifs de DED;
    - la liaison entre les résultats des évaluations et les politiques et programmes précis pouvant surmonter les obstacles déterminés, et l'effet de levier de certains avantages accessoires.

# Glossaire<sup>1</sup>

---

## Accord volontaire

Accord librement conclu entre un gouvernement et une ou plusieurs parties relevant du secteur privé – ou engagement unilatéral reconnu par les pouvoirs publics – au sujet de la réalisation de certains objectifs environnementaux ou de l'amélioration des résultats en matière d'environnement au-delà des obligations à remplir.

## Activités exécutées conjointement

Phase pilote de la **mise en œuvre conjointe**, qui est définie à l'article 4.2(a) de la **Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques** (CCNUCC) et qui favorise la mise en œuvre d'activités de projets entre pays développés (et leurs entreprises) de même qu'entre pays développés et pays en développement (et leurs entreprises). Les activités exécutées conjointement devraient permettre aux Parties à la CCNUCC d'acquérir de l'expérience dans ce domaine. Il n'est pas prévu de valider les activités de ce genre pendant la phase pilote. Rien n'est encore décidé quant à l'avenir des projets d'activités exécutées conjointement et à la façon dont ils peuvent se rattacher aux **mécanismes de Kyoto**. Sous la forme simple de permis négociables, les activités exécutées conjointement et autres formules fondées sur le marché représentent des mécanismes qui pourraient grandement contribuer à faciliter la mobilisation de ressources supplémentaires pour la préservation de l'environnement global. Voir aussi **mécanisme pour un développement "propre" et échange de droits d'émission**.

## Adaptation

Appropriation des systèmes naturels ou humains aux conditions propres à un milieu nouveau ou en évolution. L'adaptation aux **changements climatiques** fait référence à l'adaptation des systèmes naturels ou humains aux stimuli climatiques réels ou prévus ou à leurs effets, de façon à atténuer leurs inconvénients ou à tirer parti de leurs avantages. On distingue plusieurs sortes d'adaptation : anticipative ou réactionnelle, de caractère privé ou public, autonome ou prévue.

## Additionnalité

Réduction des **émissions** en provenance des **sources** ou augmentation des absorptions par les **puits** qui vient s'ajouter à toute réduction ou augmentation susceptible de se produire en l'absence d'activités de projets relevant d'une **mise en œuvre conjointe** ou d'un **mécanisme pour un développement "propre"** conformes aux définitions figurant dans les articles appropriés du **Protocole de Kyoto**. Cette définition peut être élargie de manière à inclure l'additionnalité sur le plan financier ainsi que l'additionnalité en matière d'investissement et de technologie. S'agissant de l'additionnalité financière, le financement des activités de projets s'ajoutera au financement assuré par

le Fonds pour l'environnement mondial, au titre d'autres engagements financiers des Parties visées à l'annexe I, par l'Aide publique au développement ou par d'autres systèmes de coopération. Pour ce qui est de l'additionnalité en matière d'investissement, la **valeur des unités de réduction des émissions** ou des **unités de réduction certifiée des émissions** contribuera grandement à améliorer la viabilité financière et/ou commerciale des activités de projets. Enfin, pour ce qui concerne l'additionnalité en matière de technologie, la technologie employée dans le cadre d'un projet donné sera la meilleure technologie disponible compte tenu des particularités de la Partie hôte.

## Affectation des terres

Voir **utilisation des terres**.

## Agence internationale de l'énergie (AIE)

Institution créée en 1974 et établie à Paris, en liaison avec l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Ses pays membres sont en mesure de prendre des mesures concertées pour parer aux urgences en matière d'approvisionnement en pétrole, mettre en commun les informations en matière d'énergie, coordonner leurs politiques énergétiques et collaborer à la mise en œuvre de programmes énergétiques rationnels.

## AIE

Voir Agence internationale de l'énergie.

## Alliance des petits Etats insulaires (AOSIS)

Groupe formé en 1990 lors de la deuxième Conférence mondiale sur le climat et constitué d'un certain nombre de pays en développement insulaires ou à zones côtières de faible élévation qui sont particulièrement vulnérables aux effets néfastes des **changements climatiques** (élévation du niveau de la mer, blanchissement des coraux, fréquence et intensité accrues des tempêtes tropicales, etc.). Regroupés au sein d'AOSIS, plus de 35 Etats riverains de l'Atlantique, de la mer des Caraïbes, de l'océan Indien, de la mer Méditerranée et du Pacifique ont ainsi des objectifs communs pour ce qui est des questions de développement environnemental et durable abordées dans le cadre de la **Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques** (CCNUCC).

## Analyse de l'équilibre général

Méthode consistant à analyser simultanément l'ensemble des marchés et des effets de rétroaction entre ces marchés dans une économie où le marché tend à l'équilibre. Voir aussi **équilibre du marché**.

## Analyse de stabilisation

Dans le présent rapport, cette expression fait référence aux analyses ou aux **scénarios** qui traitent de la **stabilisation** de la concentration des **gaz à effet de serre**.

---

<sup>1</sup> Les termes qui correspondent à des entrées indépendantes dans le présent glossaire apparaissent en gras et en italique dans le texte aux fins de renvoi.

## AOSIS

Voir Alliance des petits Etats insulaires.

## Autres modes de développement

L'expression fait référence à toute une série de scénarios possibles pour les valeurs sociétales et les modes de consommation et de production adoptés par tous les pays, et notamment à la continuation (sans que cela constitue une fin en soi) des tendances actuelles. Dans le présent rapport, ces autres modes de développement ne prennent pas en considération d'éventuelles initiatives supplémentaires qui seraient prises dans le domaine du climat – autrement dit, aucun scénario n'est explicitement fondé sur l'hypothèse d'une application effective de la CCNUCC ou sur la réalisation des objectifs du Protocole de Kyoto en matière d'émissions –, mais tiennent compte d'hypothèses portant sur d'autres politiques qui ont un effet indirect sur les émissions de gaz à effet de serre.

## Avantages accessoires

Effets accessoires ou secondaires des politiques ayant exclusivement pour objet de contribuer à l'**atténuation des changements climatiques**. Ces politiques ont un effet non seulement sur les **émissions de gaz à effet de serre**, mais aussi sur l'utilisation rationnelle des ressources, notamment en atténuant la pollution atmosphérique locale et régionale consécutive à l'utilisation de combustibles fossiles, et sur diverses questions relatives aux transports, à l'agriculture, aux modes d'**utilisation des terres**, à l'emploi et à la sûreté des combustibles. Ces avantages sont parfois qualifiés d'“effets accessoires” pour traduire le fait que, dans certains cas, il s'agit plutôt d'inconvénients. Si l'on s'attache avant tout aux politiques destinées à réduire la pollution atmosphérique à l'échelon local, l'**atténuation des émissions de gaz à effet de serre** peut aussi être considérée comme un avantage accessoire. On ne tient cependant pas compte de ces relations dans le présent rapport. Voir aussi **avantages connexes**.

## Avantages connexes

Avantages qu'offrent les politiques mises en œuvre pour de multiples raisons – notamment les politiques d'**atténuation** des effets des changements climatiques –, étant entendu que la plupart des politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre ont également d'autres motifs, souvent aussi importants (par exemple en matière de développement, de durabilité et d'équité). On emploie également l'expression “effets connexes” dans un sens plus général, afin d'englober à la fois les avantages et les inconvénients des politiques considérées. Voir aussi **avantages accessoires**.

## Atténuation

Intervention humaine visant à réduire les **émissions de gaz à effet de serre** en provenance des sources ou à renforcer leurs absorptions par les puits. Voir aussi **solutions biologiques** et **géo-ingénierie**.

## Base de ressources

Comprend à la fois les **réserves** et les **ressources**.

## Bassin

Voir **réservoir**.

## Biomasse

Masse totale des organismes vivants se trouvant dans un périmètre ou un volume donné; depuis quelque temps, les végétaux morts sont souvent inclus dans la biomasse. La biomasse peut servir de combustible, soit directement par combustion (le bois, par exemple), soit indirectement par fermentation (par exemple du sucre pour produire de l'alcool) ou extraction d'huiles combustibles (par exemple à partir de soja).

## Boisement

Plantation de nouvelles forêts sur des terres qui n'avaient jusqu'ici jamais été boisées<sup>2</sup>. Voir aussi déboisement et reboisement.

## Biocarburant

Carburant obtenu à partir de matière organique sèche ou d'huiles combustibles produites par les plantes. Au nombre des biocarburants figurent l'alcool (obtenu par fermentation du sucre), la liqueur noire issue de la préparation de la pâte à papier, le bois et l'huile de soja.

## Bulle

L'article 4 du **Protocole de Kyoto** dispose que des pays/Parties peuvent se mettre d'accord pour s'acquitter conjointement des engagements chiffrés inscrits à l'**annexe B** en regroupant l'ensemble de leurs émissions en une “bulle” unique et en partageant la charge y relative. Par exemple, les pays de l'Union européenne ont l'intention de regrouper leurs engagements en matière d'émission sous une même “bulle” et de s'en acquitter en commun.

## Canevas

Description circonstanciée d'un **scénario** (ou d'une famille de scénarios), où sont détaillées les principales caractéristiques du scénario, les relations entre les principaux éléments moteurs et la dynamique du scénario.

## Capacité d'atténuation

Structures et conditions sociales, politiques et économiques nécessaires à une **atténuation** efficace.

## CFC

Voir **chlorofluorocarbones**.

## CH<sub>4</sub>

Voir méthane.

## Changement structurel

Changement, par exemple, des parts relatives du **PIB** imputables aux différents secteurs (industrie, agriculture, services, etc.) de l'économie. De façon plus générale, un changement structurel correspond à la transformation d'un système, à l'occasion de laquelle on remplace ou on prévoit de remplacer certains éléments par d'autres.

<sup>2</sup> Pour toute analyse du terme forêt et des termes apparentés tels que boisement, reboisement et déboisement, on se reportera au rapport intitulé *Land Use, Land-Use Change, and Forestry: Special Report of the IPCC* (Cambridge University Press, 2000).



### Changements climatiques

Variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité, persistant pendant une période prolongée (généralement des décennies ou plus). Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels ou à des forçages externes, ou encore à la persistance de variations anthropiques de la composition de l'atmosphère ou de l'utilisation des terres. On notera que la **Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques** (CCNUCC), dans son article premier, définit les changements climatiques comme "des changements qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables". La CCNUCC fait donc une distinction entre "les changements climatiques" attribuables à l'activité humaine altérant la composition de l'atmosphère et la "variabilité du climat" imputable à des causes naturelles.

### Chlorofluorocarbones (CFC)

**Gaz à effet de serre** pris en compte dans le Protocole de Montréal (1987). Employés pour la réfrigération, la climatisation, l'emballage et l'isolation, ils sont aussi utilisés comme solvants et comme propulseurs dans les aérosols. Echappant à la destruction dans la basse atmosphère, les CFC atteignent la haute atmosphère où, quand les conditions s'y prêtent, ils détruisent les molécules d'ozone. Ces gaz sont remplacés par d'autres composés – notamment les hydrocarbures partiellement halogénés et les **hydrofluorocarbones** –, qui sont des gaz à effet de serre pris en compte dans le Protocole de Kyoto.

### CCNUCC

Voir **Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques**.

### CO<sub>2</sub>

Voir **dioxyde de carbone**.

### Coefficient d'émission

Coefficient qui établit un rapport entre les **émissions** réelles et les données d'activité et qui correspond à un taux standard d'émission par unité d'activité.

### Cogénération

Utilisation de la chaleur dissipée lors de la production d'électricité – par exemple la chaleur à l'échappement d'une turbine à gaz – à des fins industrielles ou pour le chauffage à distance.

### Combustibles fossiles

Combustibles carbonés extraits des dépôts de carbone fossile (charbon, pétrole, gaz naturel, etc.).

### Commercialisation

Série de mesures nécessaires pour assurer la mise en marché et la compétitivité des techniques, processus et produits nouveaux.

### Complémentarité

Dans le **Protocole de Kyoto**, il est indiqué que les activités en matière d'**échange de droits d'émission** et de **mise en œuvre**

**conjointe** doivent compléter les mesures intérieures (taxes sur l'énergie, **normes** de rendement énergétique, etc.) prises par les pays développés pour réduire leurs **émissions de gaz à effet de serre**. Dans le cas de certaines définitions de la complémentarité proposées (impliquant par exemple un plafonnement concret du niveau d'utilisation), les pays développés pourraient être contraints de restreindre le recours aux **mécanismes de Kyoto** pour atteindre leurs objectifs de réduction. Il s'agit là d'une question qui devra faire l'objet d'autres négociations et éclaircissements de la part des Parties.

### Conditions de base

Se rapportent à un **scénario** de non-intervention qui sert de référence pour l'analyse des scénarios fondés sur l'hypothèse d'une intervention.

### Conférence des Parties

Organe suprême de la **Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques**, composé des représentants des pays qui ont ratifié la Convention ou y ont adhéré. La Conférence des Parties a tenu sa première session à Berlin en 1995, sa deuxième session à Genève en 1996, sa troisième session à Kyoto en 1997, sa quatrième session à Buenos Aires, sa cinquième session à Bonn et sa sixième session à La Haye. Voir aussi **Conférence des Parties agissant en tant que Réunion des Parties et Réunion des Parties**.

### Conférence des Parties agissant en tant que Réunion des Parties

La **Conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques** agit en tant que **Réunion des Parties** – l'organe suprême du **Protocole de Kyoto** –, mais seules les Parties au Protocole de Kyoto peuvent participer aux délibérations et prendre des décisions. Jusqu'à ce que le Protocole soit entré en vigueur, la **Réunion des Parties** ne peut siéger.

### Conformité

Voir **mise en œuvre**.

### Contingent d'émissions

Portion ou part de la totalité des émissions autorisées attribuée à un pays ou à un groupe de pays dans le cadre d'un dispositif d'émissions totales maximales et d'allocations obligatoires de ressources.

### Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)

Convention adoptée le 9 mai 1992 à New York et signée par plus de 150 pays et par la Communauté européenne lors du Sommet Planète Terre, qui s'est tenu à Rio de Janeiro en 1992. Son objectif ultime est de "stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique". Elle contient des engagements pour toutes les Parties. Aux termes de la Convention, les **pays/Parties figurant à l'annexe I** doivent s'employer à ramener en 2000 les émissions de gaz à effet de serre non réglementées par le **Protocole de Montréal** à leurs niveaux de 1990. La Convention est entrée en vigueur en mars 1994. Voir aussi **Conférence des Parties** et **Protocole de Kyoto**.

### Convention sur le climat

Voir *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*.

### Conversion d'énergie

Voir *transformation d'énergie*.

### Coût de substitution

Coût du renoncement à une activité économique au profit d'une autre.

### Coût d'un projet

Ensemble des frais financiers liés à un projet (coût en capital, coût en main-d'œuvre, frais d'exploitation, etc.).

### Coût en valeur actuelle

Somme de tous les coûts pour toutes les périodes de temps, les coûts futurs étant actualisés.

### Coût externe

Coût correspondant à une activité humaine lorsque l'agent responsable de l'activité en question ne tient pas totalement compte de ses effets sur autrui. Lorsque ces effets sont positifs sans que l'agent responsable en soit crédité, on parle d'*avantages externes*. Quoique les *émissions* de particules en provenance d'une centrale électrique aient des effets néfastes sur la santé des populations avoisinantes, il n'en est souvent guère tenu compte dans les décisions relevant du secteur privé et il n'existe aucun marché pour ces effets. Un tel phénomène est qualifié d'*externalité*, et les coûts qui en découlent sont qualifiés de coûts externes.

### Coût moyen

*Coût total* divisé par le nombre d'unités de l'élément dont le coût est estimé. Pour ce qui est des *gaz à effet de serre*, par exemple, le coût moyen est égal au coût total d'un programme donné, divisé par la quantité concrète d'*émissions* évitées.

### Coût privé

Catégorie de coût influant sur les décisions prises à titre individuel. Voir aussi *coût social*, *coût externe* et *coût total*.

### Coût social

Le coût social d'une activité inclut la *valeur* de toutes les ressources utilisées pour la mener à bien. Certaines de ces ressources ont un prix précisément fixé, d'autres non (on parle alors d'*externalités*). Le coût social correspond donc à la somme du coût de ces externalités et du coût des ressources dont le prix est fixé. Voir aussi *coût privé*, *coût externe* et *coût total*.

### Coût total

Somme de tous les coûts. Le coût total pour la société correspond à la somme du *coût externe* et du *coût privé*, c'est-à-dire au *coût social*.

### Coûts de mise en œuvre

Coûts découlant de la mise en œuvre des différentes solutions en matière d'*atténuation*. Ces coûts sont fonction des changements institutionnels nécessaires, des besoins en information, de la taille

du marché, des *possibilités* de progrès en matière de *technologie* et d'acquisition des connaissances et des mesures économiques d'incitation requises (dons, subventions et mesures fiscales).

### Coûts de suppression des obstacles

Coûts des activités déployées pour remédier directement aux imperfections du marché ou pour réduire les coûts de transaction dans le secteur public et/ou privé. Il s'agit par exemple des coûts liés à l'amélioration des moyens institutionnels, à la réduction des risques et de l'*incertitude*, à la facilitation des transactions sur le marché ou à la mise en pratique des politiques de réglementation.

### Coûts en capital

Dépenses d'équipement ou d'investissement engagées pour l'acquisition ou l'installation de terrain, de bâtiments, d'équipements et de stocks. À la différence des coûts salariaux et des dépenses d'exploitation, les coûts en capital ne sont pas fonction du rendement correspondant à une capacité de production donnée.

### Coûts macroéconomiques

Correspondent généralement à des variations ou à une augmentation du *produit intérieur brut* ou encore à un recul du "bien-être" ou de la consommation.

### Critère de Pareto

Possibilité d'améliorer la position d'un individu sans nuire à celle d'autrui dans une société donnée.

### Critères de rendement

Voir *normes*.

### Cycle du carbone

Expression utilisée pour désigner l'échange de carbone (sous diverses formes, par exemple sous forme de *dioxyde de carbone*) entre l'atmosphère, les océans, la biosphère terrestre et la lithosphère.

### Déboisement

Conversion d'une forêt en zone non forestière<sup>3</sup>.

### Dématérialisation

Processus par lequel l'activité économique est dissociée du flux de production de matière et d'énergie par le biais de procédés tels que la production écoefficiente ou l'*écologie industrielle* et qui contribue à atténuer les conséquences pour l'environnement par unité d'activité économique.

### Désertification

Dégradation des sols dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches due à divers facteurs, dont les variations du climat et l'activité humaine. Par ailleurs, la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification définit la dégradation des sols comme la diminution ou la disparition, dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, de la productivité biologique ou économique et de la complexité des terres cultivées non irriguées, des

<sup>3</sup> Voir note 2

terres cultivées irriguées, des parcours, des pâturages, des forêts ou des surfaces boisées du fait de l'utilisation des terres ou d'un ou de plusieurs phénomènes, notamment de phénomènes dus à l'activité de l'homme et à ses modes de peuplement, tels que : i) l'érosion des sols causée par le vent et/ou l'eau; ii) la détérioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques ou économiques des sols; et iii) la disparition à long terme de la végétation naturelle.

### Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

Gaz d'origine naturelle ou résultant de la combustion des **combustibles fossiles** et de la **biomasse** ainsi que de changements d'**affectation des terres** et d'autres procédés industriels. C'est le principal **gaz à effet de serre** dû à l'activité humaine qui influe sur le bilan net du rayonnement à la surface de la Terre. C'est aussi le gaz de référence par rapport auquel sont mesurés tous les autres gaz à effet de serre, et qui a donc un **potentiel de réchauffement** global égal à 1.

### Double dividende

Se rapporte au fait que des instruments producteurs de recettes tels que la **taxe sur le carbone** ou les **permis d'émission** négociables contribuent 1) à limiter ou à réduire les **émissions de gaz à effet de serre** et 2) à compenser au moins en partie les baisses éventuelles du niveau de vie imputables aux politiques relatives au climat grâce au recyclage des recettes dans l'économie en vue de réduire d'autres impôts susceptibles d'engendrer des distorsions. Dans un monde en proie au chômage involontaire, les politiques adoptées pour atténuer les effets des **changements climatiques** peuvent en outre avoir un effet (un "troisième dividende" positif ou négatif) sur l'emploi. On parle de double dividende faible aussi longtemps qu'il y a un effet de recyclage des recettes – c'est-à-dire aussi longtemps que les recettes sont recyclées par l'intermédiaire de réductions des taux marginaux propres aux taxes génératrices de distorsions – et de double dividende fort lorsque l'effet (profitable) de recyclage des recettes fait plus que compenser la valeur combinée du coût de revient (en ce cas, le coût net de la réduction de la pollution est négatif). Voir aussi **effet d'interaction**.

### Echange de droits d'émission

Démarche axée sur le marché, adoptée pour atteindre des objectifs environnementaux et permettre en particulier à ceux qui réduisent leurs **émissions de gaz à effet de serre** au-dessous des niveaux prévus d'utiliser ou d'échanger ces réductions excédentaires afin de compenser des émissions en provenance d'une autre source située à l'intérieur même ou en dehors du pays considéré. Cet échange s'effectue en général à l'intérieur d'une entreprise ou à l'échelon national ou international. Dans son deuxième Rapport d'évaluation, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat est convenu d'employer l'expression "permis d'émission" dans le cas des systèmes d'échange au plan national, et l'expression "contingent d'émission" dans le cas des systèmes d'échange au plan international. Ainsi, l'échange de droits d'émission évoqué à l'article 17 du **Protocole de Kyoto** est un **système de contingents négociables**, fondé sur les quantités attribuées sur la base des engagements chiffrés de limitation ou de réduction des émissions qui figurent dans l'annexe B du Protocole. Voir aussi **réduction certifiée des émissions et mécanisme pour un développement propre**.

### Ecologie industrielle

Ensemble des relations d'une industrie particulière avec son environnement; cette notion fait souvent référence à la planification de procédés industriels qui portent le moins possible atteinte au milieu environnant (par exemple grâce à une récupération en cascade de la chaleur et des substances).

### Ecosystème

Système où des organismes vivants interagissent avec leur environnement physique. Les limites de ce qu'on peut appeler un écosystème sont assez arbitraires et dépendent de ce qui retient l'attention ou du thème de l'étude. Ainsi, un écosystème peut se limiter à un espace très réduit ou s'étendre à la planète entière.

### Ecotaxe

Voir **taxe sur les émissions**.

### Effet d'entraînement

Répercussions économiques de mesures d'**atténuation** nationales ou sectorielles sur d'autres pays ou secteurs. Dans le présent rapport, il n'est pas tenu compte des effets d'entraînement relatifs à l'environnement. Les effets d'entraînement peuvent être positifs ou négatifs et concernent les échanges, le **transfert d'émissions**, le transfert et la diffusion de **technologies** ne portant pas atteinte à l'environnement et d'autres questions.

### Effet de rebond

Se produit par exemple lorsqu'une amélioration du rendement énergétique d'un moteur entraîne une baisse du coût par kilomètre parcouru, ce qui a pour effet pervers d'inciter les usagers à parcourir davantage de kilomètres.

### Effet de serre

Les **gaz à effet de serre** absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre, par l'atmosphère elle-même du fait de la présence de ces mêmes gaz et par les nuages. Le rayonnement atmosphérique est émis dans toutes les directions, y compris vers la surface de la Terre. Ainsi, les **gaz à effet de serre** retiennent la chaleur dans le système surface-troposphère. C'est ce qu'on appelle "l'effet de serre naturel". Le rayonnement atmosphérique est étroitement lié à la température du niveau où il est émis. Dans la troposphère, la température diminue généralement avec l'altitude. En fait, le rayonnement infrarouge dirigé vers l'espace prend naissance à une altitude où la température est en moyenne de -19 °C, en équilibre avec le rayonnement solaire incident net, tandis que la surface de la Terre se maintient à une température beaucoup plus élevée, de +14 °C en moyenne. Un accroissement de la concentration de gaz à effet de serre entraîne une plus grande opacité de l'atmosphère au rayonnement infrarouge et, par conséquent, un rayonnement effectif vers l'espace à partir d'une altitude plus élevée et à une température plus basse. Il en résulte un **forçage radiatif**, c'est-à-dire un déséquilibre qui ne peut être compensé que par une hausse de la température du système surface-troposphère. C'est ce qu'on appelle "l'effet de serre renforcé".

### Effet d'interaction

Résultat ou conséquence de l'interaction des moyens d'action employés en matière de **changements climatiques** et des régimes

fiscaux déjà en place sur le plan national, y compris l'effet d'interaction fiscale entraînant une augmentation des coûts et l'effet lié au recyclage des recettes entraînant une réduction des coûts. L'effet d'interaction fiscale est l'illustration de l'influence que les politiques relatives aux **émissions de gaz à effet de serre** peuvent exercer sur le fonctionnement du marché de l'emploi et du marché financier par le biais de leurs répercussions sur les salaires réels et sur le rendement réel du capital. En abaissant le seuil admissible des **émissions de gaz à effet de serre**, les permis de polluer, les dispositions réglementaires ou les **taxes sur le carbone** contribuent à augmenter les coûts de production et les prix à la production et, par conséquent, à réduire la rentabilité réelle du travail et du capital. Par ailleurs, les recettes que procurent aux pouvoirs publics les taxes sur le carbone ou la vente aux enchères des permis d'émission peuvent être recyclées pour atténuer certaines distorsions d'ordre fiscal. Voir aussi **double dividende**.

### Effet d'interaction fiscale

Voir **effet d'interaction**.

### Effet sur le commerce

Incidence économique des modifications du pouvoir d'achat lié à un ensemble de produits exportés par un pays pour un ensemble de produits que ce pays doit importer en s'adressant à ses partenaires commerciaux. Les politiques en matière de climat contribuent à modifier les coûts de production relatifs et peuvent influencer sur les termes de l'échange au point d'altérer l'équilibre économique général.

### Efficace par rapport au coût

Se dit d'une **technologie** ou d'une mesure permettant d'obtenir un bien ou un service à un coût égal ou inférieur au coût habituel ou de la solution la moins coûteuse pour atteindre un objectif donné.

### Elasticité par rapport au revenu

Variation en pourcentage de la demande concernant un bien ou un service pour un changement de 1 pour cent du revenu.

### Elasticité-prix

Réactivité de la demande au coût d'un bien ou d'un service; l'élasticité-prix correspond en particulier à la variation en pourcentage de la quantité consommée d'un bien ou d'un service pour une variation de 1 pour cent du prix de ce bien ou de ce service.

### Emissions

S'agissant des **changements climatiques**, les émissions sont des rejets de **gaz à effet de serre** et/ou de leurs précurseurs ainsi que d'aérosols dans l'atmosphère, sur une étendue et une période de temps déterminées.

### Emissions anthropiques

**Emissions de gaz à effet de serre**, de précurseurs de **gaz à effet de serre** et d'aérosols dues aux activités humaines. Au nombre de ces activités figurent la production d'énergie au moyen de **combustibles fossiles**, le **déboisement** et les changements d'**utilisation des terres**, qui se traduisent par une augmentation nette des émissions.

### Energie de substitution

Energie tirée d'autres sources que les combustibles fossiles.

### Energie finale

Energie directement utilisable par le consommateur (par exemple l'électricité fournie par une prise électrique).

### Energie primaire

Energie présente dans les ressources naturelles (charbon, pétrole brut, rayonnement solaire, uranium, etc.) avant tout processus anthropique de conversion ou de transformation.

### Engagements chiffrés de limitation ou de réduction des émissions

Engagements de réduction des **émissions de gaz à effet de serre**, en pourcentage des émissions de l'année ou de la période de référence, pris par les pays développés figurant à l'annexe B du **Protocole de Kyoto**. Voir aussi **objectifs** et **calendriers**.

### Equilibre du marché

Situation où la demande de biens et services est égale à l'offre. Souvent assimilé, sur un marché concurrentiel, au niveau de prix qui assure l'équilibre du marché.

### Equivalent CO<sub>2</sub>

Concentration de **dioxyde de carbone** qui entraînerait un **forçage radiatif** de même importance que celui résultant d'un mélange donné de CO<sub>2</sub> et d'autres **gaz à effet de serre**.

### Etablissement du prix à partir du coût complet

Détermination du prix des biens commerciaux – par exemple de l'électricité –, de telle sorte que le prix définitif communiqué à l'utilisateur final comprenne non seulement les coûts privés des facteurs de production, mais aussi les coûts des **externalités** résultant de la production de ces biens et de leur usage.

### Evaluation intégrée

Méthode d'analyse qui combine en un ensemble cohérent les résultats et modèles propres aux sciences physiques, biologiques, économiques et sociales ainsi que les interactions de ces divers éléments, de façon à pouvoir évaluer l'état et les conséquences des changements climatiques de même que les mesures prises pour y remédier.

### Externalité

Voir **coût externe**.

### Fertilisation par le dioxyde de carbone

Stimulation de la croissance des plantes due à une concentration accrue de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Selon leur mode de photosynthèse, certains types de végétaux sont plus sensibles aux variations de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. En particulier, les plantes qui synthétisent leurs constituants à partir de molécules à trois atomes de carbone (plantes en C<sub>3</sub>) – dont la plupart des arbres et certaines plantes agricoles telles que le riz, le blé, le soja, la pomme de terre et les légumes – sont ainsi généralement plus sensibles au CO<sub>2</sub> que les plantes qui synthétisent leurs constituants à partir de molécules à quatre atomes de carbone (plantes en C<sub>4</sub>) – principalement d'origine tropicale, celles-ci comprennent les graminées et des plantes agricoles importantes telles que le maïs, la canne à sucre, le mil ou le sorgho.



### Forçage radiatif

Le forçage radiatif est la variation de l'éclairement énergétique vertical net, exprimé en watts par mètre carré ( $\text{W.m}^{-2}$ ), à la tropopause par suite d'un changement interne ou d'une modification du forçage externe du système climatique – par exemple une modification de la concentration de **dioxyde de carbone** ou de la production solaire. En général, on calcule le forçage radiatif après avoir laissé les températures stratosphériques se réadapter à l'équilibre radiatif, toutes les autres propriétés troposphériques étant toutefois maintenues à leurs valeurs non perturbées. Le forçage radiatif est qualifié d'*instantané* si l'on n'observe aucune modification de la température troposphérique.

### Forêt

Type de végétation dominé par les arbres. De nombreuses définitions du terme *forêt* sont utilisées dans le monde entier, du fait de la grande disparité des conditions bio-géophysiques, des structures sociales et des conditions économiques<sup>4</sup>. Voir aussi **boisement**, **déboisement** et **reboisement**.

### Frais d'administration

Frais directement liés et limités à la mise en œuvre à court terme des activités relatives à un projet ou à des activités sectorielles, qui comprennent notamment les frais de planification, de formation, d'administration et de suivi.

### Gaz à effet de serre

Les gaz à effet de serre sont les constituants gazeux de l'atmosphère, tant naturels qu'anthropiques, qui absorbent et émettent un rayonnement à des longueurs d'onde données du spectre du rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre, l'atmosphère et les nuages. C'est cette propriété qui est à l'origine de l'**effet de serre**. La vapeur d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ), le **dioxyde de carbone** ( $\text{CO}_2$ ), l'**oxyde nitreux** ( $\text{N}_2\text{O}$ ), le **méthane** ( $\text{CH}_4$ ) et l'**ozone** ( $\text{O}_3$ ) sont les principaux gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère terrestre. L'atmosphère contient en outre un certain nombre de gaz à effet de serre entièrement anthropiques tels que les hydrocarbures halogénés et autres substances contenant du chlore et du brome, dont traite le **Protocole de Montréal**. Outre le  $\text{CO}_2$ , le  $\text{N}_2\text{O}$  et le  $\text{CH}_4$ , le **Protocole de Kyoto** tient compte, quant à lui, d'autres gaz à effet de serre tels que l'**hexafluorure de soufre** ( $\text{SF}_6$ ), les **hydrofluorocarbones** (HFC) et les **hydrocarbures perfluorés** (PFC).

### Gaz en traces

Constituant mineur de l'atmosphère. Les principaux gaz en traces qui contribuent à l'**effet de serre** sont le **dioxyde de carbone**, l'**ozone**, le **méthane**, l'**oxyde nitreux**, les **hydrocarbures perfluorés**, les **chlorofluorocarbones**, les **hydrofluorocarbones**, l'**hexafluorure de soufre**, le chlorure de méthyle et la vapeur d'eau.

### Géo-ingénierie

Ensemble des techniques visant à stabiliser le système climatique par une gestion directe de l'équilibre énergétique de la Terre, de façon à remédier à l'**effet de serre** renforcé.

### Gestion de la demande

Politiques et programmes conçus spécialement pour influencer sur la demande de biens et/ou de services. Dans le secteur de l'énergie, par exemple, la gestion de la demande consiste à mettre en œuvre des politiques et des programmes destinés à restreindre la demande d'électricité ou d'autres formes d'énergie. La gestion de la demande contribue à réduire les émissions de **gaz à effet de serre**.

### Groupe de l'Ombrelle

Groupe de pays développés, pour la plupart non européens, qui font valoir à l'occasion un point de vue commun lors de négociations portant sur certaines questions.

### Groupe des 77 et de la Chine

Formé à l'origine sur l'initiative de 77 pays, ce groupe réunit actuellement plus de 130 pays en développement et constitue l'un des principaux "blocs" de négociation pour la mise en œuvre de la **Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques** (CCNUCC). Le Groupe des 77 et de la Chine est également assimilé aux **pays/Parties ne figurant pas à l'annexe I de la CCNUCC**.

### Harmonisation des taxes sur les émissions, le carbone ou l'énergie

Processus en vertu duquel les pays participants s'engagent à instituer une taxe en appliquant un taux d'imposition commun aux mêmes **sources**. Chaque pays a la possibilité de garder les recettes ainsi perçues. Si l'institution d'une taxe harmonisée n'oblige pas nécessairement les pays concernés à adopter un même taux d'imposition, il n'en demeure pas moins que l'application de taux d'imposition différents se révélerait peu **efficace par rapport au coût**. Voir aussi taxe sur les émissions.

### Hexafluorure de soufre ( $\text{SF}_6$ )

L'un des six **gaz à effet de serre** dont il est prévu de réduire les émissions au titre du **Protocole de Kyoto**. L'hexafluorure de soufre est abondamment employé dans l'industrie lourde pour isoler l'appareillage haute tension et faciliter la fabrication de dispositifs de refroidissement de câbles. Son **potentiel de réchauffement global** est de 23 900.

### HFC

Voir **hydrofluorocarbones**.

### Hydrocarbures perfluorés (PFC)

L'un des six **gaz** (ou catégorie de gaz) **à effet de serre** dont il est prévu de réduire les émissions au titre du **Protocole de Kyoto**. Les hydrocarbures perfluorés sont des sous-produits de la production d'aluminium et de l'enrichissement de l'uranium. Ils remplacent aussi les **chlorofluorocarbones** dans la fabrication des semi-conducteurs. Leur **potentiel de réchauffement global** est 6 500 à 9 200 fois supérieur à celui du **dioxyde de carbone**.

### Hydrofluorocarbones (HFC)

Font partie des six **gaz à effet de serre** pris en compte dans le **Protocole de Kyoto**. Les hydrofluorocarbones sont produits commercialement comme substances de remplacement des

<sup>4</sup> Voir note 2



chlorofluorocarbones. Ils sont principalement utilisés pour la production de réfrigérants et de semi-conducteurs. Leur potentiel de réchauffement global varie de 1300 à 11 700.

### **Incertitude**

Expression du degré de méconnaissance d'une valeur (par exemple l'état futur du système climatique). L'incertitude peut résulter d'un manque d'information ou d'un désaccord sur ce qui est connu, voire connaissable. Elle peut avoir diverses origines et ainsi résulter d'erreurs chiffrables dans les données, d'une définition trop imprécise des concepts ou de la terminologie employés ou encore de projections incertaines du comportement humain. L'incertitude peut donc être représentée par des mesures quantitatives (par exemple un ensemble de valeurs calculées par divers modèles) ou par des énoncés qualitatifs (reflétant par exemple l'opinion d'une équipe d'experts).

### **Incitations fondées sur le marché**

Mesures visant à utiliser des mécanismes du marché (par exemple des taxes ou des droits négociables) pour réduire les **émissions de gaz à effet de serre**.

### **Industrialisation**

Transformation d'une société fondée sur le travail manuel en une société fondée sur l'utilisation de machines.

### **Inertie**

Principe selon lequel un corps qui n'est soumis à aucune force extérieure est au repos ou en mouvement rectiligne uniforme. Pour ce qui est de l'**atténuation des effets des changements climatiques**, cette notion est associée à différentes formes de capital (capital physique créé par l'homme, capital naturel et capital social non physique – institutions, réglementation, normes, etc. – par exemple).

### **Infrastructure**

Moyens et installations de base nécessaires au bon fonctionnement et au développement d'une communauté (routes, écoles, services de distribution d'eau, de gaz et d'électricité, moyens de transport et de communication, etc.).

### **Intensité énergétique**

Rapport de la consommation d'énergie à la production économique ou physique. Au niveau national, l'intensité énergétique correspond au rapport de la consommation nationale totale d'**énergie primaire** ou d'**énergie finale** au **produit intérieur brut** (ou à la production physique intérieure brute).

### **Mécanisme de développement propre**

Défini dans l'article 12 du **Protocole de Kyoto**, le mécanisme de développement propre poursuit un double objectif : 1) aider les Parties ne figurant pas à l'annexe I à parvenir à un développement durable ainsi qu'à contribuer à l'objectif ultime de la Convention; 2) aider les Parties visées à l'annexe I à remplir leurs engagements chiffrés de limitation et de réduction de leurs émissions. Les **réductions certifiées des émissions** obtenues dans le cadre de projets exécutés dans des **pays/Parties ne figurant pas à l'annexe I** qui contribuent à limiter ou à réduire les **émissions de**

**gaz à effet de serre**, lorsqu'elles sont certifiées par des entités opérationnelles désignées par la **Conférence des Parties agissant en tant que Réunion des Parties**, peuvent être portées au crédit des investisseurs (publics ou privés) des **pays/Parties figurant à l'annexe B**. Une part des fonds provenant d'activités de projets certifiées est utilisée pour couvrir les dépenses administratives et aider les pays en développement Parties qui sont particulièrement vulnérables aux effets défavorables des **changements climatiques** à financer le coût de l'adaptation.

### **Mécanismes de flexibilité**

Voir **mécanismes prévus dans le Protocole de Kyoto**.

### **Mécanismes de Kyoto**

Mécanismes économiques fondés sur les principes du marché, auxquels les pays/Parties au **Protocole de Kyoto** peuvent recourir pour atténuer les incidences économiques possibles des mesures de réduction des émissions de **gaz à effet de serre**. Parmi ces mécanismes figurent la **mise en œuvre conjointe** (article 6), le **mécanisme pour un développement propre** (article 12) et l'échange de droits d'émission (article 17).

### **Mesures réglementaires**

Règles ou codes édictés par les gouvernements et ayant pour objet de prescrire des spécifications de produits ou des caractéristiques de rendement des processus. Voir aussi **normes**.

### **Mesures volontaires**

Mesures destinées à réduire les émissions de gaz à effet de serre, que prennent des entreprises et d'autres acteurs en l'absence de prescriptions gouvernementales. Ces mesures volontaires contribuent à favoriser l'accès aux produits ou procédés respectant l'environnement et incitent les consommateurs à intégrer des valeurs écologiques dans leurs choix liés au marché.

### **Méthane (CH<sub>4</sub>)**

L'un des six **gaz à effet de serre** dont il est prévu d'atténuer les émissions au titre du **Protocole de Kyoto**.

### **Méthode dite "de l'atterrissage sans risque"**

Voir **méthode dite "des créneaux acceptables"**.

### **Méthode dite "des créneaux acceptables"**

Cette méthode, à l'instar d'autres méthodes du même type, consiste à analyser les **émissions de gaz à effet de serre** soumises à des limitations ou réductions en privilégiant un objectif climatique à long terme (concernant par exemple la hausse de température, la variation du niveau de la mer ou le rythme de ces changements) plutôt que la **stabilisation** de la concentration des gaz en question. De telles démarches ont essentiellement pour objet d'évaluer les incidences du choix d'objectifs à long terme de ce genre sur les niveaux acceptables à court ou à moyen terme pour ce qui est des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle du globe. On emploie également l'expression **"méthode dite "de l'atterrissage sans risque"**.

### Mise en œuvre

Se rapporte aux mesures (d'ordre législatif, réglementaire, juridique ou autre) que doivent prendre les pouvoirs publics pour qu'il soit tenu compte des accords internationaux dans les lois et les politiques nationales. La mise en œuvre comprend les événements et les activités consécutifs à la publication de directives officielles en matière de politique publique, et notamment les efforts déployés en vue d'appliquer les directives en question ainsi que les effets considérables de ce processus sur les gens et le cours des événements. Il importe d'établir une distinction entre la mise en œuvre juridique des engagements internationaux (par incorporation dans la loi nationale) et la mise en œuvre effective (de mesures entraînant des changements de comportement de la part de groupes cibles). La conformité fait référence à la capacité des pays de se conformer aux dispositions d'un accord ainsi qu'à la mesure dans laquelle ils s'y conforment. A cet égard, il s'agit de savoir non seulement si des mesures de mise en œuvre ont été prises, mais aussi si la conformité a été préservée lors de leur application. La conformité indique à quel point les différents acteurs dont le comportement est remis en cause par l'accord (administrations locales, sociétés, organisations, particuliers, etc.) se sont effectivement conformés aux mesures de mise en œuvre et aux obligations y afférentes.

### Mise en œuvre conjointe

Mécanisme de mise en œuvre axé sur le marché, défini à l'article 6 du **Protocole de Kyoto**, qui permet aux **pays/Parties figurant à l'annexe I** ou aux entreprises établies dans ces pays de mettre en route des projets conjoints visant à limiter ou à réduire les **émissions de gaz à effet de serre** ou à renforcer les absorptions par les puits et d'échanger des **unités de réduction des émissions**. Ce processus de mise en œuvre conjointe est également mentionné à l'alinéa a) du paragraphe 2 de l'article 4 de la **Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques**. Voir aussi **activités exécutées conjointement et mécanismes de Kyoto**.

### Modèle ascendant

Modèle fondé sur la prise en compte d'informations d'ordre technique et technologique dans l'analyse. Voir aussi **modèle descendant**.

### Modèle descendant

S'agissant de modèles, les termes "ascendant" et "descendant" sont respectivement synonymes de "global" et "désagrégré". La notion de modèle descendant est liée au fait que des modélisateurs ont appliqué la théorie macroéconomique et diverses techniques économétriques à un ensemble de données historiques sur la consommation, les prix, les revenus et les coûts des facteurs de production pour modéliser la demande finale de biens et de services ainsi que l'offre émanant de secteurs de premier plan tels que ceux de l'énergie, des transports, de l'agriculture ou de l'industrie. Par conséquent, les modèles descendants évaluent le système en fonction de variables économiques globales, alors que les **modèles ascendants** s'attachent aux solutions techniques ou, en matière d'**atténuation des changements climatiques**, aux politiques relatives à certains projets. Toutefois, certaines données techniques sont prises en compte dans les analyses de type descendant, et la distinction entre les deux sortes de modèles n'est pas toujours nette.

### N<sub>2</sub>O

Voir oxyde nitreux.

### Norme d'émission

Niveau d'émission – fixé par la loi ou par accord volontaire – qui ne peut être dépassé.

### Norme de technologie ou de performance

Voir **norme**.

### Normes

Ensemble de règles ou de codes prescrivant ou définissant les performances des produits (classification, dimensions, caractéristiques, méthodes d'essai, règles d'utilisation, etc.). Des **normes internationales relatives aux produits, aux technologies ou aux performances** établissent les prescriptions minimales pour un certain nombre de produits et/ou de technologies dans les pays qui en font usage. Les normes contribuent à réduire les **émissions de gaz à effet de serre** résultant de la fabrication ou de l'utilisation de ces produits et/ou de l'emploi de ces technologies. Voir aussi **normes d'émission et mesures réglementaires**.

### Normes internationales de produits et/ou de technologies

Voir **normes**.

### Objectifs et calendriers

Un objectif correspond à la réduction des **émissions de gaz à effet de serre** en pourcentage des émissions de l'année ou de la période de référence ("au-dessous des niveaux de 1990", par exemple) qui doit être réalisée à une date ou selon un calendrier fixé ("de 2008 à 2012", par exemple). Ainsi, selon la formule du **Protocole de Kyoto**, l'Union européenne est convenue de réduire ses **émissions de gaz à effet de serre** de 8 pour cent par rapport à leurs niveaux de 1990 au cours de la période 2008-2012. Ces objectifs et calendriers constituent en fait un **plafond d'émission** pour la quantité totale de **gaz à effet de serre** qui peuvent être rejetés par un pays ou une région dans un laps de temps donné. Voir aussi **engagements chiffrés de limitation ou de réduction des émissions**.

### Obstacle

Difficulté qui s'oppose à la réalisation d'un potentiel et qui peut être surmontée par une politique, un programme ou une mesure.

### Obstacles liés au marché

S'agissant de l'**atténuation** des effets des **changements climatiques**, facteurs qui empêchent la diffusion de technologies ou de pratiques **efficaces par rapport au coût** qui contribueraient à réduire les **émissions de gaz à effet de serre**.

### Opérations sur les marchés primaire et secondaire

Sur les marchés des matières premières et des valeurs, les achats et les ventes qui s'effectuent directement correspondent au "marché primaire", alors que les achats et les ventes qui s'effectuent par le biais des systèmes de change correspondent au "marché secondaire".

### Optimum de Pareto

Situation dans laquelle la position d'un individu ne peut être améliorée davantage sans nuire à celle d'autres individus dans une société donnée.

### Options "sans regrets"

Voir *politique "sans regrets"*.

### Organisation intergouvernementale

Organisation qui concerne plusieurs gouvernements. Parmi les organisations intergouvernementales figurent la Banque mondiale, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) ainsi que d'autres organismes des Nations Unies et d'autres organisations d'envergure régionale. Des représentants de ces organisations intergouvernementales peuvent assister aux séances de négociation concernant la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*.

### Oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) (aussi appelé monoxyde de diazote ou hémioxyde d'azote)

L'un des six *gaz à effet de serre* dont il est prévu de réduire les émissions au titre du *Protocole de Kyoto*.

### Ozone

L'ozone, qui est la forme triatomique (O<sub>3</sub>) de l'oxygène, est un constituant gazeux de l'atmosphère. Dans la troposphère, il se forme à la fois naturellement et par suite de réactions photochimiques faisant intervenir des gaz résultant de l'activité humaine ("smog"). L'ozone troposphérique agit comme un gaz à effet de serre. Dans la stratosphère, il résulte de l'interaction du rayonnement solaire ultraviolet et de l'oxygène moléculaire (O<sub>2</sub>). L'ozone stratosphérique joue un rôle décisif dans l'équilibre radiatif de la stratosphère. Sa concentration est maximale dans la couche d'ozone.

### Parité de pouvoir d'achat (PPA)

Évaluation du *produit intérieur brut* fondée sur le pouvoir d'achat des monnaies plutôt que sur les taux de change actuels. Ces évaluations sont un mélange de valeurs extrapolées et de valeurs tirées d'une analyse de régression et sont fondées sur les résultats du Programme de comparaison internationale. Elles ont en outre tendance à sous-estimer le *PIB* par habitant des pays industrialisés et à surestimer le *PIB* par habitant des pays en développement.

### Partie prenante

Personne ou entité bénéficiant de subventions, de concessions ou d'autres *valeurs* ou intérêts susceptibles de subir les effets de certaines mesures ou politiques.

### Pays à économie en transition

Pays où l'économie nationale est en train de passer d'un système planifié à l'économie de marché.

### Pays/Parties figurant à l'annexe I

Groupe de pays figurant à l'annexe I (sous sa forme amendée en 1998) de la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*. Ce groupe comprend notamment tous les

pays développés relevant de l'Organisation de coopération et de développement économiques ainsi qu'un certain nombre de *pays à économie en transition*. Par défaut, les autres pays sont appelés *pays/Parties ne figurant pas à l'annexe I*. Aux termes de l'article 4.2(a) et 4.2(b) de la Convention, les pays figurant à l'annexe I s'engagent à ramener individuellement ou conjointement à leurs niveaux de 1990 les *émissions de gaz à effet de serre* d'ici l'an 2000. Voir aussi *pays/Parties figurant à l'annexe II, pays/Parties figurant à l'annexe B et pays/Parties ne figurant pas à l'annexe B*.

### Pays/Parties figurant à l'annexe II

Groupe de pays figurant à l'annexe II de la *Convention-cadre des Nations Unies* sur les changements climatiques et comprenant tous les pays développés relevant de l'Organisation de coopération et de développement économiques. Aux termes de l'article 4.2(g) de la Convention, ces pays sont censés fournir des ressources financières afin d'aider les pays en développement à s'acquitter de leurs obligations, notamment pour ce qui concerne l'établissement des communications nationales. Les pays figurant à l'annexe II sont aussi censés faciliter le transfert de technologies écologiquement rationnelles aux pays en développement. Voir aussi *pays/Parties figurant à l'annexe I, pays/Parties figurant à l'annexe B, pays/Parties ne figurant pas à l'annexe I et pays/Parties ne figurant pas à l'annexe B*.

### Pays/Parties figurant à l'annexe B

Groupe de pays figurant à l'annexe B du *Protocole de Kyoto* qui sont convenus d'un objectif précis pour leurs *émissions de gaz à effet de serre* et comprenant tous les *pays figurant à l'annexe I* (sous sa forme amendée en 1998), sauf la Turquie et le Bélarus. Voir aussi *pays/Parties figurant à l'annexe II, pays/Parties ne figurant pas à l'annexe I et pays/Parties ne figurant pas à l'annexe B*.

### Pays/Parties ne figurant pas à l'annexe I

Pays qui ont ratifié la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques* ou qui y ont adhéré et qui ne figurent pas à l'annexe I de cette convention.

### Pays/Parties ne figurant pas à l'annexe B

Pays qui ne figurent pas à l'annexe B du *Protocole de Kyoto*.

### Pénétration du marché

Part d'un marché acquise à un bien ou à un service particulier à un instant donné.

### Permis d'émission

Droit d'émission d'une quantité donnée d'une substance, négociable ou non, attribué par un gouvernement à une entreprise.

### Permis de polluer

Voir *permis d'émission*.

### PFC

Voir *hydrocarbures perfluorés*.

### PIB

Voir *produit intérieur brut*.

### Piégeage

Processus contribuant à augmenter la teneur en carbone d'un **basin** de carbone autre que l'atmosphère. Au nombre des processus biologiques contribuant au piégeage figure l'élimination directe du **dioxyde de carbone** présent dans l'atmosphère par suite d'un changement d'**utilisation des terres**, du **boisement**, du **reboisement** ainsi que de pratiques agricoles favorisant l'augmentation de la teneur en carbone des sols. Quant aux processus physiques, ils comprennent la séparation et l'élimination du **dioxyde de carbone** présent dans les gaz de combustion ainsi que le traitement des **combustibles fossiles** en vue d'isoler les fractions riches en hydrogène (H<sub>2</sub>) et en dioxyde de carbone et de les stocker à long terme dans des gisements de pétrole et de gaz épuisés, des filons de charbon ou des aquifères salins.

### Plafond

Voir **plafond d'émission**.

### Plafond d'émission

Restriction obligatoire sur une période de temps donnée, qui "plafonne" le volume total des **émissions** anthropiques de **gaz à effet de serre** qui peuvent être rejetées dans l'atmosphère. Le **Protocole de Kyoto** impose des plafonds pour les émissions de gaz à effet de serre des **pays/Parties figurant à l'annexe B**.

### Plan d'action national

Plan présenté à la **Conférence des Parties** par chacune des Parties, où sont indiquées les mesures qui ont été prises pour limiter les émissions anthropiques de **gaz à effet de serre**. Chaque pays doit présenter un tel plan pour pouvoir participer à la mise en œuvre de la **Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques** et doit ultérieurement faire part à intervalles réguliers des progrès accomplis à la Conférence des Parties. Les plans d'action nationaux font partie des communications nationales, où figure l'inventaire national des sources et des puits de gaz à effet de serre.

### PNB

Voir **produit national brut**.

### Politique "sans regrets"

Politique procurant des avantages nets sur le plan social, que se produisent ou non des changements climatiques. Les possibilités "sans regrets" de réduction des **émissions de gaz à effet de serre** sont définies comme les options dont les avantages (coûts énergétiques réduits, diminution des rejets de polluants à l'échelle locale ou régionale, etc.) sont égaux ou supérieurs aux dépenses qu'elles entraînent pour la société, sans qu'il soit tenu compte des avantages strictement liés à l'atténuation des changements climatiques. Quant au **potentiel "sans regrets"**, il correspond à l'écart entre le **potentiel de marché** et le **potentiel socio-économique**.

### Politiques et mesures

Dans le contexte de la **Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques**, les **politiques** sont des actions qui sont engagées et/ou prescrites par un gouvernement – souvent en coopération avec les milieux d'affaires et des entreprises du pays considéré ainsi qu'avec d'autres pays – pour accélérer l'application des

mesures destinées à réduire les **émissions de gaz à effet de serre**. Les **mesures** sont les technologies, les procédés et les pratiques employés pour mettre en œuvre les politiques et qui sont susceptibles, si elles sont appliquées, de réduire les **émissions de gaz à effet de serre** sous les niveaux futurs prévus. Au nombre des mesures figurent, par exemple, les taxes sur le carbone ou autres taxes sur l'énergie et les normes en matière de rendement des carburants pour les automobiles. Par politiques "communes et coordonnées" ou "harmonisées", on entend les politiques adoptées conjointement par les Parties à la Convention.

### Possibilité (à exploiter)

Situation ou circonstance permettant de réduire l'écart entre le **potentiel de marché** d'une **technologie** ou d'une méthode et le **potentiel économique, socio-économique** ou **technologique**.

### Potentiel de marché

Part du potentiel économique relatif aux réductions d'**émissions de gaz à effet de serre** ou aux améliorations en matière de **rendement énergétique** qui peut être réalisée dans les conditions prévues du marché, dans l'hypothèse où aucune nouvelle **politique** ou **mesure** ne sera mise en œuvre. Voir aussi **potentiel économique, potentiel socio-économique** et **potentiel technologique**.

### Potentiel de réchauffement global (PRG)

Indice décrivant les caractéristiques radiatives des mélanges homogènes de **gaz à effet de serre**, qui représente l'effet combiné des temps de séjour différents de ces gaz dans l'atmosphère et de leur pouvoir relatif d'absorption du rayonnement infrarouge sortant. Cet indice donne une valeur approximative de l'effet de réchauffement intégré dans le temps d'une masse unité d'un **gaz à effet de serre** donné dans l'atmosphère actuelle par rapport à celui du **dioxyde de carbone**.

### Potentiel économique

Partie du **potentiel technologique** nécessaire pour réduire les **émissions de gaz à effet de serre** ou pour accroître le **rendement énergétique** qui peut être réalisée de manière efficace par rapport au coût en créant des marchés, en remédiant aux imperfections des marchés et en donnant une ampleur accrue aux transferts financiers et technologiques. La réalisation du potentiel économique nécessite des **politiques et mesures** supplémentaires pour lever les **obstacles liés au marché**. Voir aussi **potentiel de marché, potentiel socio-économique** et **potentiel technologique**.

### Potentiel "sans regrets"

Voir **politique "sans regrets"**.

### Potentiel socio-économique

Correspond au degré atténuation des émissions de gaz à effet de serre auquel on pourrait parvenir en surmontant les obstacles sociaux et culturels à l'emploi de technologies efficaces par rapport au coût. Voir aussi **potentiel économique, potentiel de marché** et **potentiel technologique**.

### Potentiel technologique

Mesure dans laquelle il est possible de réduire les **émissions de gaz à effet de serre** ou d'augmenter le **rendement énergétique** en



ayant recours à une technologie ou à une pratique qui a déjà fait ses preuves. Voir aussi **potentiel économique**, **potentiel de marché** et **potentiel socio-économique**.

### PPA

Voir **parité de pouvoir d'achat**.

### PPB

Voir **production primaire brute**.

### PRG

Voir **potentiel de réchauffement global**.

### Principe de précaution

Disposition de l'article 3 de la **Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques** aux termes de laquelle il incombe aux Parties de prendre des mesures de précaution pour prévoir, prévenir ou atténuer les causes des **changements climatiques** et en limiter les effets néfastes. Quand il y a risque de perturbations graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour différer l'adoption de telles mesures, étant entendu que les **politiques et mesures** qu'appellent les changements climatiques requièrent un bon rapport coût-efficacité, de manière à garantir des avantages globaux au coût le plus bas possible.

### Production primaire brute (PPB)

Quantité de carbone de l'atmosphère fixé par photosynthèse.

### Produit intérieur brut (PIB)

Total de la **valeur ajoutée** brute – aux prix d'acquisition – par tous les producteurs résidents et non résidents dans l'économie, auquel on ajoute toutes les taxes et on retranche toutes les subventions non comprises dans la valeur des produits d'un pays ou d'une zone géographique, pour une période de temps donnée (normalement un an). Dans le calcul du produit intérieur brut, il n'est pas tenu compte de la dépréciation des biens fabriqués ni de la raréfaction ou de la dégradation des ressources naturelles.

### Produit mondial brut

Somme des **produits intérieurs bruts** de tous les pays.

### Produit national brut (PNB)

Mesure du revenu national. Le PNB correspond à la **valeur ajoutée** en provenance de sources intérieures ou étrangères revendiquées par des résidents; il comprend le **produit intérieur brut** augmenté des recettes nettes du revenu primaire provenant du revenu des non-résidents.

### Protocole de Kyoto

Le Protocole de Kyoto à la **Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)** a été adopté lors de la troisième session de la **Conférence des Parties** à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, qui s'est tenue en 1997 à Kyoto (Japon). Il comporte des engagements contraignants, en plus de ceux qui figurent dans la CCNUCC. Les pays visés à l'annexe B du Protocole (la plupart des pays de l'OCDE et des **pays à économie en transition**) se sont engagés à

ramener leurs **émissions** anthropiques **de gaz à effet de serre** (**dioxyde de carbone**, **méthane**, **oxyde nitreux**, **hydrofluorocarbones**, **hydrocarbures perfluorés** et **hexafluorure de soufre**) à 5 pour cent au moins au-dessous de leurs niveaux de 1990 pendant la période d'engagement (2008 à 2012). Le Protocole de Kyoto n'est pas encore entré en vigueur (novembre 2000).

### Protocole de Montréal

Le Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'**ozone**, qui a été adopté à Montréal en 1987, puis actualisé et amendé à Londres (1990), Copenhague (1992), Vienne (1995), Montréal (1997) et Beijing (1999), réglemente la consommation et la production de produits chimiques chlorés et bromés qui détruisent l'ozone stratosphérique, tels que les **chlorofluorocarbones**, le trichloroéthane ou le tétrachlorure de carbone.

### Puits

Tout processus, toute activité ou tout mécanisme qui absorbe des **gaz à effet de serre**, des aérosols ou des précurseurs de gaz à effet de serre ou d'aérosols présents dans l'atmosphère.

### Quantité attribuée

Aux termes du **Protocole de Kyoto**, quantité totale d'**émissions de gaz à effet de serre** que chacun des **pays figurant à l'annexe B** est convenu de ne pas dépasser pendant la première période d'engagement (2008-2012). Cette quantité est calculée en multipliant par cinq (pour les cinq années de la période d'engagement) la quantité totale des émissions de **gaz à effet de serre** du pays considéré en 1990, puis par le pourcentage mentionné dans l'annexe B du Protocole de Kyoto (par exemple 92 pour cent pour l'Union européenne et 93 pour cent pour les États-Unis d'Amérique).

### Quota d'émissions

Voir **contingent d'émissions**.

### RCE

Voir **réduction certifiée des émissions**.

### Reboisement

Plantation de forêts sur des terres anciennement forestières mais converties à d'autres usages<sup>5</sup>. Voir aussi **boisement** et **déboisement**.

### Réchauffement de la planète

Augmentation observée ou prévue de la température moyenne à l'échelle du globe.

### Recherche-développement et démonstration

Activités de recherche-développement scientifique et/ou technique concernant de nouveaux produits ou procédés de production, associées à des analyses et à des mesures destinées à informer les utilisateurs éventuels des possibilités d'application de ces produits ou procédés. Ces activités sont complétées par des essais de démonstration et des études de faisabilité touchant l'application de ces produits ou procédés, effectués dans des usines-pilotes ou par le biais d'applications pré-commerciales.

<sup>5</sup> Voir note 2



### Récupération du méthane

Méthode consistant à récupérer les **émissions de méthane** – par exemple en provenance de mines de charbon ou de décharges – et à les réutiliser comme combustible ou à d’autres fins économiques (par exemple en les réinjectant dans des réservoirs de pétrole ou de gaz).

### Recyclage des recettes

Voir **effet d’interaction**.

### Réduction certifiée des émissions (RCE)

Correspond à une tonne d'**émissions d'équivalent CO<sub>2</sub>** supprimées ou piégées par le biais d’un programme relevant du **mécanisme de développement propre**, le calcul s’effectuant sur la base du **potentiel de réchauffement global**. Voir aussi unité de **réduction des émissions**.

### Remplacement des combustibles

Politique destinée à réduire les émissions de dioxyde de carbone et fondée sur l’utilisation de combustibles à moindre teneur en carbone (par exemple le remplacement du charbon par le gaz naturel).

### Rendement énergétique

Rapport de la quantité d’énergie produite par un procédé de conversion ou un système à la quantité d’énergie consommée.

### Renforcement des capacités

En matière de **changements climatiques**, le renforcement des capacités consiste à améliorer les compétences techniques et les moyens institutionnels dans les pays en développement et les **pays à économie en transition**, afin de leur permettre de participer à toutes les initiatives destinées notamment à favoriser la recherche sur les changements climatiques, l’**adaptation** aux effets de ces changements et l’**atténuation** des effets en question et à faciliter la mise en œuvre des **mécanismes de Kyoto**.

### Rentable

Voir **efficace par rapport au coût**.

### Réserves

Gisements qui sont répertoriés et évalués comme économiquement et techniquement récupérables compte tenu des techniques disponibles et des prix en vigueur. Voir aussi ressources.

### Réservoir

Composante du système climatique, autre que l’atmosphère, qui a la capacité d’emmagasiner, d’accumuler ou de libérer une substance potentiellement nocive (carbone, **gaz à effet de serre**, précurseur, etc.). Les océans, les sols et les forêts sont des exemples de réservoirs de carbone. “**Bassin**” est un terme équivalent (on notera que sa définition englobe souvent l’atmosphère). La quantité absolue de substance potentiellement nocive contenue dans un réservoir à un moment donné est appelée “**stock**”.

### Ressources

Gisements dotés de caractéristiques géologiques et/ou économiques plus incertaines que celles des réserves, mais qui sont considérés comme potentiellement récupérables compte tenu des progrès prévisibles de l’économie et des techniques.

### Réunion des Parties (au Protocole de Kyoto)

**Conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques** agissant en tant que Réunion des Parties au **Protocole de Kyoto**. Il s’agit de l’organe suprême du Protocole de Kyoto.

### Scénario

Description vraisemblable et souvent simplifiée de ce que nous réserve l’avenir, fondée sur un ensemble cohérent et intrinsèquement homogène d’hypothèses concernant les principales relations et forces motrices en jeu (rythme du progrès technique, prix, etc.) et leur interaction. Il convient de préciser que les scénarios ne sont ni des prédictions, ni des prévisions.

### Scénarios de stabilisation

Voir **analyse de stabilisation**.

### Service énergétique

Application d’énergie utile à l’exécution de tâches répondant à des besoins des consommateurs (transport, chauffage, éclairage, etc.).

### SF<sub>6</sub>

Voir **hexafluorure de soufre**.

### Solutions biologiques

En matière d’atténuation des effets des changements climatiques, les solutions biologiques sont fondées sur une ou plusieurs des stratégies suivantes : la **conservation**, qui consiste à conserver un **bassin** de carbone et à empêcher de ce fait des **émissions** dans l’atmosphère; le **piégeage**, qui consiste à donner une ampleur accrue aux bassins de carbone existants et à extraire par conséquent du dioxyde de carbone de l’atmosphère; et la **substitution**, qui consiste à remplacer des **combustibles fossiles** ou des produits à forte intensité énergétique par des produits biologiques et à réduire ainsi les émissions de dioxyde de carbone.

### Solutions technologiques connues

Se rapportent à des technologies qui sont aujourd’hui employées couramment ou à titre expérimental. Ces solutions ne comprennent pas les nouvelles technologies qui nécessiteront des progrès considérables des techniques.

### Source

Tout processus, toute activité ou tout mécanisme qui libère des **gaz à effet de serre**, des aérosols ou des précurseurs de gaz à effet de serre ou d’aérosols dans l’atmosphère.

### Source d’énergie renouvelable

Source d’énergie durable dans un laps de temps de courte durée par rapport aux cycles naturels de la planète. Parmi les sources d’énergie renouvelables figurent des technologies ne faisant pas appel au carbone (production d’énergie solaire, hydroélectrique, éolienne, etc.) ainsi que des technologies neutres en ce qui concerne le carbone (par exemple les technologies relatives à la biomasse).

### Stabilisation

Maintien à un niveau stable de la concentration dans l'atmosphère d'un ou plusieurs **gaz à effet de serre** (par exemple le **dioxyde de carbone** ou un ensemble de gaz à effet de serre mesurés en **équivalent CO<sub>2</sub>**).

### Stock

Voir **réservoir**.

### Stockage

Selon les dispositions de l'article 3.13 du **Protocole de Kyoto**, les Parties figurant à l'annexe I de la **Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques** peuvent mettre en réserve les quotas d'**émissions** ou les crédits de pollution "non dépensés" pendant la première période d'engagement afin d'en faire usage pendant les périodes d'engagement suivantes (c'est-à-dire après 2012).

### Subvention

Initiative gouvernementale consistant à octroyer des crédits ou une réduction d'impôt à une entité afin de faciliter la mise en œuvre d'une pratique que le gouvernement souhaite promouvoir. Ainsi, il est possible de réduire les **émissions de gaz à effet de serre** en restreignant les subventions qui ont pour effet d'augmenter ces émissions (par exemple les subventions destinées à favoriser l'utilisation des **combustibles fossiles**) ou en octroyant des subventions destinées à encourager les pratiques qui contribuent à réduire ces émissions ou à donner une ampleur accrue aux **puits** (par exemple pour l'isolation des bâtiments ou la plantation d'arbres).

### Surplus du consommateur

**Valeur** à la consommation au-delà du prix payé pour un bien ou un service.

### Surplus du producteur

Bénéfice au-delà du coût de production qui constitue une forme de compensation pour les détenteurs de compétences ou d'avoirs relativement rares (par exemple des terres agricoles productives). Voir aussi **surplus du consommateur**.

### Système de consignation

Combine un dépôt ou une redevance (une taxe) sur une marchandise et un remboursement ou un rabais (une **subvention**) pour l'exécution d'une activité précise. Voir aussi **taxe sur les émissions**.

### Système des contingents négociables

Voir **échange de droits d'émission**.

### Tarification au coût marginal

Fixation du prix des biens et services de sorte que le prix soit égal au coût supplémentaire découlant d'un accroissement d'une unité supplémentaire de la production.

### Taxe internationale sur les émissions, le carbone ou l'énergie

Voir **taxe sur les émissions**.

### Taxe sur le carbone

Voir **taxe sur les émissions**.

### Taxe sur l'énergie

Voir **taxe sur les émissions**.

### Taxe sur les émissions

Impôt perçu par un gouvernement pour chaque unité d'**émissions d'équivalent CO<sub>2</sub>** rejetées par une source assujettie à cette taxe. Comme pratiquement tout le carbone présent dans les **combustibles fossiles** est en définitive rejeté sous forme de **dioxyde de carbone**, une taxe sur la teneur en carbone des combustibles fossiles – une **taxe sur le carbone** – équivaut à une taxe sur les émissions résultant de la combustion de combustibles fossiles. Une **taxe sur l'énergie** – un impôt sur le contenu énergétique des combustibles – contribue à réduire la demande d'énergie et, par conséquent, les émissions de dioxyde de carbone dues à l'emploi combustibles fossiles. Une **écotaxe** vise à influencer le comportement humain (notamment sur le plan économique) de sorte qu'il ne porte pas atteinte à l'environnement. Une taxe internationale sur les émissions, le carbone ou l'énergie est une taxe qu'un organisme international applique à certaines sources dans les pays participants. Les recettes ainsi dégagées sont réparties ou utilisées comme prévu par les pays participants ou l'organisme international compétent.

### Technologie

Matériel ou technique permettant de mener à bien une activité particulière.

### Transfert d'avantages

Application de valeurs pécuniaires tirées d'une étude d'évaluation à un contexte différent ou secondaire donnant lieu à l'élaboration de décisions stratégiques, souvent dans une zone géographique autre que celle où a été menée l'étude originale.

### Transfert d'émissions

Fraction des réductions d'**émissions** dans les **pays/Parties figurant à l'annexe B** qui peut être compensée, dans des pays exempts d'obligations, par une augmentation des émissions au-dessus des **conditions de base**. Ce transfert peut être lié 1) à une relocalisation des activités de production à forte intensité énergétique dans des régions exemptes d'obligations; 2) à une consommation accrue de combustibles fossiles dans des régions exemptes d'obligations par suite de la baisse des prix internationaux du pétrole et du gaz découlant d'une diminution de la demande de ces formes d'énergie; 3) à une évolution des revenus (et par conséquent de la demande d'énergie) due à une amélioration des termes de l'échange. Le transfert d'émissions peut aussi correspondre à une situation où une activité de **piégeage** du carbone (par exemple la plantation d'arbres) sur une parcelle de terrain donne lieu par mégarde, directement ou indirectement, à une autre activité qui annihile en totalité ou en partie les effets positifs de la première.

### Transfert d'émissions de carbone

Voir **transfert d'émissions**.

**Transfert de technologie**

Vaste ensemble de processus qui concernent l'échange de connaissances, d'argent et de biens entre les différentes **parties prenantes** et qui favorisent la diffusion des technologies d'adaptation aux **changements climatiques** ou d'atténuation de leurs effets. Sur un plan plus général, l'expression recouvre à la fois la diffusion de technologies et la mise en place d'une coopération technique entre les pays et au sein même de chacun d'eux.

**Transformation d'énergie**

Transformation d'une forme d'énergie – par exemple l'énergie contenue dans les **combustibles fossiles** – en une autre – par exemple l'électricité.

**Unité de quantité attribuée (UQA)**

Correspond à une tonne d'émissions d'**équivalent CO<sub>2</sub>**, le calcul s'effectuant sur la base du **potentiel de réchauffement global**.

**Unité de réduction des émissions (URE)**

Correspond à une tonne d'**émissions de dioxyde de carbone** supprimées ou piégées par le biais d'un projet de **mise en œuvre conjointe** (conformément aux dispositions de l'article 6 du **Protocole de Kyoto**), le calcul s'effectuant sur la base du **potentiel de réchauffement global**. Voir aussi réduction certifiée des **émissions** et **échange de droits d'émission**.

**URE**

Voir **unité de réduction des émissions**.

**Utilisation des terres**

Ensemble des dispositions, activités et apports par type de couverture terrestre (ensemble d'activités humaines). Raisons sociales et économiques de l'exploitation des terres (pâturage, exploitation forestière, conservation, etc.).

**Valeur**

Qualité essentielle d'un objet qui le fait apprécier par celui qui le possède, désire le posséder ou l'utilise. La valeur totale de toute ressource est la somme des valeurs propres aux différents individus qui contribuent à l'utilisation de cette ressource. La valeur, qui est à la base de toute estimation des coûts, s'évalue d'après la volonté de payer (VDP) des individus susceptibles d'utiliser la ressource ou du consentement à accepter (CAA) un paiement en échange de la ressource fournie.

**Valeur ajoutée**

Production nette d'un secteur après addition de tous les produits obtenus et soustraction des facteurs de production intermédiaires.

**Vision de l'avenir**

Anticipation d'un monde futur, généralement souhaitable.