

rapport sur le développement
dans le monde 2010

Développement et changement climatique

Abrégé – version préliminaire
Pour un climat favorable au développement

Version préliminaire pour la presse, susceptible de modifications
(le Rapport final paraîtra fin octobre)



BANQUE MONDIALE
Washington

Table des matières du Rapport sur le développement dans le monde 2010

Avant-propos

Remerciements

Idées forces

Abrégé

Glossaire

1 Comprendre les liens entre le changement climatique et le développement

Thème A : Les bases scientifiques du changement climatique

Première partie

2 Rendre l'humanité moins vulnérable en aidant les populations à s'aider elles-mêmes

Thème B : La biodiversité et les services des écosystèmes face au changement climatique

3 Gérer les terres et l'eau afin de nourrir neuf milliards d'être humains et protéger les systèmes naturels

4 Mettre l'énergie au service du développement sans compromettre le climat

Deuxième partie

5 Intégrer le développement dans un régime climatique mondial

Thème C : Le commerce et le changement climatique

- 6 Générer les financements nécessaires à l'atténuation et à l'adaptation
 - 7 Accélérer l'innovation et la diffusion de nouvelles technologies
 - 8 Surmonter les inerties dans les comportements et les institutions
- Notice bibliographique

Glossaire

Grands indicateurs

Index

Avant-propos

Avant-propos

Le changement climatique est l'un des défis les plus complexes de notre jeune siècle. Aucun pays n'est à l'abri de ses effets et aucun pays ne peut, seul, faire face aux décisions politiques controversées, aux profondes transformations technologiques et autres enjeux indissociables et lourds de conséquences à l'échelle de la planète.

En même temps que la planète se réchauffe, le régime des précipitations se modifie et des phénomènes extrêmes tels que sécheresses, inondations et incendies de forêts deviennent plus fréquents. Dans des zones côtières densément peuplées et dans des États insulaires, des millions de personnes seront chassées de leurs habitations par la montée des eaux. Les populations pauvres d'Afrique, d'Asie et d'autres parties du monde sont confrontées à la perspective de récoltes désastreuses, d'une baisse de la productivité agricole, et d'une recrudescence de la faim, de la malnutrition et de la maladie.

Il incombe au Groupe de la Banque mondiale, en sa qualité d'institution multilatérale dont la mission est de promouvoir un développement solidaire et durable, de tenter d'expliquer certaines des interconnexions entre de multiples domaines — l'économie du développement, la science, l'énergie, l'écologie, les technologies, la finance, et enfin la gouvernance et des régimes internationaux efficaces. Le Groupe de la Banque mondiale compte 186 États membres. Il est donc, chaque jour, confronté à la nécessité de susciter la coopération entre des États extrêmement divers, le secteur privé et la société civile en vue d'atteindre des objectifs communs. Ce 32^e *Rapport sur le développement dans le monde* est le fruit des efforts déployés pour allier l'expérience du Groupe à des travaux de recherche afin d'augmenter la somme des connaissances sur le *Développement et le changement climatique*.

Les pays en développement seront frappés de plein fouet par les effets du changement climatique, alors même qu'ils s'efforcent de vaincre la pauvreté et de promouvoir leur croissance économique. Le changement climatique menace d'accroître encore leur vulnérabilité, de saper les résultats de longues années d'efforts et de gravement compromettre leurs perspectives de développement. Il aggrave les difficultés auxquelles se heurtent les efforts axés sur la réalisation des objectifs de développement pour le Millénaire — et la préparation d'un avenir sécurisé et viable au-delà de 2015. Par ailleurs, de nombreux pays en développement craignent l'imposition de limites à la mise en valeur des ressources énergétiques dont ils ont tant besoin ou de nouvelles règles qui pourraient faire obstacle à la satisfaction de leurs nombreux besoins, notamment d'infrastructures, ou brider leur esprit d'entreprise.

Il faudra faire preuve d'une ingéniosité et d'un esprit de coopération sans précédents pour pouvoir relever le défi considérable et complexe que pose le changement climatique. Il nous est possible de forger un monde « intelligent sur le plan climatique » de notre vivant — mais, comme le fait valoir le Rapport, pour réaliser les transformations nécessaires, il nous faut agir maintenant, il nous faut agir ensemble et il nous faut agir différemment.

Il nous faut agir maintenant parce que ce que nous faisons aujourd'hui détermine le climat de demain et les choix qui définiront notre avenir. À l'heure actuelle, nous émettons des gaz à effet de serre qui accroîtront la température de l'atmosphère pendant des décennies, voire des siècles. Nous construisons les centrales électriques, les réservoirs, les logements, les systèmes de transport et les villes qui nous serviront ou que nous habiterons probablement au moins pendant les cinquante prochaines années. Les technologies et les variétés culturelles novatrices que nous testons actuellement dans le cadre d'opérations pilotes peuvent déterminer les sources d'énergie et d'alimentation auxquelles nous aurons recours pour satisfaire aux besoins de 3 milliards d'habitants de plus à l'horizon 2050.

Il nous faut agir ensemble, parce que le changement climatique est une crise qui touche le patrimoine mondial. Il sera impossible de résoudre le problème du changement climatique si les pays ne coopèrent pas, dans le monde entier, pour améliorer les rendements énergétiques et utiliser l'énergie de manière plus rationnelle, mettre au point et déployer des technologies propres et développer des « puits » naturels qui absorbent les gaz afin de promouvoir une croissance verte. Nous devons protéger l'humanité et les ressources écologiques. La majeure partie des émissions produites par le passé est imputable aux pays développés, qui affichent un niveau d'émission par habitant élevé. Ces pays doivent donner l'exemple en réduisant fortement leur empreinte carbone et en encourageant la recherche axée sur des solutions vertes. La plus grande partie des émissions futures à l'échelle mondiale proviendra, en revanche, des pays en développement. Ceux-ci auront besoin de transferts de ressources et de financements adéquats pour pouvoir suivre une trajectoire plus sobre en carbone sans compromettre leurs perspectives de développement.

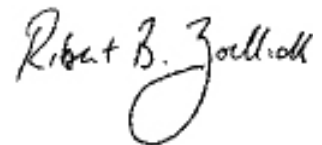
Il nous faut agir différemment parce que nous ne pouvons pas dresser des plans pour l'avenir sur la base du climat des années passées. Pour répondre aux conditions climatiques de demain, il nous faudra construire des infrastructures qui peuvent résister à ces nouvelles conditions et servir une population plus nombreuse ; utiliser des ressources en terres et en eau limitées pour produire suffisamment d'aliments et aussi de biomasse pour la fabrication de combustibles tout en préservant les écosystèmes ; et reconfigurer les systèmes énergétiques dans le monde entier. Nous devons, pour cela, formuler les mesures d'adaptation sur la base des nouvelles informations disponibles sur l'évolution du profil des températures, des régimes de précipitations et des déplacements des espèces. Face à l'ampleur des changements, il faudra lever d'importants financements supplémentaires à des fins d'adaptation et d'atténuation et aussi intensifier de manière stratégique les travaux de recherche pour déployer à une plus grande échelle les approches prometteuses et explorer de nouvelles idées audacieuses.

Il est absolument essentiel de parvenir, en décembre à Copenhague, à un accord climatique intégrant les besoins de développement dans le cadre des actions climatiques.

Le Groupe de la Banque mondiale a lancé plusieurs initiatives de financement pour aider les pays à faire face au changement climatique, comme indiqué dans le Cadre stratégique pour le développement et le changement climatique, en particulier des fonds et des mécanismes carbone qui continuent de se développer grâce à la forte progression des financements au titre des rendements énergétiques et des nouvelles énergies renouvelables. Nous nous efforçons de déterminer, concrètement, comment les pays en développement peuvent bénéficier du régime de changement climatique et appuyer ce dernier — que ce soit dans le cadre de mécanismes d'incitations pour les activités de déboisements évités, de modèles de croissance à moindre intensité de carbone ou d'initiatives qui conjuguent adaptation et atténuation. Nous voulons ainsi fournir notre appui au processus de la CCNUCC et aux pays qui mettent au point un cadre incitatif et dissuasif au plan international.

Il faudra faire bien plus. C'est pourquoi le Groupe de la Banque a entrepris de revoir ses stratégies énergétiques et environnementales pour les années à venir, et il aide les pays à renforcer leurs pratiques de gestion des risques et à étendre la portée de leurs filets de protection face aux risques qui ne peuvent pas être totalement éliminés.

Le *Rapport sur le développement dans le monde 2010* plaide pour qu'une action climatique forte soit engagée. Si nous agissons maintenant, si nous agissons ensemble et si nous agissons différemment, nous pourrions réellement instaurer pour l'avenir des conditions climatiques propices à une mondialisation solitaire et durable.



Robert B. Zoellick
Président
Groupe de la Banque mondiale

Remerciements

Ce Rapport a été préparé par une équipe de base dirigée par Rosina Bierbaum et Marianne Fay et composée de Julia Bucknall, Samuel Fankhauser, Ricardo Fuentes, Kirk Hamilton, Andreas Kopp, Andrea Liverani, Alexander Lotsch, Ian Noble, Jean-Louis Racine, Mark Rosegrant, Xiaodong Wang, Xueman Wang et Michael Ian Westphal. L'équipe a, par ailleurs, bénéficié des importants travaux réalisés par Arun Agrawal, Philippe Ambrosi, Elliot Diringier, Calestous Juma, Jean-Charles Hourcade, Kseniya Lvovsky, Muthukumara Mani, Alan Miller et Michael Toman et de l'appui de Rachel Block, Doina Cebotari, Nicola Cenacchi, Sandy Chang, Nate Engle, Hilary Gopnik et de Hrishikesh Patel. Lidvard Gronnevet et Jon Strand ont aussi contribué à la préparation du rapport.

Le rôle de principal directeur de publication est incombé à Bruce Ross-Larson. L'Unité de cartographie de la Banque mondiale a réalisé les cartes sous la direction de Jeff Lecksell. Le Bureau des publications a assuré des services de rédaction, de conception, de composition et d'impression sous la supervision de Mary Fisk, Stephen McGroarty et Andrés Meneses.

Le *Rapport sur le développement dans le monde 2010* a été parrainé par la vice-présidence Économie du développement (DEC) et par le Réseau du développement durable (SDN). Les travaux ont été menés dans le cadre des directives générales formulées par Justin Yifu Lin, pour DEC, et Katherine Sierra pour SDN. L'équipe remercie également Warren Evans et Alan H. Gelb de leurs précieux conseils. Un panel de conseillers composé de Neil Adger, Zhou Dadi, Rashid Hassan, Geoffrey Heal, John Holdren (jusqu'en décembre 2008), Jean-Charles Hourcade, Saleemul Huq, Calestous Juma, Nebojša Nakićenović, Carlos Nobre, John Schellnhuber, Robert Watson, et John Weyant a fait bénéficier l'équipe de nombreux et excellents conseils à toutes les étapes de la préparation du Rapport.

Le président de la Banque mondiale, Robert B. Zoellick, a présenté ses commentaires et directives.

De nombreuses autres personnes, des services de la Banque mondiale et de l'extérieur, ont fait émis des commentaires et des observations. Le Groupe de gestion des données sur le développement a contribué à la préparation de l'Annexe et a été chargé des Grands indicateurs du développement dans le monde.

L'équipe a procédé à de larges consultations dont elle a tiré grand profit. Des réunions et des ateliers régionaux ont été organisés localement ou par vidéoconférence (grâce au Réseau mondial d'échange du savoir au service du développement de la Banque mondiale) en Afrique du Sud, en Allemagne, en Argentine, au Bangladesh, en Belgique, au Bénin, au Botswana, au Burkina Faso, en Chine, au Costa Rica, en Côte d'Ivoire, au Danemark, aux Émirats arabes unis, en Éthiopie, en Finlande, en France, au Ghana, en Inde, en Indonésie, au Kenya, au Koweït, au Mexique, au Mozambique, au Nicaragua, en Norvège, en Ouganda, aux Pays-Bas, au Pérou, aux Philippines, en Pologne, en République dominicaine, au Royaume-Uni, au Sénégal, en Suède, en Tanzanie, en Thaïlande, au Togo et en Tunisie. L'équipe tient à remercier les participants à ces ateliers et à ces vidéoconférences qui ont réuni des universitaires, des chercheurs, de hauts fonctionnaires, des agents d'organisations non gouvernementales et d'organisations du secteur privé ainsi que des membres de la société civile.

Enfin, l'équipe remercie de leur généreux appui l'État norvégien, le ministère britannique du développement international (DFID), l'État danois, l'État allemand par l'intermédiaire de Deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit, l'État suédois par l'intermédiaire de Biodiversity Centre/Swedish International Biodiversity Programme (SwedBio), le Fonds fiduciaire pour le développement écologiquement et socialement durable (TFESSD), le Fonds fiduciaire programmatique multidonneurs, et le Programme du savoir au service du développement.

Rebecca Sugui a assumé la fonction d'assistante exécutive pour l'équipe, Sonia Joseph et Jason Victor d'assistants de programme et Bertha Medina d'assistante de l'équipe. Evangeline Santo Domingo a fait fonction d'assistante de gestion des ressources.

Les idées forces : du Rapport sur le développement dans le monde 2010

La réduction de la pauvreté et le développement durable demeurent des priorités fondamentales à l'échelle de la planète. Un quart de la population des pays en développement a moins de 1,25 dollar par jour pour vivre. Un milliard d'être humains n'ont pas accès à de l'eau potable ; 1,6 milliard n'ont pas l'électricité et 3 milliards ne bénéficient pas d'un assainissement adéquat. Un quart des enfants, à l'échelle des pays en développement, souffrent de malnutrition. Répondre à ces besoins doit rester au cœur des priorités des pays en développement et des sources d'aide au développement — sachant que le développement deviendra plus difficile du fait du changement climatique.

Pourtant, il faut prendre des mesures sans plus tarder pour face au changement climatique. Celui-ci menace tous les pays, mais les pays en développement sont les plus vulnérables. Selon les estimations, ceux-ci assumeront 75 à 80 % du coût des dommages causés par le changement climatique. Un réchauffement de seulement 2°C par rapport aux températures de la période préindustrielle — soit le réchauffement minimum que le monde peut compter enregistrer — pourrait provoquer des réductions permanentes du PIB de 4 à 5 % en Afrique et en Asie du Sud. La plupart des pays en développement n'ont pas les capacités financières et techniques nécessaires pour gérer un risque climatique de plus en plus grave. Leurs revenus et leur bien-être dépendent également plus directement de ressources naturelles tributaires des conditions météorologiques. Et ils se trouvent en majorité dans des régions tropicales et subtropicales déjà exposées à un climat extrêmement changeant.

Il est peu probable que la croissance économique, à elle seule, puisse être suffisamment rapide ou équitable pour contrer les menaces du changement climatique, en particulier si elle reste gourmande en carbone et accélère le réchauffement de la planète. La politique climatique ne peut donc pas être présentée comme un choix entre la croissance et le changement climatique. En fait, les politiques intelligentes sur le plan climatique sont celles qui renforcent le développement, réduisent la vulnérabilité et financent le passage à des trajectoires de croissance sobres en carbone.

Un monde intelligent sur le plan climatique est à portée de main à condition que nous agissions maintenant, ensemble et différemment :

- Il est essentiel d'**agir maintenant**, sinon des opportunités seront perdues et les coûts augmenteront parce que le monde se sera engagé dans des processus à très forte intensité de carbone et que les températures suivront des trajectoires à la hausse, pour l'essentiel irréversibles. Le changement climatique compromet déjà les efforts déployés pour améliorer les conditions de vie et atteindre les objectifs de développement pour le Millénaire. Pour pouvoir maintenir le réchauffement aux alentours de 2° C au dessus des températures préindustrielles — le mieux que nous puissions probablement faire — il faudra mener une véritable révolution énergétique en déployant immédiatement les technologies à haut rendement énergétique et sobres en carbone qui existent déjà et en consacrant des investissements considérables à la prochaine génération de technologies sans lesquelles une croissance sobre en carbone ne pourra se concrétiser. Il faut aussi prendre des mesures immédiates pour faire face au changement climatique et réduire le coût qu'il impose aujourd'hui aux êtres humains, aux infrastructures et aux écosystèmes et pour se préparer à des changements encore plus importants.
- Il est essentiel d'**agir ensemble** pour contenir les coûts et mener des efforts efficaces d'adaptation et d'atténuation. Il faudra, avant tout, que les pays à revenu élevé prennent des mesures drastiques pour réduire leurs propres émissions. Une telle réduction libérerait de « l'espace écologique » au profit des pays en développement mais, surtout, elle stimulerait l'innovation et la demande de nouvelles technologies qui pourraient donc être déployées plus rapidement et à moindre coût sur une grande échelle. Elle permettrait également de

créer un marché du carbone suffisamment vaste et stable. Il est essentiel que ces deux effets se produisent pour que les pays en développement puissent se placer sur une trajectoire plus sobre en carbone tout en obtenant rapidement accès aux services énergétiques nécessaires à leur développement ; mais il faudra de surcroît que ces effets s'accompagnent d'un appui financier. Il sera aussi nécessaire d'agir ensemble pour promouvoir le développement dans un environnement plus rude — la capacité d'adaptation des communautés ne sera pas à la mesure de l'intensification des risques climatiques. Et il sera essentiel de réunir un appui national et international pour protéger les groupes de populations les plus vulnérables par le biais de programmes d'aide sociale, pour mettre au point des mécanismes internationaux de partage des risques, et pour promouvoir l'échange de savoir, de technologies et d'informations.

- Il est essentiel d'**agir différemment** pour assurer un avenir durable dans un monde en mutation. Au cours des prochaines décennies, il nous appartient de transformer les systèmes énergétiques de la planète pour réduire de 50 à 80 % le volume total des émissions. Il faudra construire des infrastructures capables de résister à des conditions climatiques plus extrêmes. Et il faudra accroître la productivité agricole et rationaliser la consommation d'eau pour nourrir 3 milliards de personnes de plus sans compromettre davantage des écosystèmes déjà perturbés. Seule une gestion intégrée à grande échelle et une planification souple inscrites dans la durée permettront de faire face aux pressions croissantes exercées sur les ressources naturelles aux fins de la production de denrées alimentaires, de biocarburants, d'hydroélectricité et de services d'écosystème tout en préservant la biodiversité et en maintenant les stocks de carbone dans le sol et dans les forêts. Pour être robustes, les stratégies économiques et sociales devront prendre en compte les incertitudes croissantes auxquelles le monde sera confronté et renforcer l'adaptation à différentes évolutions climatiques — et non pas uniquement faire face « de manière optimale » aux conditions climatiques d'époques révolues. Pour être efficaces, les politiques devront donner lieu à des évaluations conjointes des actions de développement, d'adaptation et d'atténuation qui, toutes, font appel aux mêmes pools de ressources (humaines, financières et naturelles).

Il importe de conclure un accord climatique mondial équitable et efficace. Un tel accord aurait pour effet de prendre en compte la diversité des besoins des pays en développement et des obstacles qu'ils rencontrent, de leur procurer l'aide financière et technologique requise pour relever les défis de plus en plus lourds du développement, de garantir que ces pays ne sont pas condamnés à ne bénéficier que d'une part réduite du patrimoine mondial, et d'établir des mécanismes dissociant le lieu des efforts d'atténuation des sources qui les financent. L'augmentation des émissions sera essentiellement le fait des nations en développement, dont l'empreinte carbone actuelle est d'une faiblesse disproportionnée et qui doivent afficher une rapide croissance économique pour pouvoir faire reculer la pauvreté. Les pays à revenu élevé doivent fournir une aide financière et technique à la fois pour appuyer l'adaptation et pour promouvoir une croissance sobre en carbone dans les pays en développement. Les financements consacrés à l'adaptation et à l'atténuation représentent actuellement moins de 5 % des montants annuels qui pourraient être nécessaires à l'horizon 2030, mais il sera possible de combler ce déficit en mettant en place des mécanismes de financement novateurs.

Le succès des efforts entrepris est tributaire de la modification des comportements et de l'évolution de l'opinion publique. Les particuliers, en leur qualité de citoyens et de consommateurs, détermineront l'avenir de la planète. Bien que de plus en plus de personnes soient informées du changement climatique et estiment que des mesures sont nécessaires, trop peu d'entre elles jugent cette question prioritaire, et beaucoup trop d'entre elles s'abstiennent de passer à l'action quand elles le pourraient. Le plus grand défi consiste donc à modifier les comportements et les institutions, en particulier dans les pays à revenu élevé. Il faudra réorienter la politique publique — au niveau local, régional, national et international — pour faciliter la poursuite d'une action privée et civique et en accroître l'attrait.

Chapitre 1 : La réalisation des objectifs de développement est compromise par le changement climatique, dont l'impact se fait plus lourdement sentir sur les pays

pauvres et les populations démunies ; il ne sera toutefois possible de maîtriser le changement climatique que si les pays riches comme les pays pauvres adoptent des modes de fonctionnement à moindre intensité de gaz à effet de serre. Il nous faut agir maintenant : les décisions que prennent les pays au plan du développement détermineront le degré d'intensité de carbone des activités mondiales et l'ampleur du réchauffement futur de la planète. Si rien n'est fait, les températures pourraient augmenter de plus de 5° C avant la fin du siècle. Et il nous faut agir ensemble : retarder la mise en œuvre de mesures d'atténuation dans les pays en développement pourrait doubler le coût des mesures nécessaires à ce titre ; c'est ce qui risque de se produire si d'importants financements ne sont pas mobilisés. En revanche, si nous agissons maintenant et ensemble, le surcoût associé au maintien du réchauffement aux environs de 2°C sera faible et justifié au regard des dangers que poserait un changement climatique de plus grande ampleur.

Chapitre 2 : Le changement climatique se poursuivra inévitablement. Il imposera à l'humanité des contraintes physiques et économiques, en particulier dans les pays pauvres. Pour s'adapter, il faudra prendre des décisions robustes — qui impliquent une planification à plus long terme sur la base d'une large gamme de scénarios climatiques et socioéconomiques. Les pays peuvent réduire les risques financiers et matériels associés à la variabilité du climat et aux phénomènes météorologiques extrêmes. Ils peuvent également protéger leurs citoyens les plus vulnérables. Certaines pratiques devront être poursuivies sur une plus grande échelle — comme les assurances et la protection sociale — d'autres devront être modifiées — comme la planification des villes et des infrastructures. Ces mesures d'adaptation présentent des avantages mêmes en l'absence de tout changement climatique. D'autres initiatives, prometteuses, sont proposées mais leur poursuite à l'échelle requise exigera des capitaux, des efforts, de l'ingéniosité et des informations.

Chapitre 3 : Le changement climatique accroîtra encore la difficulté que présente la production de denrées alimentaires en quantités suffisantes pour nourrir une population mondiale en expansion ; il modifiera aussi le volume et la qualité des ressources en eau ainsi que le moment où elles sont disponibles. Pour éviter d'empiéter sur des écosystèmes déjà perturbés, les sociétés humaines devront pratiquement doubler le taux de croissance de la productivité agricole tout en réduisant dans toute la mesure du possible les atteintes à l'environnement associées à un tel doublement. Il faudra, pour cela, consacrer des efforts résolus au déploiement de pratiques connues mais peu utilisées, identifier des variétés culturales capables de résister à des chocs climatiques, diversifier les moyens de subsistance des populations rurales, améliorer la gestion des forêts et des pêcheries, et investir dans des systèmes d'information. Les pays devront coopérer pour gérer des ressources en eau partagées et améliorer le commerce des produits alimentaires. Il sera important de mettre en place des politiques de base performantes mais aussi de s'appuyer sur de nouvelles technologies et pratiques. Les incitations financières pourront jouer un rôle utile. Certains pays réaffectent au financement d'actions environnementales des fonds jusque là consacrés aux subventions agricoles ; par ailleurs l'attribution à une date future de crédits au titre du carbone stocké dans les forêts et dans le sol pourrait promouvoir des réductions d'émissions et la réalisation des objectifs de préservation.

Chapitre 4 : Pour apporter une réponse au problème du changement climatique, il faudra que tous les pays prennent des mesures immédiates et que des transformations fondamentales soient apportées aux systèmes énergétiques — pour permettre un accroissement important des rendements énergétiques, pour accorder une place considérablement accrue aux énergies renouvelables et, peut-être même à l'énergie nucléaire, et encourager l'utilisation généralisée des technologies de pointe pour piéger et stocker le carbone émis dans l'atmosphère. Les pays développés devront prendre les devants et réduire leurs propres émissions à hauteur de 80 % à l'horizon 2050, commercialiser de nouvelles technologies et contribuer au financement des mesures nécessaires pour replacer les pays en développement sur des trajectoires fondées sur des énergies propres. Il est également dans l'intérêt des pays en développement d'agir sans tarder pour éviter que leurs économies ne se retrouvent prisonnières d'infrastructures à forte intensité de carbone. Un grand nombre de changements, tels

que l'élimination de signaux par les prix sources de distorsions et l'accroissement des rendements énergétiques, présentent des avantages aussi bien pour le développement que pour l'environnement.

Chapitre 5 : Un problème mondial de l'ampleur de celui que pose le changement climatique nécessite une action coordonnée au plan international. La poursuite de cette action dépend toutefois des mesures prises au niveau national. Pour être efficace, un régime climatique international doit prendre en compte les préoccupations de développement, et s'affranchir du présupposé d'une dichotomie environnement-équité. On pourrait retenir un cadre à plusieurs vitesses définissant des objectifs et des politiques différentes pour les pays développés et pour les pays en développement ; il faudrait, dans ce cas, formuler un processus pour définir et mesurer les résultats positifs. Le régime du climat international devra également appuyer l'intégration de l'adaptation dans le développement.

Chapitre 6 : Le financement de l'action climatique est un moyen de concilier l'équité, l'efficacité et la rationalité dans le cadre des actions menées pour réduire les émissions et s'adapter au changement climatique. Les niveaux de financement actuels sont toutefois loin de pouvoir suffire face aux estimations des besoins : les flux globaux actuels de ressources destinées aux pays en développement sont de 10 milliards de dollars par an alors que les montants indiqués par les projections des besoins à l'horizon 2030 sont de l'ordre de 75 milliards de dollars pour d'adaptation et de 400 milliards de dollars pour l'atténuation. Pour combler cet écart, il faudra procéder à une réforme du marché du carbone actuel et trouver de nouvelles sources de financement telles que des taxes sur le carbone. La tarification du carbone transformera le financement de l'action climatique au niveau national mais il restera néanmoins nécessaire de procéder à des transferts financiers internationaux et à réaliser des transactions sur droits d'émissions pour éviter que la croissance et la lutte contre la pauvreté dans les pays en développement ne soient compromises dans un monde où des limites sont imposées aux émissions de carbone.

Chapitre 7 : Pour faire face au changement climatique et atteindre les objectifs de développement, il faudra considérablement intensifier les efforts internationaux déployés pour diffuser les technologies existantes et pour développer et déployer de nouvelles technologies. Les investissements publics et privés — qui se chiffrent actuellement à des dizaines de milliards de dollars par an — devront considérablement augmenter pour atteindre plusieurs centaines de milliards de dollars par an. Des politiques de « stimulation par la technologie » fondées sur un volume croissant d'investissements publics dans la R-D ne suffiront pas. Elles devront s'accompagner de politiques « d'entraînement par le marché » offrant au secteur public et au secteur privé des incitations à faire preuve d'esprit d'entreprise, à collaborer et à rechercher des solutions novatrices hors des sentiers battus. Pour diffuser des technologies intelligentes sur le plan climatique, il ne sera pas possible de se contenter d'expédier des matériels prêts à l'emploi aux pays en développement ; il faudra constituer des capacités d'absorption et renforcer les moyens dont disposent les secteurs public et privé pour identifier, adopter, adapter, améliorer et employer les technologies les plus appropriées.

Chapitre 8 : Pour obtenir des résultats dans le cadre des efforts déployés face au défi climatique, il faudra faire plus que mobiliser des financements et des technologies au niveau international ; il faudra aussi s'attaquer aux obstacles psychologiques, institutionnels et politiques à l'action climatique. Ces obstacles découlent de la manière dont le public perçoit et comprend le problème climatique, la manière dont les administrations fonctionnent et des intérêts qui définissent l'action publique. Pour réorienter l'action publique, il sera nécessaire de modifier les incitations politiques, voire même les responsabilités institutionnelles. Il faudra également déployer un effort résolu d'explication des politiques climatiques, et s'appuyer sur les normes sociales et les comportements pour que chacun d'entre nous passe du stade des préoccupations à celui de la compréhension et du stade de la compréhension à celui de l'action — en commençant à notre propre niveau.



Abrégé

Pour un climat favorable au développement

Il y a 30 ans, la moitié de la population mondiale vivait en situation d'extrême pauvreté ;¹ aujourd'hui, cette proportion est d'un quart. Le pourcentage d'enfants qui souffrent de malnutrition ou risquent de décéder prématurément est maintenant beaucoup plus faible. L'accès aux infrastructures modernes s'est aussi considérablement élargi. Un facteur déterminant est à l'origine de ces avancées : une croissance économique rapide engendrée par l'innovation technique et les réformes institutionnelles, en particulier dans les pays à revenu intermédiaire où le revenu par habitant a doublé. Pourtant, les besoins restent énormes : le nombre de personnes souffrant de la faim a, pour la première fois, dépassé le milliard cette année.² Face à la misère et à la faim qui font encore tant de victimes aujourd'hui, la croissance et la lutte contre la pauvreté demeurent au cœur des priorités des pays en développement.

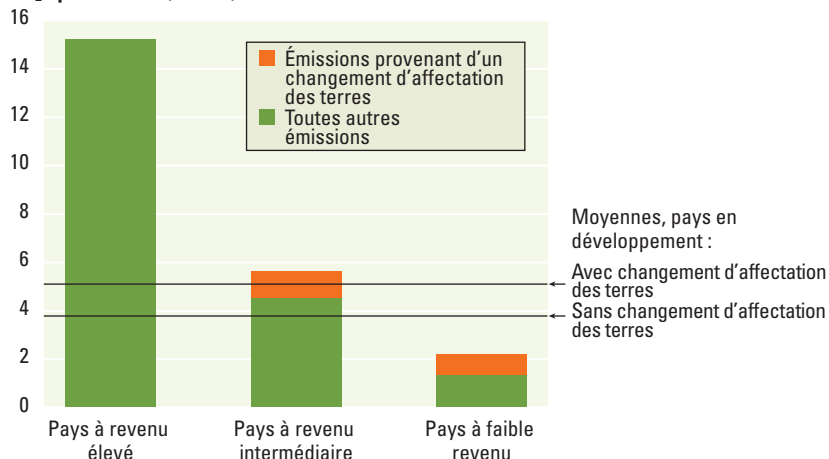
Le changement climatique ne fait qu'ajouter à la complexité du problème. Les impacts de la variation du climat se font déjà sentir, avec l'augmentation du nombre de sécheresses, d'inondations, de tempêtes violentes et de périodes de canicule, qui grèvent les budgets des individus ainsi que des entreprises et des États, et absorbent une part importante des ressources qui pourraient être consacrées au développement. En outre, s'il se poursuit au même rythme, le changement climatique va ériger des obstacles grandissants au développement. D'ici à la fin du siècle, les températures pourraient augmenter de 5°C, voire plus, par rapport à l'ère préindustrielle. Le monde s'en trouvera considérablement changé : les événements météorologiques extrêmes seront plus fréquents, de nombreuses espèces disparaîtront et des nations insulaires entières seront submergées. Même si nous mettons tout en œuvre pour enrayer le phénomène, nous pourrions au milieu stabiliser à 2°C la hausse des températures par rapport aux températures de la période préindustrielle. Un tel réchauffement exigera des mesures d'adaptation de grande ampleur.

Les pays à revenu élevé peuvent et doivent réduire leur empreinte carbone. Ils ne peuvent pas continuer à occuper injustement et de manière insoutenable une partie de l'atmosphère, patrimoine commun de l'humanité. Dans le même temps, les pays en développement, dont les émissions moyennes par habitant représentent un tiers de celles des pays à revenu élevé (figure 1), ont besoin de considérablement développer leurs systèmes urbains, énergétiques et de transport ainsi que leur production agricole. S'il fait appel à des technologies traditionnelles et des modes de production à forte intensité de carbone, ce processus d'expansion, pourtant si nécessaire, accroîtra encore les émissions de gaz à effet de serre, ce qui accentuera le changement climatique. La question qui se pose n'est donc pas seulement de savoir comment accroître la résistance du développement au changement climatique, mais plutôt comment promouvoir la croissance et la prospérité sans provoquer de modifications climatiques « dangereuses ».³

La politique du changement climatique n'est pas une simple affaire de choix entre un monde à forte croissance et à forte intensité de carbone et un monde à faible croissance et à faible intensité de carbone. En d'autres termes, il ne s'agit pas de choisir entre croissance et préservation de la planète. De nombreux facteurs d'inefficacité sont à l'origine de la forte intensité de carbone⁴ du monde moderne. Pourtant, certaines technologies connues, alliées à des pratiques optimales, pourraient réduire la consommation énergétique des industries et des unités de production électrique de 20 à 30 % et amoindrir leur empreinte carbone sans sacrifier la croissance.⁵ Nombre de mesures d'atténuation, c'est-à-dire des changements pouvant être apportés pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, présentent par ailleurs des avantages considérables pour la santé publique, la sécurité énergétique et la préservation de l'environnement, tout en permettant de réaliser des économies financières. En Afrique, par exemple, les mesures d'atténuation des effets du

Figure 1 Des empreintes inégales : les émissions par habitant des pays à faible revenu, à revenu intermédiaire et à revenu élevé, 2005

CO₂e par habitant (tonnes)



Sources : Banque mondiale 2008c ; WRI 2008 avec l'ajout des émissions dues au changement d'affectation des terres tirées de Houghton 2009.

Note : Les gaz à effet de serre émis sont le CO₂, le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O) et des gaz qui peuvent contribuer dans une large mesure au réchauffement de la planète (gaz F). Pour qu'il soit possible de regrouper leurs émissions, ces dernières sont toutes exprimées en équivalent CO₂ (CO₂e) ; en d'autres termes, les quantités émises sont exprimées, pour tous les gaz, sous la forme des quantités de CO₂ qui provoquerait le même réchauffement. Les moyennes par habitant pour les pays à faible revenu et pour les pays à revenu intermédiaire sont calculées dans un scénario qui fait intervenir un changement d'affectation des terres et dans un scénario qui ne fait pas intervenir un tel changement. En 2005, les émissions dues à un changement d'affectation des terres dans les pays à revenu élevé étaient négligeables.

changement climatique qui pourraient être prises sont associées à une gestion plus durable des sols et des forêts, à l'utilisation de sources d'énergies moins polluantes (comme la géothermie ou l'hydroélectricité) et à la mise en place de systèmes de transport urbain durables. Il est donc probable que les mesures d'atténuation, sur le continent, seront compatibles avec la poursuite du processus de développement.⁶ C'est aussi le cas en Amérique latine.⁷

L'accroissement des richesses et de la prospérité n'entraîne pas non plus systématiquement une augmentation des émissions de gaz à effet de serre, même s'il en a été ainsi jusqu'à présent. C'est le cas en revanche de certains modes de consommation et de production : les émissions par habitant des pays à revenu élevé, non compris les pays producteurs d'hydrocarbures, vont du simple au quadruple et sont comprises entre 7 tonnes équivalent carbone (CO₂e)⁸ par habitant en Suisse et 27 en Australie et au Luxembourg.⁹

On peut difficilement prétendre que la dépendance à l'égard des combustibles fossiles est inévitable, compte tenu du peu d'efforts déployés à ce jour pour trouver d'autres solutions. Alors que les subventions mondiales dont bénéficient les produits pétroliers s'élèvent chaque année à environ 150 milliards de dollars, les dépenses publiques consacrées à la recherche, au développement et au déploiement (RD-D) dans le domaine des énergies stagnent depuis des décennies aux alentours de 10 milliards de dollars par an, si l'on fait abstraction de l'augmentation brève et soudaine survenue au lendemain de la crise pétrolière. Cette somme

représente 4 % des dépenses publiques mondiales de RD-D. De même, les investissements privés en faveur de la RD-D dans le domaine énergétique, qui sont compris entre 40 milliards et 60 milliards de dollars par an, représentent 0,5 % des revenus des sociétés privées, et une fraction des investissements que des industries innovantes comme les télécommunications (8 %) ou les sociétés pharmaceutiques (15 %) consacrent à la RD-D.¹⁰

Pour que puisse s'amorcer la transition vers un monde sobre en carbone grâce à l'innovation technologique et à la mise en œuvre de réformes institutionnelles complémentaires, les pays à revenu élevé doivent prendre sans plus tarder des mesures résolues pour réduire des empreintes carbone insoutenables à terme. Ils libéreraient ainsi de l'espace dans l'atmosphère, qui appartient à toute l'humanité (figure 2). Fait plus important encore, un engagement crédible de la part des pays à revenu élevé en faveur d'une réduction drastique de leurs émissions contribuerait surtout à stimuler la RD-D et la mise au point de technologies et de processus innovants nécessaires dans les domaines de l'énergie, des transports, de l'industrie et de l'agriculture. Si elles font l'objet d'une demande importante et prévisible, les technologies de substitution seront moins coûteuses et donc plus compétitives au regard des combustibles fossiles. Ce n'est que lorsque l'on disposera des technologies innovantes à des prix compétitifs que l'on pourra freiner le changement climatique sans sacrifier la croissance.

Les pays en développement peuvent, eux aussi, se replacer sur des trajectoires à plus faible intensité de carbone sans pour autant compromettre leur développement. Certes, la situation varie d'un pays à l'autre, et tout dépendra de l'ampleur de l'aide financière et technique que les pays à revenu élevé leur apporteront. Cette aide serait équitable — et conforme à l'esprit de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques de 1992 (CCNUCC) — puisque les pays à revenu élevé, qui comptent un sixième de la population mondiale, sont responsables de près des deux tiers des émissions mondiales de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (voir figure 3). Elle serait de surcroît rationnelle : les économies permises par une contribution au financement de mesures d'atténuation précoces dans les pays en développement — dans le cadre, par exemple, de projets de construction d'infrastructures et de logements au cours des prochaines décennies — seraient d'une telle ampleur qu'elles présenteraient des avantages patents pour tous les pays.¹¹ Cela étant, l'élaboration, et a fortiori l'exécution d'un accord international faisant intervenir le transfert de ressources substantielles, stables et prévisibles sont loin d'être des tâches aisées.

Les pays en développement, en particulier les plus pauvres et les plus exposés, auront aussi besoin d'aide pour s'adapter au changement climatique, d'autant qu'ils sont d'ores et déjà les plus durement

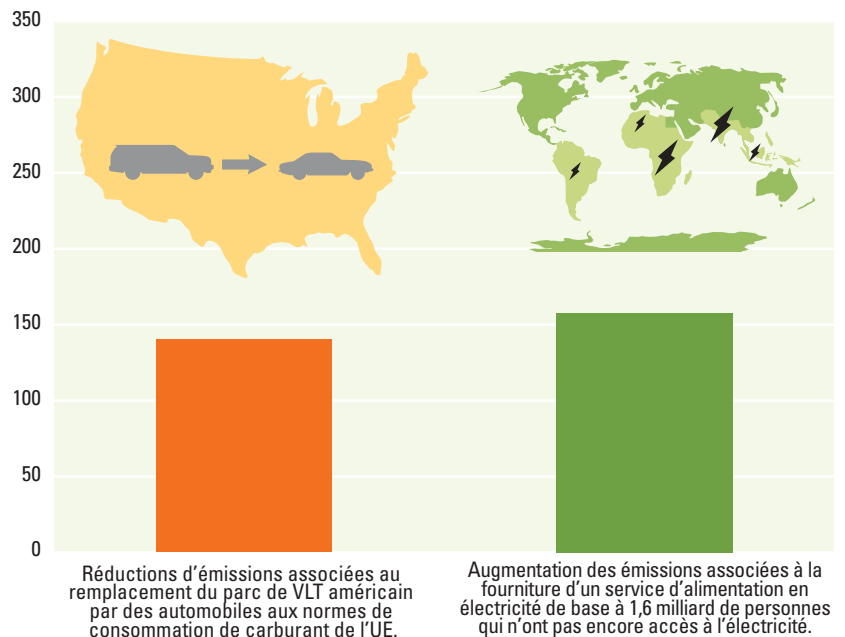
touchés par les phénomènes météorologiques extrêmes (chapitre 2). Un réchauffement supplémentaire, même modéré, impliquera de profondes transformations dans la manière de concevoir et de mettre en œuvre les politiques de développement, des ajustements majeurs des modes de vie et des moyens de subsistance des populations ainsi que leur adaptation aux dangers auxquels elles doivent faire face et aux possibilités qui s'offrent à elle.

La crise financière actuelle ne doit pas être invoquée pour justifier la relégation au second plan des questions climatiques. En moyenne, une crise financière dure moins de deux ans et entraîne une contraction du produit intérieur brut (PIB) de 3 % compensée par la suite par une croissance d'au moins 20 % répartie sur une période de relance et de prospérité de huit ans.¹² En d'autres termes, même si elles ont des effets extrêmement négatifs, les crises financières ne durent pas. Il en va tout autrement de la menace croissante que fait peser le changement climatique. Pourquoi ?

Parce que le temps ne joue pas en notre faveur. Les impacts des gaz à effet de serre émis dans l'atmosphère se feront sentir pendant des décennies, voire des milliers d'années,¹³ si bien qu'il sera très difficile de ramener à un niveau « sans danger » les concentrations atmosphériques de ces gaz. Face à l'inertie du système climatique, il est difficilement envisageable de se contenter dans l'immédiat d'interventions de faible portée dans l'idée d'accélérer à plus long terme les efforts d'atténuation.¹⁴ De plus, en tardant trop à réagir, on ne fait qu'alourdir le coût de phénomènes dont l'impact va aller croissant et on laisse passer des opportunités d'adopter des mesures d'atténuation peu coûteuses en permettant aux économies de verrouiller leur avenir dans des infrastructures et des modes de fonctionnement à forte intensité de carbone, générant toujours plus d'inertie.

Il faut agir dès maintenant pour que l'augmentation des températures reste le plus proche possible des 2°C. Un tel réchauffement n'est pas souhaitable, mais nous ne pourrions probablement pas faire mieux. Les économistes ne sont pas unanimes à penser que cette hausse correspond à l'optimum économique. En revanche, dans les milieux politiques et scientifiques, on s'accorde à penser que l'objectif d'un réchauffement maximum de 2°C est l'option la plus responsable,¹⁵ et les auteurs du présent Rapport partagent cette analyse. Du point de vue du développement, un réchauffement très supérieur à 2°C serait tout simplement inacceptable. Cela étant, pour stabiliser le réchauffement à 2°C, il faudra profondément modifier les modes de vie, engager une véritable révolution énergétique et transformer les pratiques de gestion des sols et des forêts. Mais cela ne permettra pas de faire l'économie d'importantes mesures d'adaptation. Pour faire face au changement climatique, l'humanité va devoir faire preuve de toute l'inventivité et l'ingéniosité dont elle est capable.

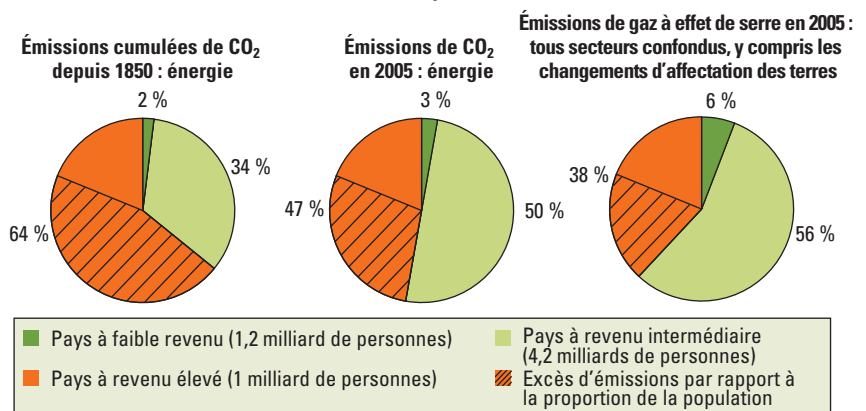
Figure 2 Une question de rééquilibrage : remplacer les VLT par des voitures particulières consommant peu de carburant ne serait-ce qu'aux États-Unis compenserait pratiquement les émissions résultant de l'alimentation en électricité de 1,6 milliards de personnes de plus
Émissions (millions de tonnes de CO₂)



Source : Calculs de l'équipe du Rapport sur le développement dans le monde sur la base des chiffres de BTS 2008.

Note : Les estimations sont basées sur les hypothèses suivantes : les États-Unis comptent 40 millions de VLT (véhicules loisir travail) qui couvrent au total 480 milliards de miles sur la base d'une distance parcourue moyenne de 12 000 par véhicule et par an. Si l'on considère que la consommation de carburant moyenne d'un VLT est de 18 miles au gallon, le parc de VLT consomme 27 milliards de gallons d'essence par an en émettant 2 421 grammes de carbone par gallon. Le remplacement des VLT par des voitures économiques en carburant qui respectent la norme moyenne de consommation de carburant des nouvelles voitures particulières vendues dans l'Union européenne (45 miles au gallon ; voir ICCT 2007) se traduit par une réduction des émissions de 142 millions de tonnes de CO₂ (39 millions de tonnes de carbone) par an. La consommation d'électricité des ménages pauvres des pays en développement est, selon les estimations, de 170 kilowattheures par personne et par an et, si l'on pose que l'électricité est générée avec une intensité (moyenne mondiale) de 160 grammes de carbone au kilowattheure, on obtient l'équivalent de 160 millions de tonnes de CO₂ (44 millions de tonnes de carbone). La taille du symbole de l'électricité qui apparaît sur la carte du monde indique le nombre de personnes qui n'ont pas l'électricité.

Figure 3 Les pays à revenu élevé ont, de tous temps, contribué de manière disproportionnée aux émissions mondiales. C'est encore le cas aujourd'hui
Part des émissions mondiales, périodes antérieures et 2005



Sources : DOE 2009 ; Banque mondiale 2008c ; WRI 2008 avec addition des émissions dues au changement d'affectation des terres tirées de Houghton 2009.

Note : Les données couvrent plus de 200 pays pour les années les plus récentes. Des données ne sont pas disponibles pour tous les pays pour le 19^e siècle mais elles le sont pour les principaux pays émetteurs de l'époque. Les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) des sources d'énergie comprennent toutes celles qui proviennent de la combustion de combustibles fossiles, du brûlage des gaz à la torche et de la production de ciment. Les gaz à effet de serre émis sont le CO₂, le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O) et des gaz qui peuvent contribuer dans une large mesure au réchauffement de la planète (gaz F). Les secteurs sont l'énergie, les processus industriels, l'agriculture, les changements d'affectation des terres (tirés de Houghton 2009), et les déchets. L'occupation excessive du patrimoine commun constitué par l'atmosphère, par rapport à la part de la population, est établie sur la base des écarts par rapport à des émissions par habitant uniformes ; en 2005, les pays à revenu élevé comptaient 16 % de la population mondiale ; depuis 1850, les pays aujourd'hui classés dans la catégorie des pays à revenu élevé comptent, en moyenne, environ 20 % de la population mondiale.

Inertie, équité et ingéniosité : ces trois thèmes reviennent à maintes reprises tout au long de ce rapport. L'inertie est la caractéristique fondamentale du changement climatique ; c'est la raison pour laquelle il nous faut agir maintenant. L'équité est la clé de toute solution mondiale réelle, le facteur essentiel à l'instauration de la confiance nécessaire pour apporter une solution rationnelle à cette situation tragique du patrimoine commun, la raison pour laquelle nous devons agir ensemble. Quant à l'ingéniosité, elle est la seule arme possible face à un problème complexe, tant au plan politique que scientifique, celle qui pourrait nous permettre d'agir autrement que nous l'avons fait jusqu'à présent. Agir maintenant, ensemble et autrement : voilà comment nous donner les moyens de nous orienter vers un monde intelligent sur le plan climatique. Mais pour cela, encore faut-il être convaincu de la nécessité d'agir.

De bonnes raisons d'agir

La température moyenne de la planète a déjà augmenté de près d'1°C depuis le début de la période industrielle. Selon le quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

(GIEC), document établi par consensus par plus de 2 000 chercheurs représentant tous les États membres des Nations Unies, le réchauffement climatique est une réalité indiscutable.¹⁶ Alors que les concentrations atmosphériques de CO₂, principal gaz à effet de serre, ont été comprises entre 200 et 300 parties par million (ppm) pendant 800 000 ans, elles ont brusquement augmenté pour atteindre environ 387 ppm au cours des 150 dernières années (figure 4), principalement en raison de la combustion de combustibles fossiles et, dans une moindre mesure, de l'agriculture et de l'évolution des modes d'occupation des sols. Dix ans après la signature du protocole de Kyoto, qui fixe les limites applicables aux émissions internationales de carbone, et alors que les pays développés s'apprentent à établir pour la première fois une comptabilité précise de leurs émissions de carbone, les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère continuent d'augmenter. Pire encore, elles augmentent de plus en plus rapidement.¹⁷

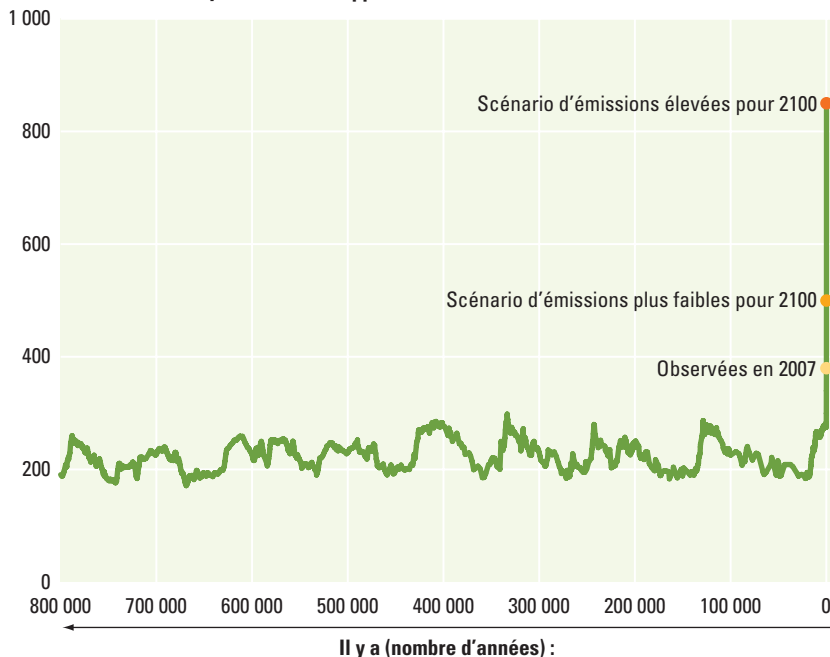
Le changement climatique se traduit déjà par une augmentation des températures moyennes de l'atmosphère et des océans, la fonte de neiges et de glaces partout dans le monde et la hausse du niveau des mers. Les journées et les nuits froides sont des phénomènes de plus en plus rares, tout comme les gelées, tandis que les canicules se font de plus en plus fréquentes. À l'échelle mondiale, les précipitations augmentent, lors même que l'Australie, l'Asie centrale, le bassin méditerranéen, le Sahel, l'ouest des États-Unis et bien d'autres régions encore sont frappées par des sécheresses plus fréquentes et plus intenses. Les fortes précipitations et les inondations sont des phénomènes désormais courants, et les tempêtes et les cyclones tropicaux, dont l'intensité semble augmenter, provoquent des dégâts plus importants.

Le changement climatique menace tous les pays, mais plus particulièrement les pays en développement

Si rien n'est fait pour en atténuer les effets, le changement climatique fera peser une lourde menace sur l'humanité tout entière. Au cours de ce siècle,¹⁸ les températures pourraient augmenter de plus de 5°C, ce qui équivaut à la différence entre le climat actuel et celui de la dernière ère glaciaire, période à laquelle les glaciers s'étendaient jusqu'en Europe centrale et arrivaient presque à ce qui est maintenant New York. Cette évolution naturelle s'est étalée sur plusieurs millénaires, alors que le changement climatique d'origine anthropique se produit à l'échelle séculaire, ce qui laisse bien peu de temps aux sociétés et aux écosystèmes pour s'adapter au rythme rapide des variations climatiques. Une telle hausse des températures provoquerait de profondes dislocations dans des écosystèmes d'importance vitale pour les sociétés humaines et les économies, et pourrait notamment entraîner le dépérissement de la forêt pluviale amazonienne,

Figure 4 Des émissions de CO₂ démesurées

Concentrations de dioxyde de carbone (ppm)



Source : Lüthi et al. 2008.

Note : l'analyse des bulles d'air piégées dans les couches profondes des glaces de l'Antarctique depuis 800 000 ans a permis de mettre en évidence l'évolution des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère de la planète. Durant cette longue période, des facteurs naturels ont provoqué des variations de la concentration de CO₂ à l'intérieur d'une fourchette de l'ordre de 170 à 300 parties par million (ppm). Les données sur les températures montrent clairement que ces variations ont contribué de manière cruciale à déterminer le climat dans le monde. Par suite de l'activité humaine, la concentration actuelle de CO₂, qui est de l'ordre de 387 ppm, dépasse d'environ 30 % le niveau le plus élevé jamais enregistré depuis au moins 800 000 ans. En l'absence de mesures résolues pour les maîtriser, les émissions telles qu'indiquées par les projections pour le XXI^e siècle produiront des concentrations de CO₂ atteignant le double ou le triple du niveau le plus élevé des 800 000 dernières années, comme le montrent les points correspondant portés sur le graphique pour les deux scénarios d'émissions en 2100.

la disparition totale des glaciers des Andes et de l'Himalaya et une acidification rapide des océans, ce qui provoquerait de graves perturbations des écosystèmes marins et la mort des récifs coralliens. Le rythme et l'ampleur de ces changements pourraient causer la disparition de plus de la moitié des espèces. Au cours du XXI^e siècle, le niveau de la mer pourrait s'élever d'un mètre,¹⁹ menaçant ainsi 60 millions de personnes et des actifs d'une valeur supérieure à 200 milliards de dollars dans les seuls pays en développement.²⁰ La productivité agricole diminuerait probablement dans le monde entier, et en particulier dans les zones tropicales, même si les pratiques agricoles étaient modifiées en profondeur. Chaque année, la malnutrition pourrait faire plus de trois millions de victimes de plus.²¹

Un réchauffement d'à peine 2°C par rapport à la période préindustrielle suffirait à provoquer des perturbations climatiques aux conséquences planétaires. L'intensification de la variabilité du climat, la multiplication et l'intensification de phénomènes météorologiques extrêmes et l'exposition accrue des zones côtières aux marées de tempête pourraient accroître fortement le risque d'impacts climatiques catastrophiques et

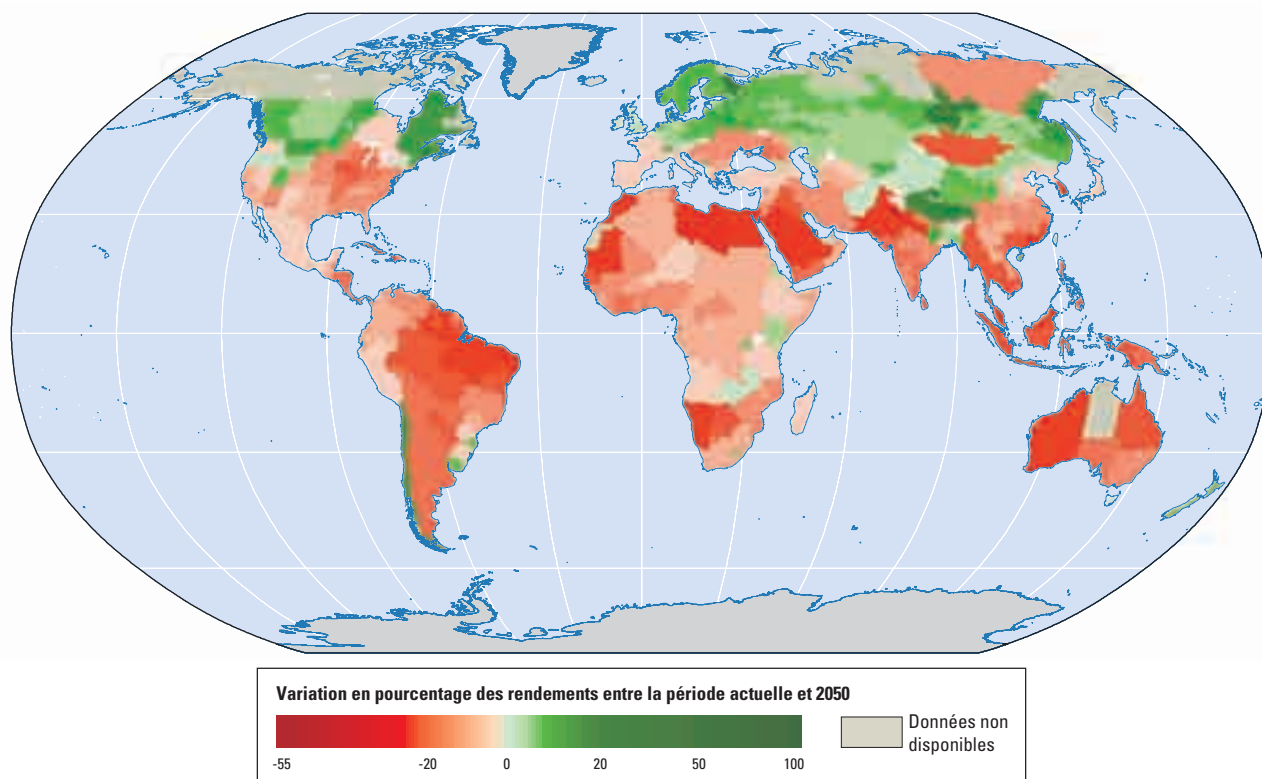
irréversibles. Entre 100 millions et 400 millions de personnes supplémentaires pourraient souffrir de la faim,²² et entre un à deux milliards d'individus de plus pourraient ne plus avoir assez d'eau pour boire, se laver et préparer leurs repas.²³

Les pays en développement sont plus exposés et moins résistants aux risques climatiques. Les pays en développement seront touchés de manière disproportionnée. Un réchauffement de 2°C pourrait entraîner une baisse permanente de 4 à 5 % de la consommation annuelle par habitant en Afrique et en Asie du Sud,²⁴ alors qu'il en résulterait des pertes minimales dans les pays à revenu élevé et une réduction moyenne de la consommation mondiale de l'ordre d'1 % du PIB mondial.²⁵ Ces pertes seraient liées principalement à l'impact des variations climatiques sur l'agriculture, secteur d'importance majeure pour les économies de l'Afrique et de l'Asie du Sud (carte 1).

Il ressort des estimations que les pays en développement paieront le plus lourd tribut, soit entre 75 et 80 % du coût des dommages causés par le changement climatique,²⁶ et ce pour plusieurs raisons (voir encadré 1). Les pays en

CARTE PROVISOIRE

Carte 1 Le changement climatique se traduira, en 2050, par une baisse des rendements agricoles dans la plupart des pays, si les pratiques agricoles et les variétés culturales actuelles continuent d'être employées



Source s: Müller et al. 2009 ; Banque mondiale 2008c.

Note : la figure indique le pourcentage de variation des rendements indiqué par les projections pour 11 grandes cultures (blé, riz, maïs, mil, pois fourrager, betterave à sucre, patate douce, soja, arachides, tournesol et colza) pour la période 2046-2055, par rapport à la période 1996-2005. Les valeurs retenues sont les moyennes des valeurs provenant de l'application de cinq modèles climatiques à trois scénarios d'émissions, en posant en hypothèse l'absence de tout effet de fertilisation du CO₂ (l'augmentation des concentrations ambiantes de CO₂ peut stimuler, dans une mesure qui reste indéterminée, la croissance des plantes et l'efficacité de l'utilisation de l'eau). Les projections font état d'impacts négatifs importants sur les rendements dans de nombreuses régions fortement tributaires de l'agriculture.

ENCADRÉ 1 *Toutes les régions en développement sont vulnérables aux impacts du changement climatique, pour des raisons diverses*

Les problèmes communs à l'ensemble des pays en développement – ressources humaines et financières limitées, institutions fragiles – sont des éléments déterminants de leur vulnérabilité. Toutefois, d'autres facteurs géographiques et historiques s'avèrent tout aussi importants.

L'Afrique subsaharienne est une région naturellement fragile (dont les deux tiers sont constitués de déserts ou de terres arides), très exposée aux sécheresses et aux inondations. Or, le changement climatique devrait accroître la fréquence de ces phénomènes. Les économies de la région sont fortement dépendantes des ressources naturelles. La biomasse fournit 80 % des approvisionnements nationaux en énergie primaire. L'agriculture pluviale contribue pour environ 30 % au PIB et emploie près de 70 % de la population. Le caractère inadéquat des infrastructures pourrait entraver le processus d'adaptation au changement climatique, compte tenu notamment des capacités limitées de stockage d'eau, malgré des ressources abondantes. Le paludisme, première cause de mortalité dans la région, gagne progressivement les zones d'altitude où il ne sévissait pas auparavant.

En Asie de l'Est et dans le Pacifique, la densité élevée des populations établies en zone côtière et sur les îles basses – plus de 130 millions de personnes en Chine et environ 40 millions au Viet Nam, soit plus de la moitié de la population – est un des principaux facteurs de vulnérabilité. La forte dépendance de la région, et en particulier des pays les plus pauvres, à l'égard de l'agriculture en est un autre. À mesure que s'intensifient les pressions qui s'exercent sur les terres, l'eau et les forêts, sous l'effet de l'accroissement démographique, de l'urbanisation et de la dégradation de l'environnement liée à une industrialisation rapide, la variabilité accrue du climat et l'augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes vont compliquer la gestion de ces ressources. Dans le bassin du Mékong, par exemple, la saison des pluies sera marquée par des précipitations plus importantes, tandis que la saison sèche s'allongera de deux mois. La grande dépendance des économies de la région à l'égard des ressources marines – la valeur des récifs coralliens d'Asie du Sud-est qui sont bien gérés est estimée à 13 milliards de dollars – est un autre facteur de vulnérabilité, d'autant que ces ressources subissent déjà

de nombreuses pressions liées à la pollution industrielle, à l'aménagement des zones côtières, à la surpêche et au ruissellement des pesticides agricoles et des nutriments.

En Europe orientale et Asie centrale, la vulnérabilité au changement climatique tient aux effets persistants du passif hérité de la période soviétique, qui se caractérise par une mauvaise gestion de l'environnement et par l'état médiocre d'une grande partie des infrastructures de la région. À titre d'exemple, la hausse des températures et le recul des précipitations observés en Asie centrale vont aggraver les conséquences environnementales catastrophiques de la disparition de la partie sud de la mer d'Aral (provoquée par le détournement des cours d'eau pour l'irrigation des cultures de coton exploitées dans cette région de climat désertique) : le sable et le sel libérés par l'assèchement des fonds marins sont transportés par les vents jusqu'aux glaciers d'Asie centrale, accélérant la fonte des glaces due à la hausse des températures. Les infrastructures et les logements vieillissants, mal conçus et mal entretenus, également hérités de l'ère soviétique et de la période de transition qui a suivi, sont mal adaptés pour résister aux tempêtes, aux fortes chaleurs et aux inondations.

Les écosystèmes les plus vitaux d'*Amérique latine et des Caraïbes* sont menacés. Premièrement, les glaciers des zones tropicales des Andes semblent condamnés à disparaître, ce qui changera le calendrier et l'intensité du débit des ressources en eau dans plusieurs pays et pourrait compromettre l'approvisionnement, dès 2020, d'au moins 77 millions de personnes et aussi des centrales hydroélectriques qui fournissent plus de la moitié de l'électricité de nombreux pays d'Amérique du Sud. Deuxièmement, le réchauffement et l'acidification des océans vont provoquer des épisodes de blanchiment des coraux de plus en plus fréquents et risquent, à terme, d'entraîner la disparition des récifs coralliens des Caraïbes, qui servent d'habitat aux populations juvéniles de près de 65 % des espèces de poissons du bassin des Caraïbes et offrent une protection naturelle contre les marées de tempête, sans parler de leur attrait touristique vital pour la région. Troisièmement, les dommages qu'ont subis les zones humides du golfe du Mexique ont accentué la vulnérabilité du littoral face à des ouragans dont la violence et la fréquence ne cessent d'augmenter. Enfin,

la plus catastrophique des conséquences du réchauffement climatique dans la région pourrait être un dépérissement massif de la forêt pluviale amazonienne, dont de vastes zones seraient converties en savane, ce qui aurait de graves conséquences pour le climat de la région, voire de la planète toute entière.

Au Moyen-Orient et en Afrique du Nord, région la plus aride du monde, l'eau est la ressource la plus menacée, et les disponibilités en eau par habitant devraient, selon les prévisions, diminuer de moitié d'ici à 2050 même sans prendre en compte les conséquences des variations climatiques. La région n'a guère de solutions pour accroître ses réserves en eau, puisque près de 90 % de ses ressources en eau douce sont déjà stockées dans des réservoirs. Les effets conjugués de l'aggravation des pénuries d'eau et de la variabilité accrue du climat sont une réelle menace pour le secteur agricole, qui consomme environ 85 % des ressources en eau de la région. Cette vulnérabilité est d'autant plus grande que la population et les activités économiques se concentrent principalement dans les zones côtières exposées aux risques d'inondation, et que les pénuries d'eau pourraient encore accentuer les tensions sociales et politiques.

En Asie du Sud, les ressources naturelles subissent déjà des pressions considérables et sont sensiblement dégradées en raison de facteurs géographiques, de niveaux de pauvreté élevés et de la forte densité de population. Le changement climatique aura probablement un impact sur les ressources en eau en agissant sur le régime des moussons, qui fournissent 70 % des précipitations annuelles sur une période de quatre mois, et en entraînant la fonte des glaciers himalayens. La hausse du niveau des mers suscite de vives préoccupations dans cette région où les zones côtières sont nombreuses et densément peuplées, où les plaines agricoles sont menacées par les intrusions de sel et où l'on compte un grand nombre d'îles de faible altitude. Si les scénarios climatiques les plus pessimistes venaient à se produire, la hausse du niveau des mers pourrait submerger une grande partie des Maldives et inonder 18 % de la superficie du Bangladesh.

Sources : de la Torre, Fajnzylber et Nash 2008 ; Fay, Block et Ebinger 2009 ; Banque mondiale 2007a ; Banque mondiale 2007c ; Banque mondiale 2008b ; Banque mondiale 2009b.

développement sont particulièrement dépendants des services des écosystèmes et des ressources naturelles pour produire dans des secteurs tributaires du climat. Une grande partie de la population vit dans des zones exposées aux risques naturels et dans des conditions économiquement précaires. Les capacités d'adaptation financière et institutionnelle des pays en développement sont en outre limitées. Les responsables de l'action publique de certains pays en développement notent qu'ils doivent puiser davantage dans leur

budget de développement pour faire face à des situations d'urgence d'origine climatique.²⁷

Les pays à revenu élevé seront aussi touchés par un réchauffement modéré. En fait, les dommages par habitant seront probablement plus importants dans les pays plus riches, qui regroupent 16 % de la population mondiale mais devraient supporter entre 20 à 25 % du coût total de l'impact du changement climatique. Toutefois, les richesses beaucoup plus vastes dont ils disposent devraient leur permettre de mieux faire face aux problèmes. Le changement

climatique aura des effets destructeurs partout, mais il va aussi creuser le fossé entre pays développés et pays en développement.

La croissance est nécessaire au renforcement des capacités de résistance au changement climatique, mais elle ne suffit pas. La croissance économique est indispensable pour réduire la pauvreté. Elle est aussi au cœur du processus qui permettra de renforcer la résistance des pays pauvres aux variations climatiques. Toutefois la croissance ne peut constituer la seule réponse à un tel phénomène. Elle ne sera probablement pas assez rapide pour aider les pays les plus démunis, et pourrait même accroître leur vulnérabilité aux aléas climatiques (encadré 2). En outre, la croissance n'est généralement pas suffisamment équitable pour garantir la protection des plus pauvres et des plus vulnérables. Elle ne garantit pas non plus le bon fonctionnement des principales institutions. Enfin, si elle repose sur des modes de production à forte intensité de carbone, elle ne peut qu'accroître le réchauffement planétaire.

Il n'y a cependant aucune raison de penser qu'un profil de développement à faible intensité de carbone implique nécessairement une croissance économique lente : l'annonce de réglementations environnementales a, dans bien des cas, provoqué des mises en garde contre la perte massive d'emplois et l'effondrement de certains secteurs industriels qui ne se sont, toutefois, que très rarement concrétisés.²⁸ Certes, les coûts de transition sont importants, notamment lorsqu'il s'agit de mettre au point des technologies et des infrastructures à faible intensité de carbone dans les secteurs de l'énergie, des transports, du logement, de l'aménagement urbain et du développement rural. Il est souvent dit que ces coûts de transition sont inacceptables, que les besoins des pays pauvres appellent des investissements autrement plus urgents, et qu'il faut veiller à ne pas sacrifier aujourd'hui le bien-être des plus démunis pour préserver les intérêts de générations futures qui seront peut-être plus riches. Si ces préoccupations sont recevables, il n'en demeure pas moins que l'adoption de mesures ambitieuses d'adaptation au changement climatique se justifie pleinement du point de vue économique.

L'économie du changement climatique : il est possible de réduire le risque climatique à un coût abordable.

Le changement climatique a un coût, quelle que soit la politique retenue. Consacrer moins de ressources aux mesures d'atténuation suppose d'investir davantage dans l'adaptation et de se résoudre à des dommages plus importants : il faut donc comparer le coût de l'action à celui de l'inaction. Toutefois, comme expliqué au chapitre 1, cette comparaison est difficile dans la mesure où l'incertitude règne en ce qui concerne les technologies qui seront disponibles à l'avenir (et leur coût), la capacité des sociétés et des

ENCADRÉ 2 La croissance économique : une condition nécessaire, mais pas suffisante

Les pays riches disposent de ressources plus importantes pour faire face aux impacts du changement climatique. Leurs populations plus instruites et en meilleure santé sont intrinsèquement plus résistantes. Toutefois, le processus de croissance peut accentuer la vulnérabilité au changement climatique, comme c'est le cas dans les provinces chinoises proches de Beijing très exposées au risque de sécheresse, où l'extraction de ressources en eau pour l'agriculture, l'industrie et la consommation des ménages ne cesse d'augmenter, de même qu'en Indonésie, à Madagascar, en Thaïlande et dans les régions des États-Unis situés en bordure du Golfe du Mexique, où les mangroves qui protégeaient le littoral ont été défrichées pour faire place à des installations touristiques et à des élevages de crevettes.

La croissance économique ne sera probablement pas assez rapide pour que les pays à faible revenu puissent se doter des mêmes moyens de protection que les pays riches. Le Bangladesh et les Pays-Bas sont parmi les pays les plus exposés à l'élévation du niveau de la mer. Le Bangladesh a déjà engagé de vastes efforts pour réduire la vulnérabilité de

la population en mettant sur pied, au niveau des communautés, un système très efficace d'alerte avancée en cas de cyclone ainsi qu'un programme de prévision des inondations et d'intervention qui fait appel à des compétences locales et internationales. Toutefois, le manque de ressources limite la portée de ces mesures d'adaptation – le revenu annuel par habitant du Bangladesh est de 450 dollars. Dans le même temps, le gouvernement des Pays-Bas prévoit d'investir chaque année, pendant un siècle, 100 dollars par habitant. Pourtant, en dépit d'un revenu annuel par habitant 100 fois supérieur à celui du Bangladesh, les Pays-Bas ont engagé un programme de retrait sélectif des zones de faible élévation car ils n'ont plus les moyens d'assurer la protection de l'ensemble du territoire contre les effets du changement climatique.

Sources : équipe chargée de la rédaction du Rapport sur le développement dans le monde, d'après Guan et Hubacek 2008 ; Shalizi 2006 ; Xia et al. 2007 ; FAO 2007 ; Barbier et Sathiratai 2004 ; Deltacommissie 2008 ; Gouvernement du Bangladesh 2008 ; Karim et Mimura 2008.

écosystèmes à s'adapter (et à quel prix), l'ampleur des dommages que provoquera l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre et des températures susceptibles de constituer des seuils ou des points de non-retour au-delà desquels les impacts du changement climatique prendront des proportions catastrophiques (Science Focus). Les questions relatives à la répartition des interventions dans le temps (les mesures d'atténuation prises par une génération seront bénéfiques à nombre de générations futures) et dans l'espace (certaines régions sont plus vulnérables que d'autres et donc plus à même de demander des mesures d'atténuation vigoureuses à l'échelle mondiale), et les difficultés que soulève l'évaluation de la perte de vies humaines, de moyens d'existence et de services non commerciaux comme la biodiversité et les services des écosystèmes, ne font qu'ajouter à la complexité de l'exercice.

Les économistes tentent généralement de définir la politique climatique optimale en s'appuyant sur une analyse coûts-avantages. Toutefois, comme le montre l'encadré 3, les résultats d'une telle analyse dépendent des hypothèses concernant les incertitudes en présence et aussi des choix normatifs relatifs à la répartition spatiale et temporelle des interventions et à l'évaluation des pertes dues au changement climatique (un analyste confiant dans le développement futur des technologies, qui compte que l'impact du changement climatique sera relativement modeste et étalé dans le temps, et qui attache beaucoup moins d'importance à l'avenir qu'au présent, préconisera des interventions immédiates de

portée limitée, tandis qu'un analyste ayant une vue plus pessimiste du pouvoir de la technologie fera la démarche inverse.) Les économistes ne sont donc toujours pas parvenus à s'entendre sur le profil de l'intensité en carbone du développement la plus efficace au plan social et économique. Toutefois, un consensus semble se dégager sur certains points.

Les principaux modèles démontrent que les avantages d'un réchauffement climatique stabilisé à 2,5°C seraient supérieurs aux coûts (ce qui ne serait pas nécessairement le cas à 2°C).²⁹ Tous aboutissent par ailleurs à la conclusion qu'une politique de laisser-faire (en d'autres termes l'absence totale de mesures d'atténuation) aurait des conséquences désastreuses. Les partisans d'une réduction graduelle

des émissions de gaz à effet de serre accepteraient la poursuite de la hausse des températures bien au-delà de 2°C, et estiment que l'objectif optimal – celui dont le coût total (à savoir la somme des coûts des impacts du changement climatique et des mesures d'atténuation et d'adaptation) serait le plus faible – pourrait être très largement supérieur à 3°C.³⁰ Ils observent cependant que le surcoût des mesures visant à stabiliser le réchauffement aux alentours de 2°C serait modeste et ne dépasserait pas 0,5 % du PIB (encadré 3). En d'autres termes, le coût total de la solution optimale n'est que très légèrement inférieur au coût total de l'option beaucoup plus ambitieuse consistant à stabiliser le réchauffement à 2°C. Pourquoi ? En partie parce que les économies réalisées en limitant l'ampleur des mesures

ENCADRÉ 3 *Le coût de « l'assurance climatique »*

Hof, den Elzen, et van Vuuren ont examiné le degré de sensibilité de l'objectif climatique optimal aux hypothèses relatives à l'horizon temporel, à la sensibilité du climat (à savoir l'ampleur du réchauffement résultant d'un doublement de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère par rapport à l'ère préindustrielle), aux coûts d'atténuation, aux dommages probables et aux taux d'actualisation. Ils ont utilisé à cette fin un modèle d'évaluation intégrée (FAIR) en faisant varier les paramètres pour refléter ceux cités dans certaines études, et notamment dans les travaux de deux économistes de renom : Nicholas Stern, qui préconise des interventions immédiates et ambitieuses, et William Nordhaus, qui est en faveur d'une approche progressive en matière d'atténuation.

Les objectifs climatiques optimaux obtenus à l'aide de ce modèle varient considérablement selon les conditions retenues au départ, ce qui n'a rien d'étonnant. (On entend par objectif optimal la concentration ou la hausse de température qui entraînerait la réduction la plus faible de la valeur actuelle nette de la consommation mondiale.) Les « conditions Stern » (sensibilité du climat relativement élevée, dommages climatiques relativement importants et horizon à long terme, associés à des taux d'actualisation et à des coûts d'atténuation faibles) donnent une concentration maximale optimale de CO₂e de 540 parties par million (ppm). Les « conditions Nordhaus » (sensibilité du climat plus faible, dommages moins importants, horizon temporel plus court et taux d'actualisation plus élevé) produisent un objectif optimal de 750 ppm. Dans les deux cas, les coûts d'adaptation sont implicitement pris en compte dans la fonction de dommages climatiques.

La figure décrit le moindre coût de la stabilisation des concentrations atmosphériques dans une fourchette de 500 à 800 ppm pour les conditions Stern et pour les conditions Nordhaus (ce moindre coût étant représenté par l'écart entre la valeur actualisée de la consommation produite par le modèle et la valeur actualisée de la consommation qui serait

possible en l'absence de changement climatique). Une constatation essentielle se dégage de la figure : les courbes décrivant la perte de consommation pour une large gamme de concentrations maximales en CO₂e sont relativement plates. Par conséquent, si l'on passe de 750 ppm à 550 ppm, on obtient, avec les conditions Nordhaus, une perte de consommation relativement limitée (0,3 %). On peut en déduire que le coût de mesures d'atténuation prises à titre de précaution pour limiter les concentrations à 550 ppm est faible. Avec les conditions Stern, l'objectif de 550 ppm se traduit par un gain de la valeur actualisée de la consommation de l'ordre de 0,5 % par an par rapport à l'objectif de 750 ppm.

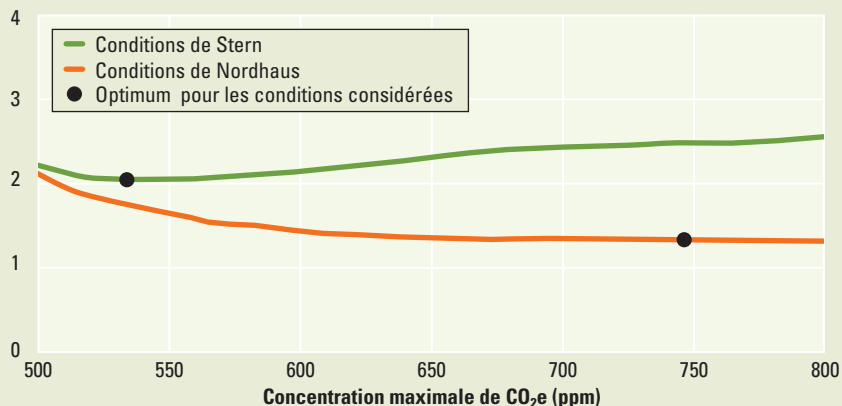
Le choix d'une concentration maximale plus faible est largement motivé par le

désir de réduire le risque d'événements catastrophiques associé au réchauffement climatique. Sous cet angle, le coût de la différence entre des concentrations maximales en CO₂e élevées et des concentrations plus faibles peut être assimilé au coût de l'assurance climatique – autrement dit, la quantité de bien-être à laquelle l'humanité serait disposée à renoncer pour réduire le risque d'une catastrophe. Il ressort de l'analyse de Hof, den Elzen et van Vuuren que le coût de l'assurance climatique reste modeste dans un très grand nombre des hypothèses relatives au système climatique et au coût de l'atténuation des effets du changement climatique.

Source : Hof, den Elzen et van Vuuren 2008

Des sacrifices différents : recul de la consommation par rapport au niveau qu'elle aurait dans un monde sans réchauffement climatique pour différentes concentrations maximales de CO₂e

Réduction de la valeur actuelle nette de la consommation (%)



Source : Basé sur Hof, den Elzen, et van Vuuren 2008, figure 3.

Note : Les courbes indiquent la contraction en pourcentage de la valeur actuelle de la consommation par rapport à ce qu'elle serait en l'absence de modification du climat, pour différentes valeurs cibles de concentrations maximales de CO₂e. Les « conditions Stern » et les « conditions Nordhaus » désignent les choix concernant la valeur de paramètres essentiels du modèle, comme indiqué dans le texte. Le point porté sur chacune des courbes indique l'optimum pour les conditions correspondantes, l'optimum étant défini comme la concentration en gaz à effet de serre qui réduirait le plus possible la contraction de la consommation mondiale due à la somme des coûts d'atténuation et des dommages causés par les impacts.

d'atténuation seraient très largement absorbées par les coûts supplémentaires d'impacts plus graves ou de mesures d'adaptation plus coûteuses,³¹ et en partie parce que la différence entre des interventions ambitieuses et des mesures plus modestes tient en réalité aux coûts qu'il faudra assumer à l'avenir, et auxquels les adeptes de l'approche graduelle accordent une bien moindre importance.

Les grandes incertitudes relatives aux pertes que pourrait provoquer le changement climatique et la possibilité de risques catastrophiques pourraient fort bien justifier d'engager sans tarder des interventions plus vigoureuses que le laissent supposer les analyses coûts-avantages. Ce surcoût pourrait être assimilé à une prime d'assurance permettant de maintenir le changement climatique dans ce que les scientifiques estiment être une fourchette plus sûre.³² Il est toute à fait possible que l'option consistant à investir moins de 0,5 % du PIB dans une « assurance climatique » soit acceptable par la société, puisque le monde dépense déjà 3 % de son PIB total à des fins d'assurance.³³

Mais au-delà de la question de « l'assurance climatique », se pose celle du montant des investissements à consacrer à l'atténuation et à l'adaptation, et des besoins de financement connexes. À moyen terme, la facture des mesures d'atténuation sera conséquente, mais n'aura rien de prohibitif : les investissements annuels mondiaux devraient être compris entre 260 et 1 200 milliards de dollars à l'horizon 2030 (voir tableau 1), avec une valeur médiane de 375 milliards de dollars. Ce chiffre représente 0,2 % du PIB mondial indiqué par les projections pour 2030 ou 3 % du montant actuel des dépenses mondiales d'investissement. Autrement dit, la stabilisation du réchauffement climatique aux alentours de 2°C pourrait entraîner une augmentation de 3 % des investissements mondiaux.³⁴ Là encore, la facture est élevée, mais n'a rien de prohibitif.

Qu'en sera-t-il à plus long terme ? Il faudra investir toujours plus dans l'atténuation des effets du changement climatique à mesure qu'augmenteront les besoins en énergie et la population mondiale. Mais les revenus, eux aussi, augmenteront. En conséquence, la valeur actualisée des investissements destinés à l'atténuation qui seront réalisés d'ici à 2100 devrait rester largement inférieure à 1 % du PIB, les estimations étant comprises entre 0,3 % et 0,7 % du PIB (tableau 1).

Ces investissements doivent être appréciés au regard des dommages qu'ils permettraient d'éviter ou des risques qu'ils contribueraient à réduire (comme c'est le cas dans une analyse coûts-avantages). Ils seront de surcroît partiellement compensés par la valeur des avantages connexes (comme les économies tirées de l'amélioration du rendement énergétique), si bien que leur coût net pour l'économie mondiale sera probablement bien plus faible. À titre d'exemple, McKinsey estime que le coût annuel net des mesures d'atténuation ne serait que de 225 milliards en 2030 parce qu'un grand

Tableau 1 Investissements dans l'atténuation nécessaires pour maintenir le réchauffement aux environs de 2°C

Modèles d'évaluation intégrés	Investissements au titre de l'atténuation en 2030 (USD milliards)		Valeur actuelle du total des investissements au titre de l'atténuation jusqu'en 2100 (pourcentage du PIB)	
	Monde	Pays en développement	Monde	Pays en développement
<i>Secteur Énergie uniquement</i>				
MESSAGE	310	137	0,3	0,5
IEA ETP	900	600		
REMIND	375		0,4	
MiniCAM	257	168	0,7	1,2
<i>Tous secteurs</i>				
PAGE			0,4	0,9
FAIR « conditions basses »			0,6	
DICE			0,7	
McKinsey	1 215	675		
Moyenne	611	395	0,5	0,9
Médiane	375	384	0,5	0,9

Sources: MESSAGE : IASA 2009 ; Perspectives des technologies de l'énergie, AIE : AEI 2008c ; REMIND : Knopf et al. à paraître ; MiniCAM : Edmonds et al. 2008 et communications personnelles ; PAGE : Hope 2009 et communications personnelles ; FAIR : Hof, den Elzen, and van Vuuren 2008 ; DICE : Nordhaus 2008 (estimations effectuées à partir du tableau 5.3 et de la figure 5.3); McKinsey: McKinsey Global Institute 2009 et communications personnelles.

Note : DICE, FAIR, MESSAGE, MiniCAM, PAGE, et REMIND sont des modèles soumis à un examen par les pairs. Le modèle Perspectives des technologies de l'énergie de l'AIE a été mis au point par l'Agence internationale pour l'énergie ; McKinsey est une méthode exclusive mise au point par McKinsey Global Institute. Les estimations sont effectuées sur la base d'une stabilisation des gaz à effet de serre à 450 ppm de CO₂e, pour laquelle la probabilité de maintenir le réchauffement de la planète à moins de 2°C à l'horizon 2100 est de 40 à 50 % (Schaeffer et al. 2008a ; Hare et Meinshausen 2006). MiniCAM prend en compte les dépenses de fonctionnement et les dépenses d'équipement ; les autres modèles ne considèrent que les dépenses d'équipement. Le modèle FAIR indique les coûts d'atténuation sur la base des conditions basses (voir le tableau 3 de Hof, den Elzen, et van Vuuren 2008). Les pays en développement sont ceux classés comme tels par la Banque mondiale en 2009.

nombre des investissements nécessaires couvrent eux-mêmes leurs coûts. Il sera néanmoins difficile de réunir les financements requis, notamment parce qu'il faudra disposer de ressources supplémentaires pour financer les mesures d'adaptation et compenser les pertes résiduelles.

Les estimations des investissements que requiert l'adaptation sont beaucoup plus rares, et celles qui existent sont difficilement comparables. Certaines d'entre elles ne tiennent compte que du coût des mesures visant à protéger les projets financés par l'aide extérieure des effets du changement climatique. D'autres ne couvrent que certains secteurs. Rares sont celles qui prennent en considération l'ensemble des besoins des pays (chapitre 6). Une récente étude de la Banque mondiale consacrée à ces questions indique que le montant annuel des investissements destinés à l'adaptation pourrait dépasser 80 milliards de dollars dans les seuls pays en développement.³⁵

Un monde intelligent sur le plan climatique est à portée de main à condition d'agir maintenant, ensemble et autrement

Bien que le coût marginal des efforts de réduction du risque climatique soit faible et que les investissements requis soient loin d'être d'un niveau prohibitif, tenter de stabiliser le

réchauffement de la planète aux alentours de 2°C au-dessus des températures préindustrielles reste un objectif extrêmement ambitieux. Pour l'atteindre, il faudra que, d'ici 2050, les niveaux d'émissions ne soient plus que la moitié de ce qu'ils étaient en 1990 et qu'ils soient nuls ou négatifs à l'horizon 2100 (figure 5). Des efforts herculéens devront donc être immédiatement entrepris pour réduire, au cours des 20 prochaines années, le volume des émissions mondiales qui résulteraient d'une politique de laisser-faire d'un volume équivalant au total des émissions actuelles des pays à revenu élevé. Par ailleurs, un réchauffement de même seulement 2°C nécessitera la poursuite de mesures d'adaptation coûteuses — pour amener les habitants de la planète à se préparer à de nouveaux types de risque, à changer leurs lieux de résidence, leur alimentation et la manière dont ils conçoivent, édifient et gèrent les systèmes agroécologiques et urbains.³⁶

Les défis de l'atténuation et de l'adaptation sont donc considérables. Le présent Rapport pose toutefois en hypothèse qu'il est possible de s'attaquer à ces défis en adoptant des politiques intelligentes sur le plan climatique qui impliquent d'agir maintenant, d'agir ensemble (ou à l'échelle mondiale) et d'agir différemment. Agir maintenant en raison de l'inertie considérable qui caractérise

aussi bien le système climatique que le système socio-économique. Agir ensemble pour contenir les coûts et protéger les plus vulnérables. Enfin, agir différemment parce que, pour vivre dans un monde sensible à la dimension climatique, il faudra transformer nos systèmes énergétiques ainsi que nos systèmes de production alimentaire et de gestion des risques.

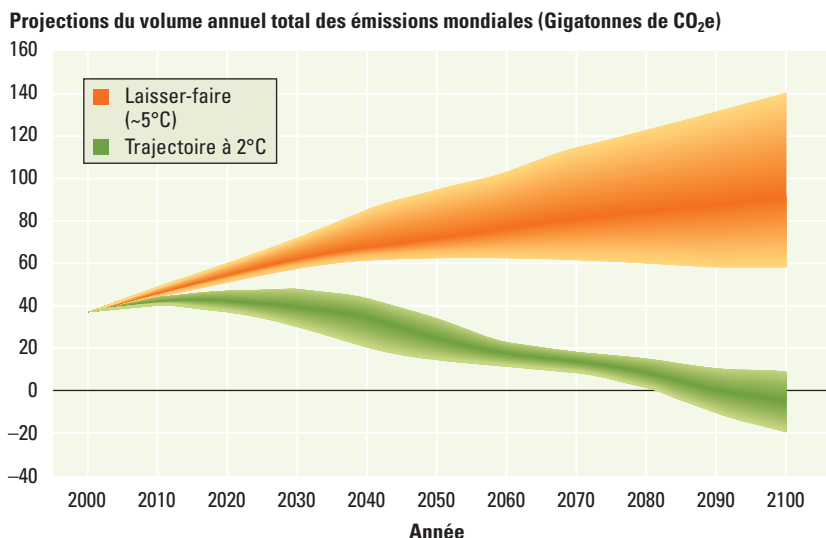
Agir maintenant : étant donné l'inertie des systèmes, les actions d'aujourd'hui détermineront les options futures

Le système climatique fait preuve d'une grande inertie (figure 6). Les concentrations de CO₂ réagissent avec un décalage temporel à une réduction des émissions : le CO₂ reste dans l'atmosphère pendant des dizaines d'années, voire des siècles, de sorte qu'il faut du temps avant qu'une réduction des émissions ait un impact sur les concentrations. Les températures réagissent avec un décalage temporel à une réduction des concentrations : celles-ci continueront d'augmenter pendant quelques siècles après que l'on est parvenu à stabiliser les concentrations. Enfin, le niveau de la mer réagit avec un décalage temporel à une baisse des températures : la dilatation thermique des océans par suite d'une augmentation de la température se poursuivra pendant au moins un millénaire tandis que l'élévation du niveau de la mer due à la fonte des glaces pourrait perdurer durant plusieurs millénaires.³⁷

La dynamique du système climatique limite donc la mesure dans laquelle des mesures d'atténuation prises à une date future peuvent se substituer à des efforts immédiats. Par exemple, pour stabiliser le réchauffement climatique aux environs de 2°C (environ 450 ppm de CO₂e), il faudrait que les émissions mondiales commencent immédiatement à diminuer d'environ 1,5 % par an. Si les mesures d'atténuation devaient être retardées de cinq ans, le pourcentage de réduction des émissions devrait être plus élevé. Un retard encore plus long pourrait avoir des effets irréversibles : si aucune mesure n'est prise avant dix ans, il sera probablement impossible de maintenir le réchauffement climatique à 2°C.³⁸

L'inertie est également un aspect de l'environnement bâti, qui contraind la marge de manœuvre disponible pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ou pour concevoir des ripostes à des fins d'adaptation. Les investissements dans l'infrastructure portent sur de très gros montants, et ils sont concentrés dans le temps et non pas distribués de manière uniforme.³⁹ Ils ont aussi une longue durée de vie : entre 15 et 40 ans pour les usines et les centrales électriques, entre 40 et 75 ans pour les réseaux routiers, ferroviaires et électriques. Les décisions relatives à l'affectation des terres et aux formes urbaines (c'est-à-dire la structure et la densité des villes) font sentir leurs effets pendant plus d'un siècle. Par ailleurs, les infrastructures qui ont de longues durées de vie génèrent des investissements

Figure 5 Que nous réserve l'avenir ? Deux options parmi bien d'autres : une politique de laisser faire ou un vigoureux effort d'atténuation



Source : Les résultats de multiple modèles d'institutions différentes ont été communiqués par Energy Modeling Forum. Clarke et al. à paraître.

Note : La bande supérieure décrit la fourchette des estimations des émissions produites par les différents modèles (GTEM, IMAGE, MESSAGE, MiniCAM) dans un scénario de laisser-faire. La bande inférieure décrit une trajectoire qui pourrait produire une concentration de 450 ppm de CO₂e (avec une probabilité de 50% de limiter le réchauffement à moins de 2°C). Les émissions de gaz à effet de serre se composent, notamment, de CO₂, du CH₄, et de N₂O. Des émissions négatives (indispensables, à terme, pour que la trajectoire de 2°C se concrétise) impliquent que le taux annuel des émissions est inférieur au taux de fixation et de stockage du carbone par des processus naturels (comme la croissance des végétaux) et par des procédés techniques (comme la culture de plantes pour la fabrication de biocarburants et le stockage sous terre du CO₂ émis par leur combustion). GTEM, IMAGE, MESSAGE, et MiniCAM sont les modèles d'évaluation intégrés d'Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics, de Netherlands Environmental Assessment Agency, de l'Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués, et de Pacific Northwest National Laboratory.

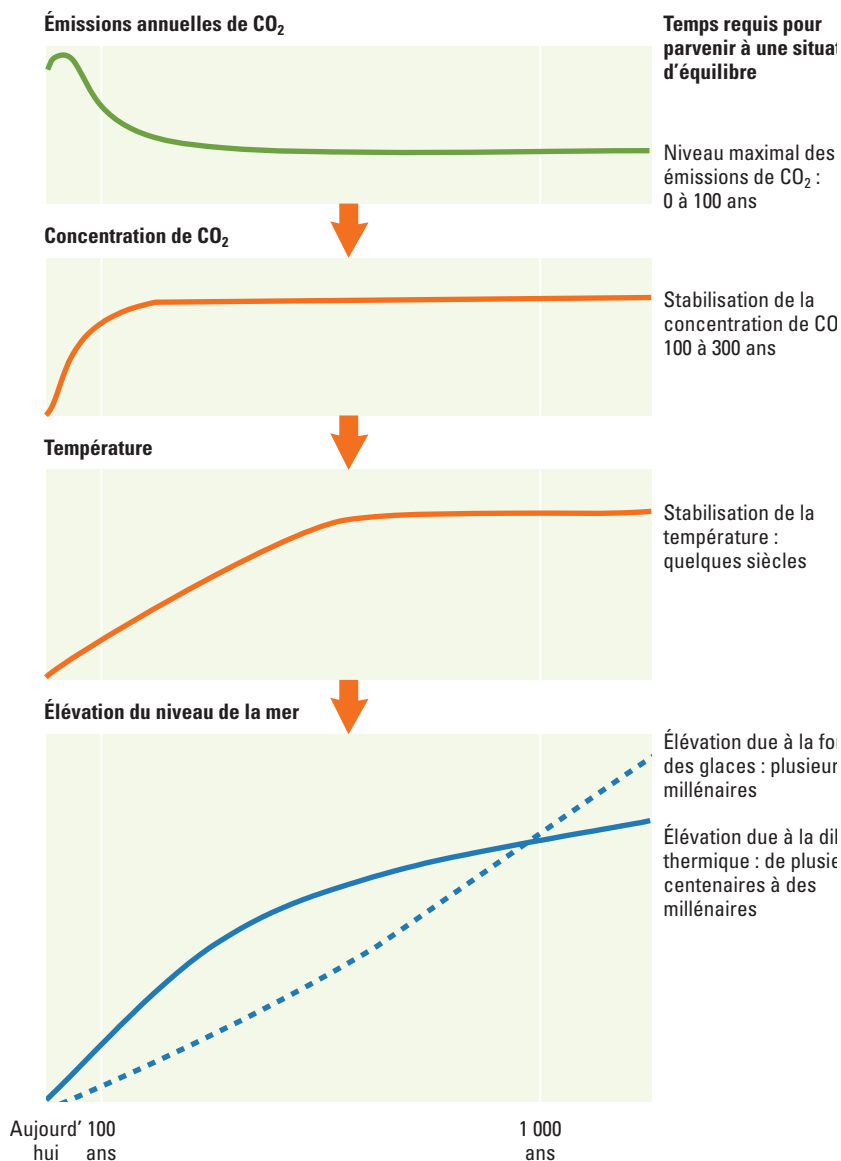
dans des biens d'équipement associés (des voitures dans le cas des villes à faible densité ; des centrales de cogénération au gaz à proximité de gazoducs) qui verrouillent les économies dans des styles de vie et des modes de consommation énergétique déterminés.

L'inertie associée au capital physique n'a rien de comparable à celle du système climatique et a probablement plus un effet sur le coût qu'un impact sur la faisabilité de la réalisation d'un objectif d'émissions particulier ; elle est néanmoins importante. Les opportunités de passer d'un parc d'équipements à forte intensité de carbone à un parc sobre en carbone ne se répartissent pas uniformément dans le temps.⁴⁰ La Chine devrait doubler son parc immobilier entre 2000 et 2015. Quant aux projets de construction de centrales au charbon dans le monde entier pour les 25 prochaines années, ils sont tellement nombreux que les émissions de CO₂ que ces centrales pourraient produire durant leur durée de vie utile seraient équivalentes à celles qu'ont générées toutes les activités donnant lieu à la combustion de charbon depuis le début de l'ère industrielle.⁴¹ Certaines seulement des centrales actuellement en construction pourraient être adaptées de manière à pouvoir piéger et stocker le carbone (à condition que la technologie requise soit commercialisée : voir les chapitres 4 et 7). Il serait extrêmement coûteux de fermer ces centrales avant la fin de leur vie utile — si l'évolution du climat rendait une telle mesure impérative.

L'effet d'inertie touche également la recherche et développement (R-D) et freine le déploiement des nouvelles technologies. L'expérience montre qu'il faut une cinquantaine d'années pour que les nouvelles sources d'énergie atteignent la moitié de leur potentiel.⁴² Il faut donc procéder dès maintenant à d'importants investissements dans la R-D pour être sûr que de nouvelles technologies seront disponibles dans un avenir proche et qu'elles seront rapidement disponibles sur le marché. Pour cela il pourrait être nécessaire d'investir 100 à 700 milliards de dollars de plus par an.⁴³ Il importe aussi d'innover dans le domaine des transports, de la construction, de la gestion de l'eau, de l'aménagement urbain et dans de nombreux autres secteurs qui ont un impact sur le changement climatique mais qui en subissent aussi les effets, de sorte que l'innovation revêt une importance cruciale également pour l'adaptation.

L'inertie caractérise également le comportement des individus et celui des organisations. Même si le public est davantage préoccupé qu'auparavant par le changement climatique, les comportements ne changent guère. Des technologies à haut rendement énergétique, dont le coût serait rapidement amorti, sont disponibles mais elles ne sont pas employées. Le financement de la R-D dans les énergies renouvelables est insuffisant. Les agriculteurs sont incités à irriguer leurs cultures de manière excessive, ce qui a un impact sur la

Figure 6 Les impacts climatiques sont de longue durée : hausses des températures et du niveau de la mer associées à de plus fortes concentrations de CO₂



Source : Équipe du Rapport sur le développement dans le monde, sur la base de GIEC 2001.

Note : Schémas simplifiés ; les ordres de grandeur indiqués dans chaque schéma ne le sont qu'à titre d'illustration.

consommation d'énergie puisque cette dernière est essentielle à la fourniture et au traitement de l'eau. On continue de construire dans des zones à risques, et l'infrastructure est toujours conçue en fonction du climat d'époques révolues.⁴⁴ Il est long et difficile de modifier les comportements ou les objectifs et les normes des organisations, mais l'expérience montre que cela est faisable (chapitre 8).

Agir ensemble : à des fins d'équité et d'efficacité

Il est nécessaire de mener une action collective pour lutter efficacement contre le changement

climatique et réduire les coûts des mesures d'atténuation.⁴⁵ Il est également essentiel de faciliter le processus d'adaptation, notamment en gérant mieux les risques et en améliorant les filets de protection destinés aux plus vulnérables.

Pour contenir les coûts et les répartir de manière équitable. La faisabilité financière des mesures d'atténuation dépend de l'efficacité de ces dernières par rapport à leur coût. Lorsqu'ils estiment les coûts des plans d'atténuation examinés précédemment, les concepteurs des modèles partent de l'hypothèse que les réductions des émissions de gaz à effet de serre se concrétisent où que ce soit et au moment où elles sont le moins onéreuses. En d'autres termes, des efforts sont déployés pour accroître les rendements énergétiques, utiliser l'énergie de manière plus rationnelle et adopter toute autre option peu coûteuse pour atténuer le changement climatique où que ce soit, c'est-à-dire dans quelque pays ou secteur où une opportunité se présente. Et les investissements dans de nouveaux équipements et matériels, dans des infrastructures ou encore dans de nouveaux projets agricoles et forestiers sont programmés au moment où ils permettent de réduire le plus possible les coûts et ils évitent aux pays de se retrouver prisonniers de processus économiques à forte intensité de carbone qu'il serait coûteux de modifier à une date ultérieure. En pratique, les assouplissements qui seront nécessairement apportés à la règle « où que ce soit et au moment où », en particulier en l'absence d'une tarification mondiale du carbone, auront pour effet d'accroître considérablement le coût des mesures d'atténuation.

Il s'ensuit qu'une collaboration mondiale à l'effort d'atténuation procure des gains considérables ; les experts sont unanimes sur ce point. Lorsqu'un pays ou un groupe de pays s'abstient de prendre des mesures d'atténuation, d'autres doivent recourir à des options d'atténuation plus onéreuses pour pouvoir atteindre un objectif mondial donné. Par exemple, selon une estimation, la non-participation des États-Unis, d'où émanent 20 % des émissions mondiales, au Protocole de Kyoto a pour effet d'accroître le coût de la réalisation de l'objectif initial d'environ 60 %.⁴⁶

Pour des raisons aussi bien d'équité que d'efficacité, il importe de concevoir des instruments financiers qui dissocient les sources de financement des mesures d'atténuation du lieu d'application de ces mesures. Sinon, le potentiel d'atténuation considérable qu'offrent les pays en développement (65 à 70 % des réductions d'émissions représentant un surcroît d'investissement à l'échelle mondiale de 45 à 70 % à l'horizon 2030)⁴⁷ ne sera pas pleinement exploité, et le coût de la réalisation d'un objectif, quel qu'il soit, sera beaucoup plus élevé. Dans le cas extrême où, faute de financements, l'adoption de toute mesure d'atténuation dans les pays en développement serait repoussée à 2020, le coût de la stabilisation du réchauffement climatique aux alentours de 2°C pourrait plus que doubler.⁴⁸

Sachant que, selon les estimations, le montant cumulé des investissements d'atténuation devrait être compris entre 4 et 25 milliers de milliards de dollars⁴⁹ au cours du siècle à venir, les pertes associées à un tel retard sont d'une ampleur telle que le financement d'une action précoce dans les pays en développement par les pays à revenu élevé déterminés à limiter un changement climatique dangereux présente des avantages économiques manifestes.⁵⁰ De manière plus générale, le coût total des efforts d'atténuation pourrait être grandement réduit par le recours aux mécanismes du marché du carbone, à des transferts financiers et à des signaux-prix performants qui permettent d'obtenir des résultats proches de ceux qui résulteraient de la concrétisation du principe « où que ce soit et au moment où ».

Pour mieux gérer les risques et protéger les plus pauvres : beaucoup d'endroits sont exposés à des risques qui se concrétisaient autrefois rarement mais qui prennent maintenant de l'ampleur, comme les inondations en Afrique et le cyclone qui a frappé le Brésil en 2004,⁵¹ le premier jamais observé dans l'Atlantique Sud. Il devient plus important de réduire le risque de catastrophes induites par le climat — notamment grâce à des systèmes d'alerte avancée dans les communautés, au suivi du climat, à la mise en place d'infrastructures plus sûres et au renforcement et à l'application des codes de zonage et de construction. Des innovations financières et institutionnelles peuvent également limiter les risques que courent les êtres humains en ce qui concerne leur santé et leurs moyens de subsistance. Il faut, pour cela, que des mesures soient prises au niveau national — mais les mesures que pourront adopter les pays auront bien plus de poids si elles sont appuyées par des financements internationaux et le partage des meilleures pratiques.

Néanmoins, comme le montre le chapitre 2, les mesures de réduction des risques ne permettront jamais d'éliminer totalement ces derniers ; il restera toujours un risque résiduel qu'il faudra aussi gérer par le biais de mécanismes améliorés de préparation et de riposte. Il pourrait donc falloir poursuivre le développement de manière différente, en accordant une place bien plus grande à la dimension climatique et aux risques liés aux phénomènes météorologiques. La coopération internationale, par exemple sous forme d'un effort concerté pour améliorer la production et la diffusion généralisée d'informations climatiques (chapitre 7) et d'échanges des meilleures pratiques pour faire face à un climat changeant et plus variable,⁵² peut largement y contribuer.

L'assurance est une autre option qui peut être retenue pour gérer le risque résiduel, mais elle est loin d'être une panacée. Le risque climatique suit une trajectoire à la hausse et se manifeste en général au niveau de régions toutes entières ou de vastes groupes de population de sorte qu'il est difficile de s'assurer contre lui. De surcroît, même

lorsqu'une assurance a été contractée, les pertes associées à une catastrophe (de vastes inondations ou une profonde sécheresse) ne peuvent pas être pleinement absorbées par les individus, les communautés et le secteur privé. Confronté à un climat plus volatile, l'État jouera de plus en plus le rôle d'assureur de dernier recours, et assumera de manière implicite la responsabilité du financement des efforts de redressement et de reconstruction menés après une catastrophe. Les pays devront donc préserver leurs propres liquidités en temps de crise, en particulier les plus pauvres ou les plus petits qui sont financièrement vulnérables aux impacts du changement climatique : le cyclone Ivan a causé à la Grenade des dégâts dont le montant a atteint 200 % de son PIB.⁵³ La disponibilité immédiate de fonds pour lancer le processus de réhabilitation et de reprise permet de limiter le dérapage du développement dû aux catastrophes.

Les mécanismes d'assurance plurinationaux et de réassurance présentent de l'intérêt. Le Mécanisme d'assurance contre les risques de catastrophes dans les Caraïbes répartit les risques entre les 16 pays des Caraïbes, en mobilisant des ressources sur le marché de la réassurance pour pouvoir fournir rapidement des liquidités au gouvernement des pays touchés par des cyclones et des tremblements de terre destructeurs.⁵⁴ De tels mécanismes peuvent avoir besoin d'un appui de la communauté internationale. De manière plus générale, les pays à revenu élevé ont un rôle crucial à jouer en veillant à ce que les pays en développement aient accès en temps voulu aux ressources nécessaires lorsqu'un choc se produit, que ce soit en soutenant ces mécanismes ou en finançant directement des interventions d'urgence.

L'assurance et les financements au titre d'interventions d'urgence ne sont toutefois que des éléments d'un cadre de gestion des risques de plus vaste portée. Les politiques sociales devront contribuer dans une mesure plus importante à aider les populations à faire face à des menaces plus fréquentes et persistantes qui compromettent leurs moyens de subsistance. Ces politiques réduisent la vulnérabilité économique et sociale et permettent de mieux résister au changement climatique. Une population en bonne santé, instruite, jouissant d'une protection sociale, peut mieux faire face à des chocs et à des changements climatiques. Il importera donc de renforcer de telles politiques sociales là où elles ont déjà été mises en œuvre, de les développer là où elles sont inexistantes et de les concevoir de manière à ce que leur couverture puisse rapidement être étendue après un choc.⁵⁵ Il est absolument essentiel de mettre en place des filets de protection sociale dans les pays qui n'en sont pas encore dotés ; cela est possible même dans les pays très pauvres comme en témoigne le cas du Bangladesh (encadré 4). Les organismes de développement pourraient aider à étendre l'application des modèles de filets de protection

ENCADRÉ 4 *Les filets de protection : de la garantie de ressources à la réduction de la vulnérabilité au changement climatique*

Le Bangladesh subit de longue date les assauts de cyclones et les ravages d'inondations qui pourraient, toutefois, devenir encore plus fréquents et plus intenses. Les filets de protection déjà mis en place par l'État peuvent être relativement facilement adaptés pour faire face aux effets du changement climatique. Les meilleurs exemples en sont le programme d'alimentation des groupes vulnérables, le programme « aliments contre travail », et le nouveau programme de garantie d'emploi.

Le programme d'alimentation des groupes vulnérables est opérationnel toute l'année et couvre généralement plus de 2 millions de ménages. Il est toutefois conçu de manière à pouvoir être déployé à une plus grande échelle en cas de crise : après le cyclone de 2008, ses activités ont été renforcées de manière à couvrir près de 10 millions de ménages. Le ciblage des ménages, assuré aux échelons inférieurs des administrations publiques et suivi au niveau administratif le plus bas est considéré assez satisfaisant.

Le programme « aliments contre travail », qui est généralement opérationnel durant la basse saison agricole, est organisé sur une plus grande échelle durant les situations d'urgence. Il est également poursuivi en collaboration avec les administrations locales, mais sa gestion est sous-traitée à des organisations non-gouvernementales dans de nombreuses parties du pays. Les personnes qui se présentent obtiennent généralement un travail mais, comme dans la plupart des cas il n'y a pas assez de possibilités d'emploi pour tout le monde, le travail est rationné et attribué à tour de rôle.

Le nouveau programme de garantie d'emploi procure à ceux qui n'ont pas d'autres sources de revenus (ni accès à d'autres filets de protection) un emploi rémunéré sur la base des salaires agricoles versés en basse saison, pour une durée maximale de 100 jours. Grâce à l'élément de garantie, tous ceux qui en ont besoin reçoivent une aide. S'il n'est pas possible de trouver du travail pour une personne, cette dernière a droit à recevoir 40 jours de plein salaire puis 60 jours de demi-salaire.

Certains enseignements se dégagent des programmes menés au Bangladesh, ainsi que d'autres poursuivis notamment en Inde. Pour assurer une riposte rapide, il est nécessaire d'avoir promptement accès à des financements, et d'avoir établi des règles de ciblage permettant d'identifier les personnes dans le besoin — les individus chroniquement défavorisés où ceux qui ont des difficultés temporaires — ainsi que des procédures bien avant que se produise un choc. Un portefeuille de projets « prêts à démarrer », qui présentent un intérêt particulier parce qu'ils accroissent la capacité de résistance (stockage d'eau, systèmes d'irrigation, reboisement et construction de remblais pouvant également servir de route dans les zones à très basse altitude) peut être pré-identifié. On a aussi pu constater en Inde et au Bangladesh qu'il est nécessaire d'avoir l'appui de spécialistes (ingénieurs) pour sélectionner, concevoir et exécuter les travaux publics et pour guider l'achat des matériels et fournitures.

Source : Soumis par Qaiser Khan.

donnant de bons résultats et les adapter aux besoins créés par le changement climatique.

Pour assurer à tous les pays une alimentation et un approvisionnement en eau adéquats. Il est essentiel de mener une action internationale pour gérer les défis de la sécurité alimentaire et de l'approvisionnement en eau engendrés par le changement climatique et les pressions démographiques, défis qui se poseront même si la productivité agricole augmente et si l'eau est utilisée de manière plus rationnelle. Un cinquième des ressources renouvelables d'eau douce sont partagées par plusieurs pays.⁵⁶ Il s'agit notamment de 261 bassins fluviaux transfrontières, où vivent 40 % de la population mondiale, qui sont régis par plus de 150 traités internationaux auxquels tous les États riverains ne sont pas toujours partie.⁵⁷ Pour pouvoir gérer ces ressources de manière plus intensive, les pays concernés devront considérablement renforcer leurs efforts de coopération en négociant de nouveaux traités internationaux ou en modifiant les traités existants

sur les eaux internationales. Le système d'allocation de l'eau devra être remanié en raison de la plus grande variabilité des volumes disponibles, mais une réelle coopération ne sera possible que si tous les États riverains participent à la gestion des cours d'eau et en assumant la responsabilité.

De la même manière, l'aridité croissante observée dans des pays qui importent déjà une grande partie de leurs aliments, conjuguée à des phénomènes extrêmes plus fréquents, à la progression des niveaux de revenus et à la croissance démographique, accroîtra encore les besoins d'importations alimentaires.⁵⁸ Les marchés alimentaires mondiaux sont toutefois étroits : relativement peu de pays exportent ces produits.⁵⁹ De faibles fluctuations de l'offre et de la demande peuvent par conséquent avoir des effets importants sur les prix. Les pays de petite taille, qui n'ont guère d'impact sur les marchés, peuvent avoir des difficultés à s'assurer un approvisionnement alimentaire fiable.

Pour assurer à tous un approvisionnement en eau et une nutrition adéquats, il faudra que le monde puisse compter sur un meilleur système de commerce, moins sujet à d'amples fluctuations des prix. Faciliter l'accès des pays en développement aux marchés en abaissant les barrières commerciales, en assurant des transports à l'épreuve des intempéries (par exemple en accroissant l'accès à des routes praticables en toutes saisons), en améliorant les méthodes de passation des marchés et en fournissant de meilleures informations sur les indices climatiques et boursiers, peut contribuer à accroître l'efficacité du commerce alimentaire et à prévenir d'importantes fluctuations des prix. Il est aussi possible d'éviter des flambées des

prix en investissant dans des réserves stratégiques de céréales et autres denrées alimentaires essentielles et en utilisant des instruments de couverture des risques.⁶⁰

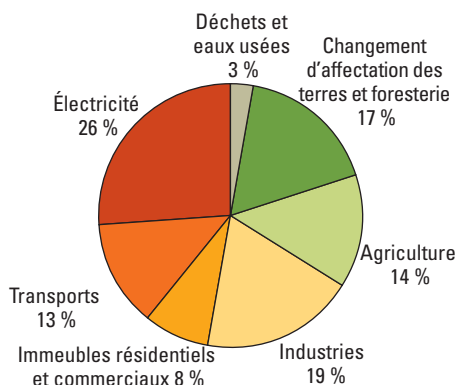
Agir différemment : pour transformer les systèmes énergétiques, de production alimentaire et de prise de décisions

Pour obtenir les réductions d'émissions nécessaires, il faudra transformer à la fois notre système énergétique et notre mode de gestion de l'agriculture, d'affectation des terres et des forêts (figure 7). Ces transformations doivent toutefois incorporer les adaptations nécessaires à un climat qui se modifie. Qu'elles concernent les cultures qu'il importe de planter ou la puissance hydroélectrique qu'il convient d'installer, les décisions de gestion et d'investissement doivent prendre en compte l'évolution des conditions hydrologiques et des températures : il faut que les décisions soient, non pas optimales sur la base du climat des années révolues, mais robustes, c'est-à-dire valables pour un large éventail de situations climatiques qui pourraient se concrétiser à l'avenir.

Pour déclencher une véritable révolution énergétique. À supposer que les financements nécessaires soient disponibles, est-il possible de réduire les émissions dans une mesure et avec une rapidité suffisantes sans sacrifier la croissance ? La plupart des modèles indiquent que cela est possible, mais aucun d'entre eux ne propose de solution facile pour y parvenir (chapitre 4). Un rendement énergétique considérablement plus élevé, une gestion très améliorée de la demande d'énergie et le déploiement sur une grande échelle des techniques de production d'électricité existantes qui émettent peu de CO₂ pourraient générer la moitié des réductions d'émissions nécessaires pour placer le monde sur une trajectoire permettant de stabiliser le réchauffement climatique à environ 2°C (figure 8). Un grand nombre des mesures proposées présentent d'importants avantages connexes mais elles se heurtent à des obstacles institutionnels et financiers qui se sont révélés difficiles à surmonter.

Des technologies et des pratiques déjà connues peuvent donc nous faire gagner du temps — sous réserve qu'il soit possible de les appliquer à plus grande échelle. Pour cela, il est absolument essentiel que les prix de l'énergie soient fixés à des niveaux appropriés. Il est difficile, sur le plan politique, d'éliminer les subventions et d'accroître les taxes sur les combustibles, mais ces mesures sont très opportunes si l'on considère les récentes flambées et chutes des prix du pétrole et du gaz. À l'évidence, les pays européens ont tiré profit de la crise pétrolière de 1974 pour alourdir les taxes sur les carburants. La demande de carburant est donc, dans ces pays, moitié moindre de ce qu'elle aurait probablement été avec des prix similaires à ceux enregistrés aux États-Unis.⁶¹ L'électricité est

Figure 7 Émissions mondiales de CO₂e par secteur : les grandes sources d'émissions sont l'énergie mais aussi l'agriculture et la foresterie



Source : GIEC 2007a, figure 2.1.

Note : Pourcentage des émissions anthropiques (dues à l'activité humaine) de gaz à effet de serre en 2004, exprimées en CO₂e (défini à la figure 1). Les émissions associées à l'utilisation des terres et au changement d'affectation des terres, par exemple l'emploi d'engrais agricoles, le bétail, le déboisement et les brûlis, représentent environ 30 % du total des émissions de gaz à effet de serre. La fixation du carbone par les arbres, d'autres types de végétation et dans le sol constitue un important puits de carbone, de sorte que la gestion de l'utilisation des terres est un élément essentiel des efforts visant à réduire les gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

aussi deux fois plus chère, et sa consommation par habitant deux fois moins élevée en Europe qu'aux États-Unis.⁶² Le niveau des prix contribue à expliquer les raisons pour laquelle les émissions par habitant en Europe (10 tonnes de CO₂e) sont inférieures de plus de moitié à celles affichées par les États-Unis (23 tonnes).⁶³ Selon les estimations, les subventions énergétiques dans les pays en développement se sont chiffrées, globalement, à 310 milliards de dollars en 2007,⁶⁴ et profitent de manière disproportionnée aux populations ayant des revenus élevés. Rationaliser les subventions énergétiques en les ciblant sur les groupes de population pauvres et encourager l'utilisation de sources d'énergie et de transports durables pourraient contribuer à réduire les émissions de CO₂ à l'échelle mondiale et procurer un vaste éventail d'autres avantages.

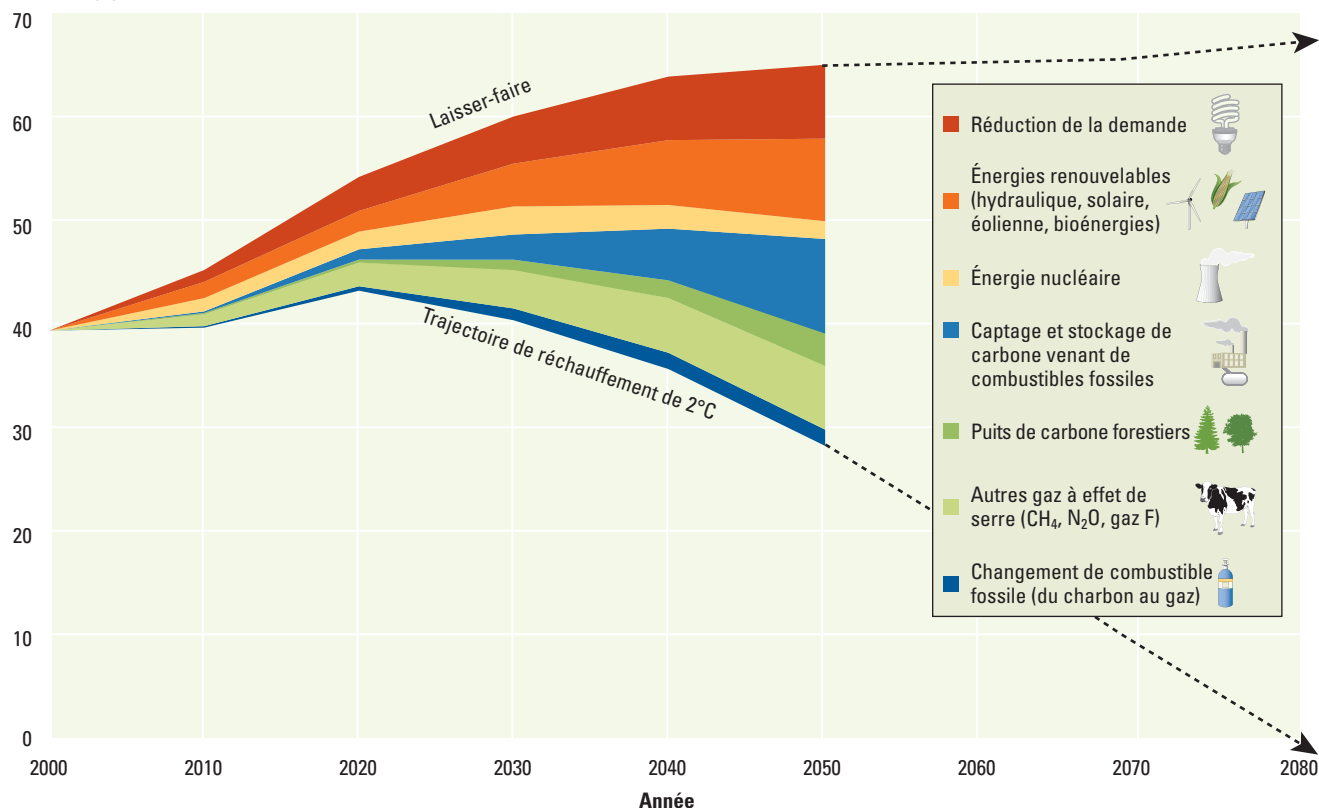
Les signaux-prix ne sont toutefois qu'un seul des outils disponibles pour promouvoir le programme d'amélioration des rendements énergétiques, qui souffre des défaillances du marché, de coûts de transaction élevés et de contraintes financières. Il faut également établir des normes, procéder à des réformes réglementaires et offrir des incitations financières, autant de mesures qui ont un bon

rapport coût-efficacité. Les normes de rendement énergétique et les programmes d'étiquette énergie coûtent environ 1,5 centime de dollars le kilowattheure, bien moins que toute option d'alimentation en électricité,⁶⁵ tandis que les objectifs de performance énergétique stimulent l'innovation et accroissent la compétitivité.⁶⁶ Les compagnies de distribution d'énergie ont, par ailleurs, des circuits qui se prêtent à une rationalisation efficace de la consommation d'énergie dans les logements, les bâtiments commerciaux et les entreprises ; il importe donc d'offrir à ces compagnies des incitations à réaliser des économies d'énergie. Ceci peut être réalisé en découplant les bénéfices qu'elles peuvent réaliser du montant brut de leurs ventes pour les rendre fonction des bons résultats qu'elles peuvent obtenir dans le domaine de la conservation d'énergie. Le remarquable programme de conservation d'énergie en Californie est le fruit de cette approche, dont l'adoption est devenue l'une des conditions nécessaires que doit remplir tout État des États-Unis souhaitant obtenir des subventions fédérales pour le rendement énergétique dans le cadre du programme de relance budgétaire de 2009.

Dans le cas des énergies renouvelables, les investisseurs seront attirés par des contrats

Figure 8 Il faudra toute la panoplie des mesures et des technologies de pointe existantes, et non pas une arme magique, pour placer le monde sur une trajectoire de réchauffement de 2°C

CO₂e (en gigatonnes)



Source : Équipe du Rapport sur le développement dans le monde, sur la base de données IIASA 2009.

d'achat d'électricité à long terme dans un cadre réglementaire qui assure aux producteurs d'électricité indépendants un accès équitable et libre aux réseaux. Pour atteindre cet objectif, il est possible d'imposer un système d'achat obligatoire d'énergie renouvelable à prix fixe (dit tarif de distribution) comme en Allemagne et en Espagne, ou de fixer des normes de portefeuilles d'énergies renouvelables exigeant qu'un certain pourcentage de l'électricité provienne de sources renouvelables, comme dans de nombreux États des États-Unis.⁶⁷ Il est important de noter que l'augmentation prévisible de la demande réduira probablement les coûts des sources d'énergies renouvelables, ce qui sera profitable à tous les pays. En fait, on a pu constater que la demande escomptée peut contribuer dans une mesure encore plus importante que l'innovation technologique à faire baisser les prix (figure 9).

Il sera toutefois indispensable de recourir à de nouvelles technologies : tous les modèles énergétiques examinés aux fins du présent Rapport aboutissent à la conclusion qu'il sera impossible de maintenir le réchauffement à 2°C uniquement en utilisant l'énergie de manière rationnelle et en diffusant les technologies existantes. Il sera aussi essentiel de pouvoir faire appel à des technologies nouvelles ou émergentes, telles que le piégeage et le stockage du carbone, les biocombustibles de la deuxième génération et le solaire photovoltaïque.

Très peu de nouvelles technologies nécessaires sont déjà prêtes à l'emploi. Les projets de piégeage et de stockage de carbone entrepris à des fins de démonstration ne permettent actuellement de stocker qu'environ 4 millions de tonnes de CO₂ par an.⁶⁸ Pour pleinement établir la viabilité de cette technologie dans différentes régions et conditions, il faudra une trentaine d'installations de grande envergure qui coûteront au total entre 75 et 100 milliards de dollars.⁶⁹ Or, il faudra disposer d'une capacité de stockage d'un milliard de tonnes de CO₂

par an d'ici 2020 pour maintenir le réchauffement climatique dans une limite de 2°C.

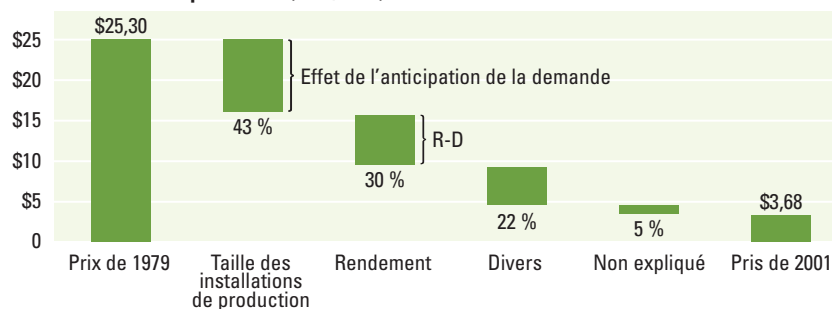
Il importe également d'investir dans la recherche sur les biocombustibles. Pour accroître la production des biocombustibles de la génération actuelle, il faudrait mettre en culture de grandes superficies actuellement couvertes de forêts naturelles et de prairies et faire concurrence à la production de denrées alimentaires.⁷⁰ Les biocombustibles de la deuxième génération, qui sont dérivés de cultures autres qu'alimentaires, peuvent faire une concurrence moindre à l'agriculture parce que les cultures en question peuvent se faire sur des terres plus marginales. Elles pourraient toutefois entraîner une réduction des superficies de pâturage et des écosystèmes de prairie et intensifier la concurrence pour les ressources en eau.⁷¹

Pour pouvoir réaliser des avancées décisives dans le domaine des technologies intelligentes sur le plan climatique, il faudra consacrer des ressources bien plus considérables à la recherche, au développement, à la démonstration et au déploiement. Comme indiqué précédemment, le montant total des financements publics et privés de la RD-D dans le domaine de l'énergie est peu élevé, que ce soit par rapport aux besoins estimés ou par rapport aux investissements d'industries innovantes.⁷² La modicité des dépenses freine le rythme des progrès, et seulement 0,4 % de tous les brevets concernent des énergies renouvelables.⁷³ Il faudra en outre que les pays en développement aient accès à ces technologies, ce qui exigera un accroissement des capacités nationales pouvant identifier et adapter les nouvelles technologies et le renforcement des mécanismes internationaux de transferts de technologie (chapitre 7).

Pour transformer la gestion des sols et de l'eau et gérer des impératifs concurrents. En 2050, le monde devra nourrir 3 milliards de personnes de plus et faire face à l'évolution de la demande de produits alimentaires d'une population plus riche (les personnes qui ont des revenus plus élevés consomment davantage de viande, qui est une source de protéines à forte intensité de ressources). Ce but devra être atteint dans un climat plus rude caractérisé par un plus grand nombre de tempêtes, de périodes de sécheresse et d'inondations. Il faudra de surcroît intégrer l'agriculture dans le programme des mesures d'atténuation parce que la moitié des superficies déboisées chaque année le sont à des fins agricoles et parce que l'agriculture contribue directement pour 14 % aux émissions mondiales. Par ailleurs, les écosystèmes, déjà affaiblis par la pollution, les pressions démographiques et la surexploitation, sont aussi menacés par le changement climatique. Produire plus en protégeant mieux l'environnement dans un climat plus difficile tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre n'est pas un programme facile à réaliser. Il faudra, pour le poursuivre, gérer des

Figure 9 L'anticipation d'une forte demande a fait baisser les coûts du photovoltaïque solaire en encourageant une production à plus grande échelle

Réduction des coûts par facteur (USD/watt)



Source : Basé sur Nemet 2006.

Note : Les colonnes indiquent le pourcentage de la réduction du coût de l'électricité photovoltaïque solaire entre 1979 et 2001, en imputant la part de la réduction imputable à différents facteurs tels que la taille des installations de production (qui est déterminée par la demande escomptée) et l'amélioration des rendements (qui résulte des innovations générées par la R-D). La catégorie « Divers » recouvre les réductions du prix du silicium, qui est le principal intrant (12 %), et un certain de facteurs beaucoup moins importants (notamment la réduction des quantités de silicium nécessaires pour obtenir une certaine quantité d'énergie, et la baisse des taux de rejet des produits par suite d'erreurs de fabrication).

impératifs concurrents pour l'utilisation des sols et des ressources en eau par l'agriculture, les forêts et d'autres écosystèmes, les villes et l'énergie.

L'agriculture devra donc devenir plus productive, accroître son rendement à la goutte d'eau et à l'hectare — sans toutefois gonfler les coûts environnementaux actuellement associés à l'agriculture intensive. L'humanité devra également déployer des efforts accrus pour protéger les écosystèmes. Pour éviter la mise en culture de plus vastes superficies et ne pas empiéter sur des terres et des forêts « non exploitées », il faudra que la productivité agricole augmente à hauteur de peut-être 1,8 % par an, contre 1 % par an seulement en l'absence de changement climatique.⁷⁴ L'essentiel de cet accroissement devra se matérialiser dans les pays en développement car les rendements sont déjà proches du maximum réalisable dans les pays à revenus élevés. De nouvelles technologies et pratiques arrivent heureusement sur le marché (encadré 5). Certaines améliorent la productivité et la résistance en piégeant le carbone dans le sol et en réduisant les écoulements des nutriments qui sont nuisibles aux écosystèmes aquatiques. Il faudra toutefois poursuivre les recherches pour comprendre comment déployer ces technologies et ces pratiques à plus grande échelle.

Il importera de mieux concilier les efforts accrus déployés pour assurer la conservation des espèces et des écosystèmes avec les activités de production alimentaire (agricole ou piscicole). Il est impossible de gérer la biodiversité uniquement

en constituant des zones protégées — celles-ci couvrent déjà 12 % des terres de la planète mais seulement une proportion minime des océans et du réseau hydrographique d'eau douce — car il est probable que les aires de distribution des espèces se déplacent en dehors des limites de ces zones. En revanche, des paysages écoagricoles, caractérisés par la création de mosaïques d'espaces cultivés et d'habitats naturels, pourrait faciliter la migration des espèces. Tout en profitant à la biodiversité, les pratiques écoagricoles accroissent la résistance des cultures au changement climatique et améliorent la productivité et les revenus agricoles. En Amérique centrale, les dégâts infligés par le cyclone Mitch⁷⁵ aux exploitations agricoles ont été moitié moindres dans le cas de celles qui appliquaient ces méthodes.

Il est essentiel d'améliorer la gestion des ressources en eau pour adapter l'agriculture au changement climatique. Les bassins fluviaux n'auront plus les mêmes réservoirs naturels d'eau qu'étaient la glace et la neige et subiront une baisse de l'alimentation des nappes souterraines, alors même que la hausse des températures aura pour effet d'accroître l'évaporation. Il est possible d'utiliser l'eau de manière plus efficace en ayant recours conjointement à des technologies nouvelles et existantes, en améliorant l'information et en adoptant des pratiques plus rationnelles. Cela est faisable même dans les pays pauvres et au niveau des petits agriculteurs : en Andhra Pradesh (Inde), un système simple, qui permet aux agriculteurs de suivre le niveau des eaux de pluies et des eaux

ENCADRÉ 5 Des approches prometteuses qui sont bonnes pour les agriculteurs et bonnes pour l'environnement

Des pratiques prometteuses

Des pratiques culturelles comme la culture sans travail du sol (c'est-à-dire par injection directe des semences dans le sol et non par ensemencement d'un champ labouré), conjuguées à la gestion des résidus et à un recours adéquat aux engrais, peuvent contribuer à préserver l'humidité des sols, maximiser l'infiltration d'eau, accroître le stockage de carbone, réduire au minimum les écoulements de nutriments et accroître les rendements. La culture sans travail du sol, qui est maintenant pratiquée sur environ 2 % de la totalité des superficies arables à l'échelle mondiale, devrait se répandre. Elle a été principalement adoptée dans les pays à revenu élevé, et elle se développe rapidement dans des pays comme l'Inde. En 2005, les agriculteurs pratiquant la culture de riz-blé dans la plaine Indo-Gangétique ont utilisé la technique de culture sans travail du sol sur 1,6 million d'hectares ; en 2008, dans deux États indiens (Haryana et Punjab), 20 à 25 % du blé était cultivé par une méthode de travail réduit du sol. Enfin, au Brésil, ces pratiques sont utilisées sur près de 45 % des terres arables.

Des technologies prometteuses

Les techniques utilisées dans le cadre d'une agriculture de précision dans le but d'utiliser, de manière ciblée et au moment

optimal, les quantités les plus faibles possibles d'eau et d'engrais pourraient aider les exploitations pratiquant une agriculture intensive à forts niveaux d'intrants dans les pays à revenu élevé, en Asie et en Amérique latine, à réduire les émissions et l'appauvrissement des sols en éléments nutritifs et à accroître l'efficacité de l'utilisation de l'eau. De nouvelles technologies limitent les émissions d'azote gazeux ; c'est le cas, notamment des technologies de libération lente d'azote grâce au placement en profondeur de supergranulés d'engrais ou de l'ajout d'inhibiteurs biologiques aux engrais. Le recours à des technologies de télédétection pour communiquer des informations précises sur l'humidité des sols et les besoins d'irrigation peut éviter une utilisation d'eau inutile. Certaines de ces technologies resteront sans doute trop onéreuses pour la plupart des agriculteurs des pays en développement (et nécessiteront peut-être l'instauration de mécanismes de paiement pour la conservation du carbone dans les sols ou la modification des tarifs de l'eau). D'autres, en revanche, comme l'emploi d'inhibiteurs biologiques, n'impliquent aucun travail supplémentaire et améliorent la productivité.

Les leçons du passé

Une autre méthode, basée sur une technologie utilisée par les populations autochtones de la forêt ombrophile amazonienne, pourrait permettre de piéger du carbone sur une très grande échelle tout en améliorant la productivité des sols. Le biochar est obtenu par la combustion de résidus agricoles humides ou de déchets animaux (biomasse) à faible température en l'absence pratiquement totale d'oxygène ; le produit de cette combustion est un solide assimilable à du charbon de bois ayant une très forte teneur en carbone. Il est très stable dans le sol, et piège le carbone qui, sinon, serait rejeté dans le cadre d'une simple combustion de la biomasse ou de sa décomposition. À l'échelle industrielle, le processus transforme la moitié du carbone en biocombustible et l'autre moitié en biochar. Selon de récentes analyses, il semblerait que le biochar puisse stocker le carbone pendant plusieurs siècles, voire même des millénaires ; de nouvelles études ont été entreprises pour vérifier cette propriété.

Sources : de la Torre, Fajnzylber et Nash 2008 ; Derpsch et Friedrich 2009 ; Erenstein 2009 ; Erenstein et Laxmi 2008 ; Lehmann 2007 ; Wardle, Nilsson et Zackrisson 2008.

souterraines et d'apprendre de nouvelles méthodes culturelles et techniques d'irrigation, a amené un million d'agriculteurs à ramener de leur propre gré leur consommation d'eau souterraine à des niveaux viables.⁷⁸

Les barrages comptent parmi les moyens employés pour accroître les ressources en eau ; ils ne peuvent toutefois être qu'un élément de solution et devront être conçus compte tenu de la variabilité accrue du niveau des pluies. D'autres méthodes, telles que le recyclage ou le dessalement de l'eau, peuvent être intéressantes, malgré leur coût, pour l'eau affectée à des usages à forte valeur ajoutée dans les zones côtières, surtout lorsque les installations sont alimentées au moyen d'énergies renouvelables (chapitre 3).

Il peut toutefois être difficile de modifier les pratiques et les technologies, en particulier dans des zones pauvres, rurales et isolées où, pour instaurer de nouvelles pratiques, il faut travailler avec un grand nombre d'intervenants qui ne veulent surtout pas prendre de risques, qui vivent dans des régions peu fréquentées et qui sont confrontés à des incitations et à des obstacles différents. Les organismes de vulgarisation ne disposent généralement que de ressources limitées pour appuyer les agriculteurs et ils emploient des ingénieurs et des agronomes plutôt que des spécialistes de la communication. Pour tirer parti des technologies émergentes, il sera nécessaire de donner aussi aux communautés rurales une instruction technique plus poussée.

Pour transformer les processus de prise de décision : formuler des politiques plus flexibles face à un environnement plus complexe et plus risqué. Le changement climatique a essentiellement enterré l'idée que les systèmes naturels sont stationnaires, c'est-à-dire qu'ils fluctuent à l'intérieur d'enveloppes de variabilité immuables ; or c'est sur cette base que les infrastructures ont été conçues et planifiées, que les tarifs des assurances ont été établis et que de nombreuses décisions privées — qui vont des dates des plantations et des récoltes au choix des sites des usines et à la conception des bâtiments — ont été prises.⁷⁷ Les décideurs doivent maintenant prendre en compte le fait que le changement climatique aggrave encore les incertitudes auxquelles ils sont déjà confrontés. Davantage de décisions devront être prises dans un contexte caractérisé par des changements d'orientation et une variabilité accrue, sans mentionner l'imposition d'éventuelles normes d'émissions de carbone.

Les démarches mises au point et suivies par des organismes publics et privés, des villes et des pays du monde entier, de l'Australie au Royaume-Uni, montrent qu'il est possible d'accroître la résistance, même en l'absence de modèles coûteux et complexes de l'évolution future du climat.⁷⁸ À l'évidence, il est toujours souhaitable de pouvoir agir sur la base de meilleures projections et d'une

moindre incertitude, mais les nouvelles démarches mettent essentiellement l'accent sur des stratégies qui se sont « robustes » pour toute une gamme d'éventualités et ne sont pas simplement optimales pour une série d'hypothèses particulières (encadré 6).⁷⁹ Une stratégie robuste peut être aussi simple que le choix de variétés de semences qui donnent de bons résultats dans différentes conditions climatiques.

Les stratégies robustes donnent généralement lieu à la constitution de capacités de riposte souples, diversifiées et redondantes (chapitre 2). Elles privilégient les actions « sans regrets » (une consommation rationnelle d'eau et d'énergie, par exemple) qui procurent des avantages même sans changement climatique. Elles privilégient également des options réversibles et souples pour maintenir au niveau le plus bas possible le coût d'une décision malencontreuse (il est facile d'assouplir des servitudes d'utilité publique instituées dans les zones côtières tandis qu'il peut être difficile et coûteux de forcer des occupants à partir ou de renforcer les mesures de protection). Elles prévoient des marges de sécurité pour renforcer la résistance (en acceptant le coût marginal de la construction d'un pont plus élevé ou d'un pont capable de résister aux inondations, ou bien en étendant la couverture de filets de protection sociale à des groupes vulnérables). Elles s'appuient également sur une planification à long terme basée sur une analyse de scénarios et l'évaluation de stratégies dans le contexte d'une large gamme de conditions futures.⁸⁰ Il sera essentiel de concevoir et d'exécuter ces stratégies de manière participative afin de pouvoir bénéficier du savoir local sur les vulnérabilités existantes et de promouvoir l'adhésion des bénéficiaires aux stratégies retenues.

Le processus de formulation des politiques d'adaptation doit être, lui-même, adaptable, et les mesures prises doivent faire l'objet d'examen périodiques sur la base d'informations dont la collecte et le suivi sont, de plus en plus souvent, réalisables à faible coût grâce à l'amélioration des technologies. Par exemple, l'un des grands problèmes qui se pose dans le cadre de la gestion des ressources en eau tient à l'absence d'informations sur les eaux souterraines ou sur la consommation des différents utilisateurs de ces ressources. Grâce aux nouvelles technologies de télédétection, il est possible de déduire les volumes d'eau souterraine utilisés, d'identifier les exploitants qui utilisent l'eau de manière peu productive et de déterminer précisément à quel moment il faut irriguer davantage ou réduire les quantités d'eau utilisées pour maximiser la productivité sans compromettre les rendements des cultures (chapitre 3).

Pour passer à l'acte : de nouvelles pressions, de nouveaux instruments et de nouvelles ressources

Les pages précédentes décrivent les nombreuses mesures à prendre pour gérer le défi que pose

ENCADRÉ 6 *Appel à l'ingéniosité : de nouveaux outils et de nouvelles connaissances seront nécessaires à l'adaptation*

Quels que soient les efforts d'atténuation déployés, l'humanité devra s'adapter à de fortes modifications du climat — partout sur la planète et dans un grand nombre de domaines différents.

Capital naturel

Il faudra disposer d'une large gamme de biens naturels pour pouvoir faire face au changement climatique et poursuivre des activités agricoles, forestières et piscicoles productives. Par exemple, il sera nécessaire d'avoir des variétés culturales qui donnent de bons résultats en situation de sécheresse, dans des climats chauds et dans une atmosphère ayant une plus forte teneur en CO₂. Toutefois, les processus employés par le secteur privé et les agriculteurs pour choisir les cultures privilégient des variétés homogènes adaptées aux conditions passées ou présentes, au détriment de variétés capables de produire des rendements systématiquement élevés dans des conditions caractérisées par des températures plus chaudes et une plus grande humidité ou sécheresse. Il sera nécessaire de poursuivre des programmes de reproduction accélérée pour conserver un pool plus vaste de ressources génétiques constituées par les plantes et les races existantes et leurs contreparties sauvages. Des écosystèmes relativement intacts, telles que les bassins versants boisés, les mangroves et les terres humides peuvent amortir l'impact du changement climatique. Lorsque le climat change, ces écosystèmes sont eux-mêmes

exposés à des risques, de sorte qu'il faut les gérer de manière plus dynamique et adaptative. Il peut être nécessaire de créer des voies de raccordement entre les zones naturelles, par exemple des couloirs de migration, pour faciliter le déplacement des espèces induit par l'évolution du climat.

Capital physique

Le changement climatique aura probablement des effets sur l'infrastructure qui sont difficiles à prévoir et qui seront très différents d'un endroit à un autre. Par exemple, l'infrastructure dans les zones à très basse altitude est menacée par les débordements des rivières et l'élévation du niveau de la mer ; c'est aussi bien le cas dans la baie de Tanger qu'à New York ou à Shanghai. Les vagues de chaleur ramollissent l'asphalte et peuvent forcer la fermeture de routes ; elles ont un impact sur la capacité des lignes de transport d'électricité et réchauffent l'eau nécessaire au refroidissement des centrales thermiques et nucléaires alors même qu'elles accroissent la demande d'électricité. Les incertitudes ainsi créées influenceront donc probablement non seulement les décisions d'investissement mais aussi la conception des infrastructures qui devront être robustes dans le contexte des futures modifications du climat. Les incertitudes qui entachent également la fiabilité de l'approvisionnement en eau motivent à la fois la formulation de stratégies de gestion intégrée et l'amélioration de technologies liées à l'eau pour assurer une protection contre le changement climatique. Il sera aussi nécessaire d'accroître la somme

des connaissances techniques et des capacités d'ingénierie pour concevoir l'infrastructure de l'avenir compte tenu de la dimension climatique.

Santé humaine

De nombreuses adaptations des systèmes de santé au changement climatique donneront lieu initialement à l'adoption de solutions pratiques fondées sur les connaissances actuelles. D'autres, en revanche, exigeront de nouvelles compétences. Les progrès réalisés dans le domaine de la génomique permettent de concevoir de nouveaux outils de diagnostics qui peuvent dépister de nouvelles maladies infectieuses. Ces instruments, conjugués aux progrès des technologies des communications, peuvent détecter les tendances sanitaires émergentes et fournir aux praticiens la possibilité d'intervenir rapidement. Les innovations réalisées dans un certain nombre de domaines technologiques transforment déjà la médecine. Par exemple l'apparition d'outils de diagnostic portatifs et la possibilité de tenir des consultations en vidéo élargissent les possibilités offertes par la télémédecine et permettent aux communautés isolées de se connecter plus facilement à l'infrastructure sanitaire mondiale.

Source: Burke, Lobell, et Guarino, à paraître ; Ebi et Burton 2008 ; Falloon et Betts, à paraître ; Guthrie, Juma et Sillem 2008 ; Keim 2008 ; Koetse et Rietveld 2009 ; National Academy of Engineering 2008 ; Snoussi et al. 2009.

le changement climatique. Nombre d'entre elles sont les prescriptions types d'un manuel pédagogique sur le développement des sciences environnementales : améliorer la gestion des ressources en eau, rationaliser l'utilisation d'énergie, promouvoir des pratiques agricoles durables, éliminer les subventions aux effets pervers. Elles n'ont toutefois guère été appliquées dans le passé ; il faut donc créer un contexte permettant de procéder aux réformes nécessaires et changer les comportements. Pour cela, il faut à la fois exercer de nouvelles pressions, employer de nouveaux instruments et disposer de nouvelles ressources.

Les nouvelles pressions tiennent à la prise de conscience croissante du changement climatique, et de ses coûts actuels et futurs. Sensibilisation n'est toutefois pas synonyme d'action : pour porter ses fruits, une politique de développement intelligente sur le plan climatique doit s'attaquer à l'inertie qui caractérise le comportement des particuliers et des organisations. La perception nationale du changement climatique déterminera également la réussite de tout programme mondial — son adoption mais aussi son exécution. Et si nombre des réponses à la problématique du climat et du développement doivent être apportées au niveau national, voire même local, un programme

mondial doit être établi afin de générer de nouveaux instruments et de nouvelles ressources permettant de passer à l'action (chapitre 5). Par conséquent, si les pressions doivent s'exercer initialement au niveau national, dans le but de changer les comportements et de faire évoluer l'opinion publique, l'action menée doit être validée par un accord international efficace et rationnel, qui prend en compte les réalités du développement.

Des pressions nouvelles : le succès des efforts entrepris est tributaire de la modification des comportements et de l'évolution de l'opinion publique

Les régimes internationaux influencent les politiques des États mais ils sont, eux-mêmes, la résultante de facteurs nationaux. Les normes politiques, les structures de gouvernance et les groupes d'intérêts régissent l'intégration du droit international dans les politiques intérieures, tout en influant sur le régime international.⁸¹ De surcroît, en l'absence d'un mécanisme d'application mondial, les incitations à honorer les engagements internationaux ont une origine nationale.

Pour porter ses fruits, une politique de développement intelligente sur le plan climatique doit prendre en compte ces déterminants locaux.

Les politiques d'atténuation que suivra un pays dépendent de facteurs intérieurs tels que les différents types d'énergie utilisés par le pays, leurs sources actuelles et potentielles et la préférence nationale pour des politiques étatiques ou une action guidée par le marché. Pour générer un appui suffisant, il sera essentiel que ces politiques ou actions aient des avantages supplémentaires à l'échelon local — par exemple un air plus pur, des transferts de technologie ou la sécurité énergétique.

Des politiques intelligentes sur le plan climatique doivent également s'attaquer à l'inertie qui caractérise le comportement des individus et celui des organisations. Le problème n'est pas uniquement affaire de prix, il est aussi affaire de perception. Pour sevrer les économies modernes des combustibles fossiles et accroître leur résistance au changement climatique, il faudra que l'état d'esprit des consommateurs, des chefs d'entreprise et des décideurs se modifie. Pour relever le défi que pose le changement de comportements invétérés, il faudra mettre particulièrement l'accent sur des politiques et des interventions qui sortent du cadre du marché.

Dans le monde entier, les programmes de gestion des risques de catastrophes visent avant tout de modifier la perception qu'ont les communautés des risques. Le plan d'action « London Warming » établi par la Ville de Londres pour faire face aux effets du réchauffement des températures s'articule autour de programmes de communication et d'éducation ciblés. Aux États-Unis, certaines compagnies de distribution d'énergie se servent des normes sociales et des pressions communautaires pour promouvoir une réduction de la demande : il suffit de montrer aux ménages comment se situe leur consommation par rapport à celles des autres et de les féliciter lorsque leur consommation est inférieure à la moyenne pour obtenir une réduction de la consommation d'énergie (chapitre 8).

Pour relever le défi climatique, il sera aussi nécessaire de modifier la manière dont les pouvoirs publics opèrent. La politique climatique est liée à la mission de nombreux organismes publics mais elle n'est contrôlée par aucuns d'entre eux. Un grand nombre des mesures requises aux fins de l'atténuation et de l'adaptation, doivent être prises dans une perspective à long terme, qui se prolonge bien au-delà de l'horizon des élus. Plusieurs pays, dont le Brésil, la Chine, l'Inde, le Mexique et le Royaume-Uni se sont dotés, chacun, d'un organisme chef de file pour traiter des questions climatiques, ils ont établi des organes de coordination de haut niveau et ils ont amélioré l'utilisation des informations scientifiques dans le cadre de la formulation de l'action publique (chapitre 8).

Les villes, les provinces et les régions forment des espaces politiques et administratifs plus proches des sources d'émissions et des impacts du

changement climatique. Outre la mise en œuvre et la formulation des politiques et réglementations nationales, elles assurent des fonctions de décision, de réglementation et de planification dans des secteurs essentiels aux activités d'atténuation (transports, construction, services publics, sensibilisation au niveau local) et d'adaptation (protection sociale, réduction des risques de catastrophes, gestion des ressources naturelles). Parce qu'elles sont plus proche des citoyens, ces administrations peuvent sensibiliser le public et mobiliser des intervenants privés.⁸² Comme elles se trouvent, de surcroît, au point de rencontre de l'État et du public, c'est à leur niveau que les pouvoirs publics sont mis en demeure de dûment s'acquitter de leurs responsabilités en fournissant une riposte adaptée. Ceci explique pourquoi de nombreuses administrations locales ont entrepris une action climatique avant les administrations nationales (encadré 7).

De nouveaux instruments et de nouvelles ressources : le rôle d'un accord mondial

Il ne sera pas possible de prendre des mesures rapides et de portée globale sans coopération internationale ; or, celle-ci ne se matérialisera pas sans une entente internationale jugée équitable par toutes les parties — les pays à revenu élevé, qui doivent déployer les efforts les plus immédiats et les plus draconiens ; les pays à revenu intermédiaire, où des efforts importants d'atténuation et d'adaptation doivent être menés ; et les pays à faible revenu qui ont besoin en priorité d'une assistance technique et financière pour faire face à leur vulnérabilité en la situation climatique actuelle et, a fortiori, face à l'évolution à venir du climat. Cette entente doit également permettre d'atteindre les objectifs climatiques, en prenant en compte les leçons tirées d'autres accords internationaux ainsi que des succès remportés ou des échecs essuyés dans le cadre de transferts internationaux de ressources à grande échelle. Enfin, elle doit être efficace, ce qui implique l'existence de financements d'un volume suffisant et d'instruments financiers qui dissocient le lieu des efforts d'atténuation des sources de financement de ces efforts — de manière à atténuer le changement climatique au moindre coût.

Un accord équitable. Il ne sera possible d'obtenir une coopération internationale à l'échelle requise pour faire face au changement climatique que si celle-ci repose sur un accord international qui prend en compte les besoins des pays en développement et les obstacles auxquels ils se heurtent, que s'il est possible de dissocier le site des mesures d'atténuation des sources de financement qui supportent la charge de cet effort, et que si des instruments financiers sont créés afin d'encourager et de faciliter l'atténuation même dans les pays qui sont riches en charbon mais pauvres en revenus ou dans les pays qui

ENCADRÉ 7 *Les villes réduisent leur empreinte carbone*

Le mouvement des villes pour un bilan carbone neutre montre comment les administrations locales prennent des mesures même en l'absence d'engagements internationaux ou de strictes politiques nationales. Aux États-Unis, qui n'ont pas ratifié le Protocole de Kyoto, près d'un millier de villes sont convenues de s'efforcer d'atteindre les objectifs du Protocole dans le cadre de l'accord des Maires pour la protection climatique. À Rizhao, ville du nord de la Chine qui compte 3 millions d'habitants, la municipalité a utilisé conjointement des incitations et des moyens législatifs pour encourager une utilisation rationnelle de l'énergie renouvelable sur une grande échelle. Les gratte-ciel sont construits de manière à fonctionner à l'énergie solaire, et 99 % des ménages de Rizhao utilisent des appareils de chauffage solaire. La quasi-totalité des feux de signalisation, de l'éclairage des rues et des parcs sont alimentés par des modules

photovoltaïques. Au total, la ville compte plus de 500 000 m² de panneaux solaires qui servent à chauffer l'eau et qui fournissent l'équivalent de la consommation d'environ 0,5 MW par des chauffe-eau électriques. Grâce à ces efforts, la consommation d'énergie a diminué de près d'un tiers et les émissions de CO₂ de moitié.

Les exemples de villes cherchant à établir un bilan carbone neutre se multiplient bien au-delà de la Chine. En 2008, Sydney est devenue la première ville australienne à afficher un bilan carbone neutre, grâce à des mesures d'utilisation rationnelle de l'énergie, à la consommation d'énergies renouvelables et à des mesures de compensation des émissions de carbone. Copenhague a l'intention de réduire à zéro ses émissions de carbone d'ici 2025. Elle prévoit à cette fin d'investir dans l'énergie éolienne et d'encourager l'utilisation de voitures électriques ou à hydrogène en permettant à leurs conducteurs de se garer et de recharger

leurs batteries gratuitement.

Plus de 700 administrations municipales et locales du monde entier participent à la « Campagne des villes pour la protection du climat » qui encourage l'adoption de programmes et la mise en œuvre de mesures quantifiables afin de réduire les émissions locales de gaz à effet de serre (<http://www.iclei.org>). Avec d'autres associations d'administrations locales, comme le C40 Groupe des grandes villes pour le climat et le Conseil mondial des maires sur le changement climatique, elles ont lancé un processus qui vise à habiliter les villes et les administrations municipales et locales et à leur permettre de travailler dans le contexte de la Convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique.

Source : Bai 2006 ; Banque mondiale 2009d ; C40 Cities Climate Leadership Group (<http://www.c40cities.org>), consulté le 1er août 2009).

n'ont guère, sinon pas du tout, contribué jusqu'à présent au changement climatique. La décision de ces pays de saisir l'opportunité de se placer sur une trajectoire de développement plus durable dépendra en grande partie de l'appui financier et technique qu'ils pourront mobiliser auprès des pays à revenu élevé.

La coopération mondiale ne se limite toutefois pas aux seules contributions financières. L'économie comportementale et la psychologie sociale montrent que les individus rejettent souvent des offres qu'ils estiment injustes envers eux même alors même qu'elles sont avantageuses.⁸³ Le fait qu'il soit dans l'intérêt de tous de collaborer n'est donc pas une garantie de succès. Certains pays en développement craignent qu'un mouvement en faveur de l'intégration de la question climatique dans le développement fasse retomber la responsabilité de l'atténuation sur le monde en développement.

Inscrire un principe d'équité dans un accord mondial contribuerait largement à dissiper ces craintes et à créer un climat de confiance. L'adoption d'un objectif représenté par une bande vers laquelle devraient converger à long terme les émissions par habitant pourrait permettre d'éviter qu'un pays quelconque ne soit forcé d'assumer une part inégale de la responsabilité du patrimoine atmosphérique commun. L'Inde a récemment indiqué que ses émissions ne dépasseraient jamais le niveau moyen par habitant des émissions des pays à revenu élevé.⁸⁴ Il est donc essentiel que ces derniers prennent des mesures radicales pour ramener leur empreinte carbone à des niveaux tolérables. Ils feraient ainsi preuve de leadership, leur action encouragerait l'innovation et elle permettrait à tous les pays de se placer sur une trajectoire de croissance sobre en carbone.

Les pays en développement sont également très soucieux d'avoir accès aux technologies. L'innovation dans les technologies axées sur le climat reste essentiellement le fait des pays à revenu élevé, bien que les pays en développement commencent à jouer un rôle plus important en ce domaine (la Chine arrive en septième position au classement des pays par nombre total de brevets déposés concernant des énergies renouvelables,⁸⁵ et une société indienne est maintenant le principal fabricant d'automobiles électriques⁸⁶). De surcroît, les pays en développement — du moins les plus petits ou les plus pauvres — peuvent avoir besoin d'une assistance pour produire de nouvelles technologies ou adapter ces dernières à leur situation. Cela pose des problèmes particuliers pour l'adaptation qui nécessite des technologies applicable au contexte local.

Les transferts internationaux de technologies propres restent à ce jour limités. Ils ne se sont matérialisés que pour environ un tiers des projets financés par le biais du Mécanisme pour un développement propre (MDP) qui est le principal instrument de financement des investissements dans des technologies à faible teneur en carbone dans les pays en développement.⁸⁷ Le Fonds pour l'environnement mondial qui, depuis sa création, alloue environ 160 millions de dollars par an à des programmes d'atténuation du changement climatique⁸⁸ finance des évaluations des besoins technologiques dans 130 pays. Un montant de l'ordre de 5 milliards de dollars a récemment été engagé au titre du nouveau Fonds pour les technologies propres (FTP) afin d'aider les pays en développement en appuyant des investissements importants et risqués faisant intervenir des technologies propres ; les opinions diffèrent toutefois sur ce qui constitue une technologie propre.

Intégrer des accords sur les technologies dans un accord climatique mondial pourrait donner une impulsion à l'innovation et assurer l'accès des pays en développement aux technologies. La production et le partage de technologies intelligentes sur le plan climatique ne pourront se concrétiser que dans le cadre d'une collaboration internationale. Sur le plan de la production, des accords de partage des coûts devront être conclus pour les technologies de grande envergure et très risquées comme celles qui concernent le piégeage et le stockage de carbone (chapitre 7). Les accords internationaux sur les normes créent des débouchés pour l'innovation. Par ailleurs, un appui international aux transferts de technologie peut se faire dans le cadre de systèmes de production conjointe ou de partages de technologies — ou sous forme d'un soutien financier au titre du surcoût engendré par l'adoption d'une nouvelle technologie plus propre (comme cela a été fait par le biais du Fonds multilatéral pour l'application du protocole de Montréal sur les substances qui appauvrissent la couche d'ozone).

Il faudra également que l'accord mondial soit acceptable aux pays à revenu élevé. Ceux-ci sont préoccupés par les exigences financières auxquelles ils pourraient être exposés et veulent s'assurer que les transferts de fonds produisent les résultats souhaités au plan de l'adaptation et de l'atténuation. Ils craignent également qu'une démarche par étapes permettant aux pays en développement de retarder l'adoption de mesures pourrait nuire à leur propre compétitivité par rapport aux pays à revenu intermédiaire les plus avancés.

Un accord efficace : les leçons tirées de l'expérience de l'aide au développement et des accords internationaux. Un accord climatique efficace doit permettre d'atteindre les objectifs convenus dans les domaines de l'atténuation et de l'adaptation. Sa conception se doit de tirer les leçons de l'expérience de l'aide et des accords internationaux. Le financement de l'action climatique n'est pas le financement de l'aide, mais l'expérience en ce dernier domaine est source de précieux enseignements. En particulier, il est maintenant évident que les engagements pris sont rarement respectés à moins s'ils ne cadrent pas avec les objectifs nationaux — on retrouve ici le débat entre conditionnalité et adhésion. Il s'ensuit que le financement de l'adaptation et de l'atténuation devra être organisé sur la base d'un processus qui encourage le développement et l'adhésion du pays bénéficiaire à un programme de développement sobre en carbone. On a pu également constater, dans le cadre des opérations d'aide, qu'une multiplicité de sources de financement fait assumer un coût de transaction considérable aux pays bénéficiaires et réduit l'efficacité de l'aide. Et même si les fonds proviennent de sources distinctes, les dépenses financées par les ressources au titre de l'adaptation et de l'atténuation doivent

être pleinement intégrées dans les efforts de développements.

On a également pu constater, dans le cadre des accords internationaux, que des approches différenciées peuvent être un moyen adéquat de réunir des partenaires extrêmement différents dans le cadre d'un unique programme. Le cas de l'Organisation mondiale du commerce en est un exemple : l'application d'un traitement spécial et différencié aux pays en développement a été l'une des principales caractéristiques du système commercial multilatéral pendant la majeure partie de la période de l'après-guerre. Des propositions sont faites dans le cadre des négociations climatiques qui s'inscrivent dans le cadre à plusieurs vitesses présenté dans le Plan d'action de Bali de la CCNUCC.⁸⁹ Aux termes de ces propositions, les pays développés devraient s'engager à atteindre des objectifs de résultat, les « résultats » dans ce contexte étant les émissions de gaz à effet de serre, tandis que les pays en développement s'engageraient à réorienter leur action plutôt qu'à atteindre des objectifs d'émission spécifiques.

Cette approche est attrayante pour trois raisons. Premièrement elle peut promouvoir des opportunités d'atténuation qui présentent aussi des avantages au plan du développement. Deuxièmement, elle est bien adaptée aux pays en développement où une forte croissance démographique et économique entraîne une expansion rapide du stock de capital (et, par conséquent, crée des opportunités de verrouillage positif ou négatif) qui rend encore plus impérieuse la nécessité de recadrer les systèmes énergétiques, urbains et de transports sur une trajectoire à moindre intensité de carbone. Un engagement sur les grandes orientations peut également fournir un cadre adapté aux pays où une grande partie des émissions sont difficiles à mesurer parce qu'elles sont dues à l'affectation des terres, à la modification de ces modes d'affectation et à la foresterie. Troisièmement, il est moins probable qu'elle exige le suivi de flux complexes — une gageure dans bien des pays. Il sera néanmoins crucial de procéder à un suivi et à une évaluation générale de ces approches, ne serait-ce que pour déterminer leur efficacité.⁹⁰

Un accord rationnel : le rôle du financement des actions climatiques

Le financement de l'action climatique peut permettre de concilier les objectifs d'équité et de rationalité en dissociant le lieu où sont menées des actions climatiques de la source de leur financement. L'apport de fonds suffisants aux pays en développement — associé à des efforts de renforcement des capacités et à un accès aux technologies — peut appuyer une croissance et un développement à faible teneur en carbone. Si le financement des mesures d'atténuation cible les lieux où les coûts de ces mesures sont les plus

faibles, l'action menée n'en sera que plus efficace. Si le financement de l'adaptation cible les lieux où les besoins sont les plus grands, bien des souffrances et des pertes inutiles pourront être évitées. Le financement de l'action climatique offre le moyen de réconcilier les objectifs d'équité, d'efficacité et de rationalité dans le cadre des efforts menés pour faire face au changement du climat.

Le volume actuel des financements de l'action climatique est toutefois très inférieur aux besoins prévisibles. Les ressources nécessaires aux pays en développement à des fins d'atténuation pourraient être de l'ordre de 400 milliards de dollars par an à l'horizon 2030 (si l'on prend la médiane des estimations présentées au tableau 1). Les flux de financement actuels, qui s'établissent en moyenne à 8 milliards de dollars par an environ jusqu'à 2012, sont loin du compte. Quand au montant estimé à 75 milliards de dollars qui pourrait être nécessaire chaque année pour financer l'adaptation dans les pays en développement, il est sans aucun rapport avec le montant maintenant disponible, qui est inférieur à un milliard par an (figure 10).

L'insuffisance du financement de l'action climatique est encore aggravée par les inefficacités notables qui caractérisent la manière dont les fonds sont générés et déployés. Les principaux problèmes sont la fragmentation des sources de financement, le coût élevé de la mise en œuvre de mécanismes du marché comme le Mécanisme pour un développement propre, et les carences des instruments, de surcroît sources de distorsions, employés pour mobiliser des fonds d'adaptation.

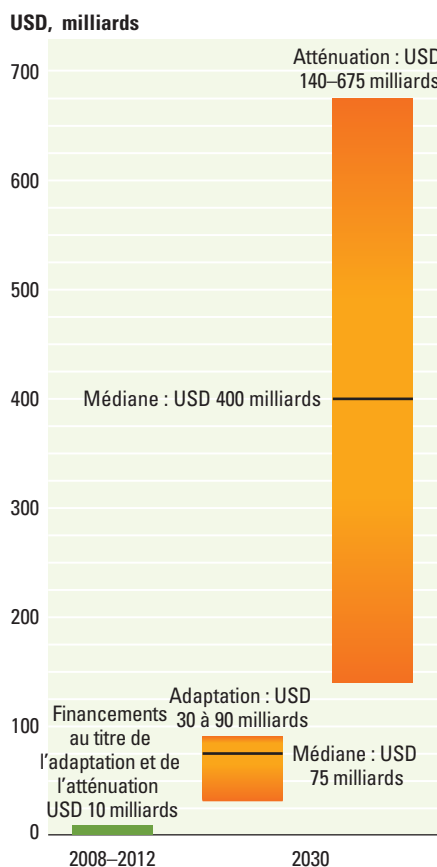
Le chapitre 6 identifie près de vingt fonds bilatéraux et multilatéraux, opérationnels ou en projet, conçus pour faire face au changement climatique. Cette fragmentation a un coût, identifié dans la Déclaration de Paris sur l'efficacité de l'aide : chaque fonds à sa propre gouvernance, et engendre des coûts de transaction pour les pays en développement ; et l'alignement de l'action sur les objectifs de développements nationaux peut être compromise par des sources de financement étroites. D'autres préceptes de la Déclaration de Paris, notamment l'appropriation par les pays recevant l'aide des stratégies suivies, l'harmonisation des procédures des bailleurs de fonds et la responsabilité mutuelle, sont également compromis lorsque le financement est très fragmenté. Le regroupement, à terme, des ressources dans un plus petit nombre de fonds s'impose manifestement.

À terme, la tarification du carbone (par le prélèvement d'une taxe ou par la mise en place d'un mécanisme de plafonnement et d'échange) sera le moyen optimal de dégager des ressources sur le marché du carbone et de cibler ces ressources sur des actions efficaces. Dans un proche avenir, toutefois, le MDP et d'autres mécanismes basés sur les résultats donnés par les contreparties de la fixation du carbone resteront probablement les

principaux instruments du marché utilisés pour financer l'action d'atténuation dans les pays en développement, et ils joueront donc un rôle crucial en apportant un complément aux transferts directs en provenance des pays à revenu élevé.

Le MDP a dépassé les attentes à bien des égards : il s'est développé rapidement et il a permis de stimuler l'acquisition de connaissances, de faire prendre conscience des options d'atténuation et de renforcer les capacités. Il a toutefois aussi de nombreux points faibles ; par exemple, il n'apporte aucun avantage connexe au plan du développement, et l'on peut douter de l'additionnalité de ses ressources (le MDP génère des crédits carbone au titre de réductions d'émissions par rapport à une norme de référence ; le choix de la référence est inévitablement contestable), sa gouvernance est insuffisante, son fonctionnement inefficace et

Figure 10 L'écart est important : comparaison des estimations des besoins de financement annuels de l'action climatique pour assurer une trajectoire à 2°C aux ressources actuelles



Sources : Pour l'atténuation : CCNUCC 2008 ; IIASA 2009 ; AIE 2008c ; McKinsey Global Institute 2009a ; données supplémentaires communiquées par McKinsey pour 2030, converties au taux de change de 1,50 dollar pour 1,00 euro ; Edmonds et al. 2008 ; et données supplémentaires communiquées par Jae Edmonds. Pour l'adaptation : Agrawala et Fankhauser 2008 ; Banque mondiale 2009c ; et Project Catalyst 2009.

Note : Les colonnes en couleur représentent les fourchettes des estimations des besoins d'adaptation et d'atténuation en 2030, et indiquent la valeur médiane.

son champ d'application limitée (il ne couvre pas des secteurs essentiels tels que les transports) ; enfin le maintien du marché au-delà de 2012 n'est pas assuré.⁹¹ Pour mener des actions climatiques efficaces, il est également important de comprendre que les transactions du MDP ne réduisent pas les émissions totales de carbone — elles ne font que modifier le lieu où elles se produisent (c'est-à-dire dans les pays en développement plutôt que dans les pays en développés) et permettent de réduire le coût de l'atténuation (et partant d'accroître l'efficacité de l'action menée).

Le Fonds d'adaptation créé en application du Protocole de Kyoto a recours à un instrument de financement novateur sous forme d'une taxe de 2 % sur les réductions d'émissions certifiées (unités de réduction d'émissions générées par le MDP). Cette taxe permet manifestement de mobiliser des financements qui viennent s'ajouter à ceux d'autres sources mais, comme indiqué au chapitre 6, elle présente néanmoins certains inconvénients. Elle frappe un bien (le financement de l'atténuation) et non un mal (les émissions de carbone) et, à l'instar de toute taxe, elle est inévitablement inefficace à certains égards (perte de bien-être collectif). L'analyse du marché du MDP montre que la majeure partie de la réduction des gains pouvant être tirés des échanges sur ce marché par suite de l'imposition de la taxe sera assumée par les fournisseurs de crédits d'émissions de carbone des pays en développement.⁹² Le financement de l'adaptation devra également s'effectuer par le biais d'un mécanisme d'allocation qui, de manière idéale, appliquerait les principes de transparence, d'efficacité et d'équité — des méthodes efficaces permettraient de financer directement les pays les plus vulnérables et ceux qui ont les capacités les plus importantes de gérer l'adaptation, tandis qu'une importance particulière serait accordée aux pays les plus pauvres pour des motifs d'équité.

Pour renforcer et développer le régime du financement climatique, il faudra modifier les instruments existants et trouver de nouvelles sources de fonds (chapitre 6). La réforme du MDP revêt donc une importance particulière puisque celui-ci contribue à générer des financements sur le marché du carbone au titre de projets dans des pays en développement. Une première série de propositions vise à réduire les coûts en rationalisant le processus d'approbation des projets, notamment en renforçant les fonctions d'examen et d'administration. Une deuxième série, importante, de propositions vise à permettre au MDP d'appuyer les réorientations des politiques et des programmes et non plus uniquement des projets. Le mécanisme des « cibles sectorielles sans pénalisation » est un exemple de mécanisme basé sur les résultats dans le cadre duquel des réductions avérées des émissions de carbone dans un secteur ayant pour effet d'abaisser les niveaux d'émissions en dessous d'un seuil de référence convenu pourrait être récompensées par la cession de crédits

carbone, sans que des pénalités soient imposées si les réductions proposées ne se matérialisaient pas.

La foresterie est un autre domaine dans lequel le financement climatique peut réduire les émissions (encadré 8). Il est probable que d'autres mécanismes de tarification du carbone forestier seront élaborés dans le cadre des négociations climatiques en cours. Déjà, plusieurs initiatives, parmi lesquelles le Fonds de partenariat pour la réduction des émissions due à la déforestation, examinent la possibilité de freiner le déboisement dans les pays en développement par le biais d'incitations financières, de manière à réduire les émissions de carbone. Les principaux défis posés par cette approche sont, notamment, la formulation de stratégies nationales et la mise en œuvre de cadres de réduction des émissions résultant du déboisement et de la dégradation des terres ; la formulation d'un scénario de référence pour les émissions ; et la conception d'un système de suivi, de présentation de rapport et de vérification.

Les efforts déployés pour réduire les émissions de carbone du sol (par le biais d'encouragements à modifier les pratiques de labour, par exemple) pourraient également faire l'objet d'incitations financières ; ces efforts sont essentiels si l'on veut éviter que les espaces naturels ne soient convertis en aires de production de denrées alimentaires et de biocombustibles. La méthodologie est toutefois moins avancée que celle qui s'applique aux émissions dues à la déforestation et il faudra résoudre les problèmes fondamentaux associés au suivi (encadré 8). Il importe de concevoir rapidement des programmes pilotes pour encourager une agriculture plus résistante et durable et faire bénéficier de plus de ressources et d'innovations un secteur qui en a été privé au cours des dernières décennies.⁹³

Au niveau national, le secteur public jouera un rôle crucial en offrant des incitations à une action climatique (sous forme de subventions, de taxes, de plafonnements ou de réglementations), en fournissant des informations et des formations, et en éliminant les défaillances du marché qui empêchent de passer à l'action. Toutefois, l'essentiel des financements devra provenir du secteur privé, en particulier pour les efforts d'adaptation. Il sera essentiel que les prestataires de services d'infrastructures puissent opérer dans le cadre d'un régime réglementaire souple, qui leur fournit les incitations requises pour procéder à des investissements et à des opérations à l'épreuve du changement climatique. Et s'il est possible de mobiliser des capitaux privés au titre d'investissements spécifiques à des fins d'adaptation (par exemple, pour ériger des protections contre les crues), il est probable, si l'on considère l'expérience acquise dans le cadre des partenariats publics-privés dans le domaine des infrastructures dans les pays en développement, que la portée de ces interventions restera faible.

ENCADRÉ 8 Le rôle de l'affectation des terres, de l'agriculture et de la foresterie dans la gestion du changement climatique

L'affectation des terres, l'agriculture et la foresterie offrent d'importantes possibilités d'atténuation et se sont révélées être sources de controverses dans le cadre des négociations climatiques. Sera-t-il possible de mesurer les quantités de carbone fixées et émises avec suffisamment de précision ? Quelles mesures peut-on prendre face aux fluctuations naturelles de la croissance et aux pertes causées par des incendies associés aux variations du climat mondial ? Les pays peuvent-ils obtenir des crédits au titre de décisions prise des dizaines d'années, voire des siècles avant les négociations climatiques ? Les crédits générés par les activités terrestres satureront-ils le marché du carbone et feront-ils baisser le prix du carbone et, ce faisant, réduiront-ils les incitations à la poursuite de mesures d'atténuation ? Des progrès ont été accomplis à un grand nombre de ces égards et le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat a formulé des directives pour la mesure des gaz à effet de serre provenant de la terre.

Les opérations de déboisement, à l'échelle mondiale, ont couvert des superficies nettes de l'ordre de 7,3 millions d'hectares par an en moyenne sur la période 2000 - 2005, et elles ont produit environ 5,0 gigatonnes de CO₂ par an sous forme d'émissions, ce qui représente à peu près le quart du volume des réductions d'émissions nécessaires. Il serait possible de réduire les émissions de 0,9 gigatonne en procédant à des activités de reboisement et à l'amélioration de la gestion forestière dans les pays en développement. Toutefois, ni l'amélioration de la gestion forestière ni la réduction des activités de déboisement dans les pays en développement ne sont actuellement couvertes par le Mécanisme de développement propre de la CCNUCC.

La création d'un mécanisme de paiement des efforts d'amélioration de la gestion du carbone du sol et d'autres gaz à effet de serre émis par l'agriculture suscite également de l'intérêt. Sur le plan technique, il serait possible de réduire d'environ 6 gigatonnes les émissions de CO₂e en réduisant le travail du sol, en améliorant la gestion des terres humides, des rizières, des troupeaux de bétail et du fumier. Une réduction d'environ 1,5 gigatonne des émissions annuelles de l'agriculture pourrait être obtenue au prix de 20 dollars la tonne de CO₂e (figure).

Les mesures d'atténuation dans la foresterie et dans l'agriculture auraient de nombreux avantages connexes. L'entretien des forêts permet de maintenir une plus grande diversité de moyens de subsistance, de protéger la biodiversité et d'assurer une protection en cas de phénomènes extrêmes tels qu'inondations et glissements de terrain. Le travail minimum des sols et l'amélioration de la gestion des engrais peuvent accroître la productivité. Enfin, les ressources générées pourraient être importantes — du moins pour les pays dotés de vastes forêts : si les marchés du carbone forestier arrivent à fonctionner à leur niveau potentiel, l'Indonésie pourrait gagner entre

400 millions et 2 milliards de dollars par an. Quant au carbone du sol, même en Afrique où les sols sont pauvres en carbone sur presque la moitié du continent, les quantités piégées pourraient atteindre entre 100 et 400 millions de tonnes de CO₂e par an. Au prix de 10 dollars la tonne, le piégeage du carbone générerait un montant similaire à celui de l'aide publique au développement actuellement accordée à l'Afrique.

Grâce, essentiellement, aux efforts des nations en développement formant la Coalition for Rainforests, la comptabilisation de l'affectation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie a été remise à l'ordre du jour de la CCNUCC. Ces pays recherchent les opportunités de contribuer à la réduction d'émissions dans le cadre de responsabilités communes mais différenciées et de mobiliser des financements sur le marché du carbone pour mieux gérer leur système forestier. Les négociations relatives aux activités dites REDD (réduction des émissions dues au déboisement et à la dégradation des forêts) se poursuivent, mais de l'avis général, certains éléments de la REDD seront inclus dans un accord à Copenhague.

Les initiatives concernant le carbone du sol ne sont pas aussi avancées. Si le piégeage du carbone dans le secteur agricole est une opération bon marché, simple sur le plan technique et une riposte efficace au changement climatique, la mise en place d'un marché à ce titre n'est pas une tâche aisée. Un projet pilote au Kenya (chapitre 3) et les transactions sur contreparties d'émissions de carbone au Chicago Climate Exchange témoignent néanmoins des opportunités qui existent. Trois démarches peuvent contribuer à promouvoir les activités de piégeage du carbone du sol.

Premièrement, le suivi des émissions de carbone devrait être réalisé « sur la base des activités » ; dans ce cas, les réductions

d'émissions seraient estimées en fonction des travaux accomplis par l'agriculteur plutôt que sur la base d'analyses du sol qui est une méthode beaucoup plus onéreuse. Des coefficients particuliers et prudents pourraient en outre être établis pour les réductions d'émissions dans différentes zones agroécologiques et climatiques. Cette démarche est plus simple, moins coûteuse et plus prévisible pour l'agriculteur qui sait, dès le départ, combien il pourra obtenir, ou éventuellement combien il devra payer à titre de pénalité, pour une activité donnée.

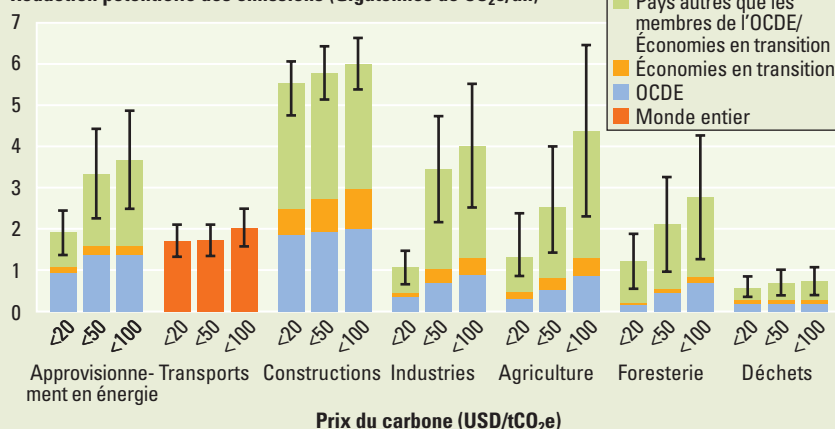
Deuxièmement, il serait possible de réduire les coûts de transaction en ayant recours à des « agrégateurs » chargés de procéder au regroupement des activités menées par un grand nombre de petites exploitations, comme c'est le cas dans le projet pilote au Kenya. En travaillant avec un grand nombre d'exploitations, les agrégateurs pourraient constituer une masse critique et absorber d'éventuelles inversions des activités de piégeage. Le regroupement d'un ensemble de projets et le recours à des estimations prudentes de la permanence du stockage devraient permettre de faire du piégeage du carbone du sol une activité absolument équivalente à celles qui produisent des réductions de CO₂ dans d'autres secteurs.

Troisièmement, une aide logistique, en particulier pour les agriculteurs pauvres qui ont besoin d'un appui financier pour pouvoir assumer les coûts initiaux, doit comprendre des services de vulgarisation renforcés. Ces derniers sont essentiels à la diffusion des connaissances sur les pratiques de piégeage et sur les opportunités de financement.

Source : Canadell et al. 2007 ; Eliasch 2008 ; FAO 2005 ; Smith et al. 2009 ; Smith et al. 2008 ; Tschakert 2004 ; PNUE 1990 ; Voluntary Carbon Standard 2007 ; Banque mondiale 2008c.

Il ne s'agit pas uniquement de l'énergie : lorsque les prix du carbone sont élevés, le potentiel d'atténuation de l'agriculture et de la foresterie est supérieur à celui de tout autre secteur de l'économie

Réduction potentielle des émissions (Gigatonnes de CO₂e/an)



Source : Barker et al. 2007b, figure TS.27.

Note : Les intervalles de variation des estimations du potentiel économique de chaque secteur sont représentés par les traits verticaux noirs.

Mobiliser des financements additionnels à des fins d'adaptation est une priorité essentielle ; des mécanismes novateurs tels que la vente aux enchères d'unités de quantité attribuées (UQA, plafonds contraignants que les pays acceptent dans le cadre de la CCNUCC), l'imposition des émissions des transports internationaux, et taxe carbone mondiale pourraient permettre de générer des dizaines de milliards de dollars d'argent frais chaque année. La mise en place d'une tarification rationnelle du carbone, que ce soit par le biais d'une taxe ou d'un mécanisme de plafonnements et d'échanges, modifiera totalement la donne. Une fois ce système établi, le secteur privé fournira l'essentiel des financements nécessaires, car les investisseurs comme les consommateurs prendront leurs décisions compte tenu du prix du carbone. Toutefois, les taxes ou les marchés du carbone nationaux ne généreront pas nécessairement les flux de capitaux nécessaires à destination des pays en développement. Pour que la solution apportée au problème climatique soit équitable, il faudra qu'un MDP réaménagé et d'autres mécanismes basés sur les résultats, l'établissement de liens entre les marchés nationaux du carbone, l'allocation et la vente d'UQA et les transferts budgétaires soient autant de moyens de procurer des financements aux pays en développement.

Alors même que ce rapport part à l'impression, les pays participent à des négociations sur un accord climatique mondial sous les auspices de la CCNUCC. Un grand nombre de ces pays sont également en proie à l'une des plus graves crises financières des dernières décennies. Étant donné les difficultés financières et les besoins criants qui existent, il pourrait être difficile d'obtenir de leurs organes législatifs qu'ils acceptent de dépenser des ressources au titre d'une menace qui est, à tort, jugée lointaine.

Pourtant, un certain nombre de pays ont adopté des programmes de relance budgétaire qui visent à promouvoir une économie plus verte tout en rétablissant la croissance, dont la facture globale dépassera 400 milliards de dollars sur les quelques années à venir, dans l'espoir de stimuler l'économie et de créer des emplois.⁹⁴ Les investissements dans le rendement énergétique peuvent avoir un

triple dividende sous forme d'un accroissement des économies d'énergie, d'une réduction des émissions et de la création d'emplois.

Les négociations climatiques en cours, qui culmineront à Copenhague en décembre 2009, progressent lentement — par suite de l'inertie qui règne dans la sphère politique. Pour toutes les raisons présentées dans ce rapport — l'inertie du système climatique, l'inertie de l'infrastructure, l'inertie des systèmes socio-économiques — il est impératif de conclure au plus tôt un accord climatique. Mais il faut que cet accord soit intelligent, qu'il crée les incitations nécessaires à l'apport de solutions efficaces, à la génération de flux de financements et au développement de nouvelles technologies. Et il faut qu'il soit équitable, qu'il réponde aux besoins et aux aspirations des pays en développement. Seul un accord présentant ces caractéristiques pourra rétablir un climat favorable au développement.

Notes

1. Le seuil d'extrême pauvreté est fixé à 1,25 dollar par jour (Chen et Ravallion 2008).
2. FAO 2009b.
3. L'article 2 de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) appelle à une stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère « à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique » (<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>, consulté le 1er août 2009).
4. Exprimée en carbone émis par dollar de PIB.
5. À l'échelle mondiale, il en résulterait une réduction de 4 à 6 gigatonnes des émissions annuelles de CO₂, compte tenu de la gamme des énergies utilisées dans ces secteurs (AIE 2008e). On pourrait obtenir une réduction comparable des émissions dans le secteur de la construction dans les pays à revenu élevé (voir <http://cx.lbl.gov/documents/2009-assessment/LBNL-Cx-Cost-Benefit-Pres.pdf>, consulté le 24 juillet 2009).
6. Banque mondiale, 2009b.
7. De la Torre, Fajnzylber et Nash 2008.

*Beaucoup de gens s'efforcent de faire quelque chose pour protéger l'environnement.
Je pense que nous ne réussirons à le faire que si nous travaillons tous ensemble.
Même les enfants peuvent se joindre aux efforts : nous sommes la prochaine
génération et nous devons chérir la nature qui nous entoure.*

—Adrian Lau Tsun Yin, Chine, 8 ans



Anoushka Bhari, Kenya, 8 ans

8. Les gaz à effet de serre ont, chacun, une capacité différente de rétention de la chaleur. La concentration en équivalent dioxyde de carbone (CO₂e) permet de décrire l'effet composite de ces gaz sur le réchauffement mondial par rapport à la quantité de CO₂ qui aurait le même potentiel de rétention de la chaleur sur une période donnée.

9. Calculs établis par l'auteur à partir des données des outils d'analyse du climat (Climate Analysis Indicators Tool) du World Resources Institute (WRI, 2008). L'écart est encore plus prononcé si l'on prend en compte dans les calculs des petits États insulaires comme la Barbade (4,6 tonnes de CO₂e par habitant) et les pays producteurs de pétrole comme le Qatar (55 tonnes de CO₂e par habitant) ou les Émirats arabes unis (39 tonnes de CO₂e par habitant).

10. AIE 2008c.

11. Edmond et al. 2008 ; Hamilton 2009. Blanford, Richels et Rutherford (2008) montrent également que des économies importantes peuvent être réalisées lorsque les pays annoncent à l'avance la date à laquelle ils prévoient d'engager des mesures d'atténuation, car les investisseurs dans des équipements de longue durée peuvent prendre en considération l'évolution probable du régime réglementaire et des prix du carbone et donc de réduire le nombre d'actifs qui, à terme, deviendront improductifs.

12. Les crises financières qui sont étroitement synchronisées sur le plan international durent généralement aussi longtemps et sont suivies de périodes de relèvement de même durée. En revanche, les pertes qu'elles entraînent sont généralement plus importantes (contraction de 5 % du PIB en moyenne). Voir FMI (2009) tableau 3.1. Même la grande dépression qui a frappé les États-Unis n'a duré que trois ans et demi, d'août 1929 à mars 1933 (base de données sur les phases d'expansion et de contraction du cycle économique du Bureau national de recherches économiques <http://www.nber.org/cycles.htm>, consultée le 1er août 2009).

13. Matthews et Caldeira 2008.

14. Schaeffer et al. 2008a.

15. Si la question de ce qui constitue une évolution climatique dangereuse renvoie nécessairement à des jugements de valeur, les résultats des recherches menées récemment par le Groupe d'expert intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) indiquent qu'un réchauffement supérieur à 2°C par rapport à l'ère préindustrielle entraînerait une très forte augmentation des risques, et qu'il y a des avantages considérables à maintenir le réchauffement à des températures n'excédant pas 1,6°C à 2,6°C (Fisher et al. 2007 ; GIEC 2007b ; GIEC 2007c ; Parry et al. 2007). Plusieurs publications scientifiques récentes appuient l'analyse selon laquelle le réchauffement doit être maintenu aussi près que possible des 2°C par rapport aux températures préindustrielles

(Science Focus ; Mann 2009 ; Smith et al. 2009). Les organisateurs du Congrès scientifique international sur le changement climatique tenu en 2009 ont souligné, à l'issue de leurs travaux, que les spécialistes s'accordent de plus en plus à reconnaître que les sociétés contemporaines et les écosystèmes auraient les plus grandes difficultés à faire face à un réchauffement supérieur à 2°C. <http://climatecongress.ku.dk> (consulté le 1er août 2009.). D'autres intervenants plaident en faveur d'une limitation du réchauffement à 2°C, parmi lesquels la Commission européenne (2007), le Groupe d'experts scientifique sur le changement climatique (SEG 2007), et le Comité directeur scientifique international (International Scientific Steering Committee 2005). Les dirigeants de l'Afrique du Sud, de l'Allemagne, de l'Australie, du Brésil, du Canada, de la Chine, des États-Unis, de la Fédération de Russie, de la France, de l'Inde, de l'Indonésie, de l'Italie, du Japon, du Mexique, de la République de Corée, du Royaume-Uni et de l'Union européenne, réunis à l'occasion du Forum des économies majeures sur l'énergie et le climat (MEF), tenu en juillet 2009, se sont ralliés à l'avis scientifique général selon lequel l'augmentation de la température moyenne globale au-dessus du niveau préindustriel ne devrait pas dépasser 2°C. http://usclimatenetwork.org/resource-database/MEF_Declarationl-0.pdf (consulté le 1er août 2009).

16. GIEC 2007c.

17. Raupach et al. 2007.

18. Lawrence et al. 2008. Matthews et Keith 2007 ; Parry et al. 2008 ; Scheffer, Brovkin et Cox 2006 ; Torn et Harte 2006 ; Walter et al. 2006.

19. Horton et al. 2008.

20. Cette estimation ne tient pas compte de l'augmentation des dommages provoqués par les marées de tempête et se fonde sur la population et les activités économiques actuelles. En conséquence, en l'absence de programmes d'adaptation à grande échelle, le montant des pertes sera sans doute beaucoup plus important. Dasgupta et al. 2009.

21. Stern 2007.

22. Easterling et al., 2007, tableau 5.6, p. 299.

23. Parry et al., 2007, tableau TS.3, p. 66.

24. Nordhaus et Boyer 2000. Stern (2007) conclue, de même, qu'en Inde et en Asie du Sud-Est, les pertes liées au changement climatique seraient largement supérieures à la moyenne mondiale.

25. Nordhaus 2008 ; Stern 2007 ; Yohe et al. 2007, figure 20.3.

26. Selon les estimations établies à l'aide du modèle PAGE, utilisé dans le cadre de l'étude de Stern sur le changement climatique, les pays en développement supporteraient 80 % du coût des dommages provoqués par le changement climatique (Hope 2009, et autres données ventilées communiquées par l'auteur). Les

résultats obtenu avec le modèle RICE (Nordhaus et Boyer 2000) qui a été élargi pour intégrer les coûts d'adaptation dans de Bruin, Dellink et Agrawala (2009), indiquent que près des trois-quarts du coût des dommages seraient à la charge des pays en développement. Voir également Smith et al. (2009) ; Tol (2008). Il convient cependant de noter que cette évaluation pourrait être sous-estimée, dans la mesure où elle ne tient pas compte de la valeur des services écosystémiques perdus. Voir le chapitre 1 pour un examen des limites de la capacité des modèles à rendre compte du coût des impacts du changement climatique.

27. Noté lors de consultations avec des pays d'Afrique de l'Est et d'Amérique latine.

28. Barbera et McConnell 1990 ; Barrett 2005 ; Burtraw et al. 2005 ; Jaffe et al. 1995 ; Meyer 1995.

29. Hope 2009 ; Nordhaus 2008.

30. Nordhaus 2008.

31. Peu de modèles intègrent les coûts d'adaptation. Voir de Bruin, Dellink et Agrawala (2009).

32. Nordhaus 2008, p. 86, figure 5.3. Nordhaus observe que le coût supplémentaire de la stabilisation du réchauffement à 2°C, et non au niveau de 3,5°C qu'il juge optimal, serait de 0,3 % du PIB par an. Le coût supplémentaire d'un réchauffement à 2,5°C plutôt qu'à 3,5°C serait inférieur à 0,1 % du PIB par an.

33. Les pays en développement consacrent en moyenne 1,5 % de leur PIB au titre d'assurances, assurance-maladie comprise mais hors assurance-vie (Swiss Re 2007).

34. D'après les projections du PIB à l'horizon 2030 établies par Maddison, <http://www.ggdc.net/maddison/>, (consulté le 6 mai 2009) recalculées en dollars internationaux de 2005 au moyen des déflateurs de la Banque mondiale.

35. Les données seront mises à jour pour la publication de la version finale, sur la base de Banque mondiale 2009c.

36. Adger et al. 2009.

37. GIEC 2001.

38. Mignone et al. 2008. Cette assertion vaut en l'absence de technologie de géo-ingénierie efficace et acceptable (voir le chapitre 7).

39. Cela peut tenir aux économies d'échelle réalisées au niveau de l'acquisition des technologies (dans le cas, notamment, du programme nucléaire français et peut-être de la génération d'électricité solaire concentrée) ; aux effets de réseau (pour les programmes de construction de voies routières ou ferroviaires) ; ou à des chocs démographiques ou économiques. Cette assertion, et le reste du paragraphe sont basés sur Shalizi et Lecocq 2009.

40. Shalizi et Lecocq 2009.

41. Folger 2006 ; Levin et al. 2007.

42. Anderer et al. 1981, tel que cité dans Ha-Duong, Grubb, et Hourcade 1997.

43. Davis et Owens 2003 ; AIE 2008b ; Nemet et Kammen 2007 ; SEG 2007 ; Stern 2007.

44. Repetto 2008.

45. Stern 2007 Part VI.

46. Chiffre calculé sur la base de la formule utilisée dans Nordhaus 2008.

47. Chiffres arrondis basés sur les estimations suivantes. Le GIEC estime que, avec des prix du carbone à hauteur de 50 dollars la tonne de CO₂e, environ 65 % de la réduction des émissions aura lieu dans les pays en développement en 2030 (tableau 11.3 de Barker et al. 2007a). McKinsey Global Institute 2009b estime que cette proportion est de 68 % dans un scénario de stabilisation des émissions à 450 ppm avec une allocation au moindre coût. La part des investissements mondiaux de moindre coût dans l'atténuation réalisés en 2030 dans les pays en développement est, quant à elle comprise entre 44 et 67 % selon certaines estimations (tableau 1 : 44 % MESSAGE ; 56 % McKinsey ; 66 % MiniCAM ; 67 %, Perspectives des technologies de l'énergie, AIE) pour une concentration de 450 ppm de CO₂e. Sur l'ensemble du siècle (sur la base des valeurs actualisées de tous les investissements en 2100) la part estimée pour les pays en développement est un peu plus élevée puisqu'elle va de 66 % (Edmonds et al. 2008) et 71 % (Hope 2009).

48. Edmonds et al. 2008.

49. Pour un scénario de stabilisation à 425–450 ppm de CO₂e, ou encore 2°C, les estimations de coût sont les suivantes : IIASA 2009 : 4 000 milliards de dollars ; Knopf et al. à paraître : 6 000 milliards de dollars ; Edmonds et al. 2008 : 9 000 milliards de dollars ; Nordhaus 2008 : 11 000 milliards de dollars ; et Hope 2009 : 25 000 milliards de dollars. Ces chiffres sont actualisés et les écarts observés tiennent en grande partie à l'emploi de différents taux d'actualisation. Toutes les estimations sont basées sur le scénario le plus optimiste, dans lequel les mesures d'atténuation sont prises où que ce soit et au moment où elles sont le plus efficaces par rapport aux coûts.

50. Hamilton 2009.

51. The Nameless Hurricane, http://science.nasa.gov/headlines/y2004/02apr_hurricane.htm. Consulté le 12 mars 2009.

52. Rogers 2009 ; Westermeyer 2009.

53. OECO 2004.

54. Banque mondiale 2008b.

55. Kanbur 2009.

56. FAO 2009a.

57. Worldwatch Institute State of the World 2005 Trends and Facts—Water Conflict and Security Cooperation (<http://www.worldwatch.org/node/69>, consulté le 1er juillet 2009) ; Wolf et al. 1999.

58. Easterling et al. 2007 ; Fisher et al. 2007.

59. FAO 2008.

60. von Braun et al. 2008 ; Banque mondiale 2009a.

61. Sterner 2007. Le prix moyen du carburant en 2007 était deux fois élevé dans la zone Euro qu'aux États-Unis (1,54 dollar le litre contre 63

centimes de dollars le litre). Les variations des émissions qui ne sont pas dues aux niveaux de revenu sont prises en compte dans les résidus d'une analyse de régression des émissions par rapport au revenu par habitant. Lorsque l'on procède à la régression de ces résidus par rapport aux prix de l'essence, on obtient une estimation de l'élasticité de -0,5, ce qui signifie qu'un doublement des prix du carburant aurait pour effet de réduire les émissions de moitié, à revenu par habitant constant.

62. Basé sur les tarifs moyens de l'électricité pour les ménages en 2006-2007 ; U.S. Energy Information Agency (<http://www.eia.doe.gov/emeu/international/elecprhi.html>, consulté le 1er août 2009).

63. Les données sur les émissions proviennent de WRI 2008.

64. AIE 2008c ; PNUE 2008. Un rapport de 2004 de l'Agence européenne pour l'environnement (AEE 2004) estime que les subventions européennes au titre de l'énergie étaient de 30 milliards d'Euros en 2001 et étaient réparties comme suit : deux-tiers pour les combustibles fossiles et le dernier tiers pour l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables.

65. <http://www.eia.doe.gov/emeu/international/elecprhi.html>, consulté en juillet 2009.

66. Price and Worrell 2006.

67. ESMAP 2006.

68. <http://co2captureandstorage.info/index.htm>, (consulté le 1er août 2009).

69. Calvin et al. À paraître. AIE 2008a.

70. Gurgel, Reilly, et Paltsev 2008 ; AIE 2006 ; Wise et al. 2009.

71. NRC 2007 ; Tilman Hill, and Lehman 2006 ; WBGU 2009.

72. AIE 2008c ; AIE 2008d.

73. OCDE 2008.

74. Lotze-Campen et al. 2009 ; Wise et al. 2009 ; Se reporter au chapitre 3 pour une analyse de la question.

75. Scherr et McNeely 2008.

76. Banque mondiale 2007b.

77. Milly et al. 2008.

78. Fay, Block, et Ebinger 2009 ; Ligeti, Penney, et Wieditz 2007 ; The Heinz Center 2007

79. Lempert et Schlesinger 2000.

80. Keller, Yohe, et Schlesinger 2008.

81. Cass 2005 ; Davenport 2008 ; Dolsak 2001 ; Kunkel, Jacob, et Busch 2006.

82. Alber et Kern 2008.

83. Guth, Schmittberger, et Schwarze 1982 ; Camerer et Thaler 1995 ; Irwin 2008 ; Ruffle 1998.

84. *The Times of India* <http://timesofindia.indiatimes.com/NEWS/India/Even-in-2031-Indias-per-capita-emission-will-be-1/7th-of-US/articleshow/4717472.cms>, (consulté en août 2009).

85. Dechezlepretre et al. 2008.

86. Maini 2005 ; Nagrath 2007.

87. Haïtes et al. 2006.

88. <http://www.gefweb.org/uploadedFiles/Publications/ClimateChange-FS-June2009.pdf> (consulté le 6 juillet 2009).

89. http://unfccc.int/meetings/cop_13/items/4049.php, (consulté le 1er août 2009).

90. La réflexion sur l'aide et le développement s'oriente vers des évaluations des impacts et une aide basée sur les résultats, ce qui permet de penser qu'il y a lieu d'être déçu par les programmes fondés sur les moyens (dans le cadre desquels le suivi portait sur le montant des fonds décaissés et le nombre d'écoles construites par opposition au nombre d'enfants achevant leur scolarité ou l'amélioration des résultats scolaires). Il existe toutefois certaines différences dans la manière dont les approches « fondées sur les moyens » sont définies dans le cas présent puisque les « moyens » sont les réorientations des politiques et non pas des apports financiers définis au sens strict — c'est-à-dire l'adoption et l'application de normes de consommation de carburant et non pas le montant des dépenses publiques consacrées à un programme de rendement énergétique automobile. Il faudrait néanmoins procéder à un suivi et évaluation pour déterminer ce qui donne de bons résultats.

91. Olsen 2007 ; Sutter et Parreno 2007 ; Olsen et Fenhann 2008 ; Nussbaumer 2009 ; Michaelowa et Pallav 2007 ; Schneider 2007.

92. Fankhauser, Martin, et Prichard 2009.

93. Banque mondiale 2007d.

94. Les programmes de relance mis en œuvre dans le monde entier devraient injecter environ 430 milliards de dollars dans des domaines essentiels au regard du changement climatique au cours des prochaines années : 215 milliards de dollars pour les rendements énergétiques, 38 milliards de dollars pour les énergies renouvelables à faible intensité de carbone, 20 milliards de dollars pour le piégeage et le stockage de carbone, et 92 milliards de dollars pour des réseaux intelligents. Robins, Clover, et Singh 2009. Voir le chapitre 1 pour une analyse des créations d'emplois escomptées.

Bibliographie

Adger, W. N., S. Dessai, M. Goulden, M. Hulme, I. Lorenzoni, D. R. Nelson, L. O. Naess, J. Wolf, et A. Wreford. 2009. "Are There Social Limits to Adaptation to Climate Change?" *Climatic Change* 93 (3-4): 335-54.

AEE (Agence européenne pour l'environnement). 2004. "Energy Subsidies in the European Union: A Brief Overview." Technical Report 1/2004, AEE, Copenhague.

Agrawala, S., et S. Fankhauser. 2008. *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments*. Paris : Organisation de coopération et de développement économiques.

- AIE (Agence internationale pour l'énergie). 2006. *World Energy Outlook 2006*. Paris : Agence internationale pour l'énergie.
- . 2008a. *CO2 Capture and Storage—A Key Abatement Option*. Paris : Agence internationale pour l'énergie.
- . 2008b. *Energy Efficiency Policy Recommendations: In Support of the G8 Plan of Action*. Paris : Agence internationale pour l'énergie.
- . 2008c. *Energy Technology Perspective 2008: Scenarios and Strategies to 2050*. Paris : Agence internationale pour l'énergie.
- . 2008d. *World Energy Outlook 2008*. Paris : Agence internationale pour l'énergie.
- . 2008e. *Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency: Key Insights from IEA Indicator Analysis*. Paris : Agence internationale pour l'énergie.
- Alber, G., et K. Kern. 2008. "Governing Climate Change in Cities: Modes of Urban Climate Governance in Multi-Level Systems." Rapport présenté à la Conférence de l'OCDE intitulée "La compétitivité des villes et le changement climatique", Milan, octobre 9 et 10.
- Anderer, J., W. Hafele, N. Nakicenovic, et A. McDonald. 1981. *Energy in a Finite World*. Cambridge, MA: Ballinger.
- Bai, X. 2006. "Rizhao, China: Solar-Powered City." In *State of the World 2007: Our Urban Future*, ed. Worldwatch Institute. New York: W.W. Norton & Company Inc.
- Banque mondiale. 2007a. *East Asia Environment Monitor 2007: Adapting to Climate Change*. Washington : Banque mondiale.
- . 2007c. *Making the Most of Scarcity: Accountability for Better Water Management Results in the Middle East and North Africa*. Washington, DC: Banque mondiale.
- . 2007d. *Rapport sur le développement dans le monde 2008. L'agriculture au service du développement*. Washington : Banque mondiale.
- . 2008a. *The Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility: Providing Immediate Funding after Natural Disasters*. Washington : Banque mondiale.
- . 2008b. *South Asia Climate Change Strategy*. Washington : Banque mondiale.
- . 2008c. *World Development Indicators 2008*. Washington : Banque mondiale.
- . 2009a. *Improving Food Security in Arab Countries*. Washington : Banque mondiale.
- . 2009b. *Making Development Climate Resilient: A World Bank Strategy for Sub-Saharan Africa*. Washington : Banque mondiale.
- . 2009c. *The Economics of Adaptation to Climate Change*. Washington : Banque mondiale.
- . 2009d. "World Bank Urban Strategy." Banque mondiale, Washington.
- . 2007b. *India Groundwater AAA Midterm Review*. Washington : Banque mondiale.
- Barbera, A. J., et V. D. McConnell. 1990. "The Impacts of Environmental Regulations on Industry Productivity: Direct and Indirect Effects." *Journal of Environmental Economics and Management* 18 (1): 50–65.
- Barbier, E. B., et S. Sathirathai. 2004. *Shrimp Farming and Mangrove Loss in Thailand*. Cheltenham, Royaume-Uni : Edward Elgar Publishing.
- Barker, T., I. Bashmakov, A. Alharthi, M. Amann, L. Cifuentes, J. Drexhage, M. Duan, O. Edenhofer, B. Flannery, M. Grubb, M. Hoogwijk, F. I. Ibitoye, C. J. Jepma, W. A. Pizer, et K. Yamaji. 2007a. "Mitigation From a Cross-Sectoral Perspective." Publié dans *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, sous la direction de B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, et L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Barker, T., I. Bashmakov, L. Bernstein, J. E. Bogner, P. R. Bosch, R. Dave, O. R. Davidson, B. S. Fisher, S. Gupta, K. Halsnaes, B. Heij, S. Khan Ribeiro, S. Kobayashi, M. D. Levine, D. L. Martino, O. Masera, B. Metz, L. A. Meyer, G.-J. Nabuurs, A. Najam, N. Nakicenovic, H.-H. Rogner, J. Roy, J. Sathaye, R. Schock, P. Shukla, R. E. H. Sims, P. Smith, D. A. Tirpak, D. Urge-Vorsatz, et D. Zhou. 2007b. "Technical Summary." Publié dans *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, et L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Barrett, S. 2003. *Environment and Statecraft: The Strategy of Environmental Treaty-Making*. Oxford: Oxford University Press.
- Blanford, G. J., R. G. Richels, et T. F. Rutherford. 2008. "Revised Emissions Growth Projections for China: Why Post-Kyoto Climate Policy Must Look East." Harvard Project on International Climate Agreements, Harvard Kennedy School Discussion Paper 08-06, Cambridge, MA.
- BTS (Bureau of Transportation Statistics). 2008. *Key Transportation Indicators November 2008*. Washington : U.S. Department of Transportation.

- Burke, M., D. B. Lobell, et L. Guarino. À paraître. "Shifts in African Crop Climates by 2050 and the Implications for Crop Improvement and Genetic Resources Conservation." *Global Environmental Change*.
- Burtraw, D., D. A. Evans, A. Krupnick, K. Palmer, et R. Toth. 2005. "Economics of Pollution Trading for SO₂ and NO_x." Discussion Paper 05-05, Resources for the Future, Washington.
- Calvin, K., J. Edmonds, B. Bond- Lamberty, L. Clarke, P. Kyle, S. Smith, A. Thomson, et M. Wise. À paraître. "Limiting Climate Change to 450 ppm CO₂ Equivalent in the 21st Century." *Energy Economics*.
- Camerer, C., et R. H. Thaler. 1995. "Anomalies: Ultimatums Dictators and Manners." *Journal of Economic Perspectives* 9 (2): 109–220.
- Canadell, J. G., C. Le Quere, M. R. Raupach, C. B. Field, E. T. Buitenhuis, P. Ciais, T. J. Conway, N. P. Gillett, R. A. Houghton, et G. Marland. 2007. "Contributions to Accelerating Atmospheric CO₂ Growth from Economic Activity, Carbon Intensity, and Efficiency of Natural Sinks." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (47): 18866–70.
- Cass, L. 2005. "Measuring the Domestic Salience of International Environmental Norms: Climate Change Norms in German, British, and American Climate Policy Debates." Étude présentée devant International Studies Association, 15 mars, Honolulu.
- CCNUCC (Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques). 2008. *Investment and Financial Flows to Address Climate Change: An Update*. Bonn: CCNUCC.
- Chen, S, et M. Ravallion. 2008. "The Developing World Is Poorer than We Thought, But No Less Successful in the Fight against Poverty." Policy Research Working Paper 4703, Banque mondiale, Washington.
- Clarke, L., J. Edmonds, V. Krey, R. Richels, S. Rose, et M. Tavoni. À paraître. "International Climate Policy Architectures: Overview of the EMF 22 International Scenarios." *Energy Economics*.
- Commission européenne. 2007. "Limiting Global Climate Change to 2 Degrees Celsius—The Way Ahead for 2020 and Beyond: Impact Assessment Summary." Commission Staff Working Document, Bruxelles.
- CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters). 2008. "EM- DAT: The International Emergency Disasters Database.
- Dasgupta, S., B. Laplante, C. Meisner, D. Wheeler, et J. Yan. 2009. "The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis." *Climatic Change* 93 (3–4): 379–88.
- Davenport, D. 2008. "The International Dimension of Climate Policy." In *Turning Down the Heat: The Politics of Climate Policy in Affluent Democracies*, ed. H. Compston et I. Bailey. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
- Davis, G., et B. Owens. 2003. "Optimizing the Level of Renewable Electric R&D Expenditures Using Real Options Analysis." *Energy Policy* 31 (15): 1589–1608.
- de Bruin, K., R. Dellink, et S. Agrawala. 2009. "Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Integrated Assessment Modeling of Adaptation Costs and Benefits." Environment Working Paper 6, Organisation de coopération et de développement économiques, Paris.
- de la Torre, A., P. Fajnzylber, et J. Nash. 2008. *Low Carbon, High Growth: Latin American Responses to Climate Change*. Washington : Banque mondiale.
- Dechezlepretre, A., M. Glachant, I. Hascic, N. Johnstone, et Y. Meniere. 2008. *Invention and Transfer of Climate Change Mitigation Technologies on a Global Scale: A Study Drawing on Patent Data*. Paris: CERNA.
- Deltacommissie. 2008. *Working Together with Water: A Living Land Builds for Its Future*. Pays-Bas: Deltacommissie.
- Derpsch, R., et T. Friedrich. 2009. "Global Overview of Conservation Agriculture Adoption." In *Lead Papers, 4th World Congress on Conservation Agriculture*, 4–7 février 2009, New Delhi, Inde. New Delhi: World Congress on Conservation Agriculture.
- Disasters Database." Louvain: Université Catholique de Louvain, Ecole de Santé Publique.
- DOE (U.S. Department of Energy). 2009. "Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC)." DOE, Oak Ridge, TN.
- Dolsak, N. 2001. "Mitigating Global Climate Change: Why Are Some Countries More Committed than Others?" *Policy Studies Journal* 29 (3): 414–36.
- Easterling, W., P. Aggarwal, P. Batima, K. Brander, L. Erda, M. Howden, A. Kirilenko, J. Morton, J.- F. Soussana, J. Schmidhuber, et F. Tubiello. 2007. "Food, Fibre and Forest Products." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, et C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Ebi, K. L., et I. Burton. 2008. "Identifying Practical Adaptation Options: An Approach to Address Climate Change- related Health Risks." *Environmental Science and Policy* 11 (4): 359–69.

- Edmonds, J., L. Clarke, J. Lurz, et M. Wise. 2008. "Stabilizing CO₂ Concentrations with Incomplete International Cooperation." *Climate Policy* 8 (4): 355–76.
- Eliasch, J. 2008. *Climate Change: Financing Global Forests: The Eliasch Review*. Londres : Earthscan.
- Erenstein, O. 2009. "Adoption and Impact of Conservation Agriculture Based Resource Conserving Technologies in South Asia." In *Lead Papers, 4th World Congress on Conservation Agriculture*, February 4–7, 2009, New Delhi, Inde. New Delhi: World Congress on Conservation Agriculture.
- ESMAP (Energy Sector Management Assistance Program). 2006. *Proceedings of the International Grid- Connected Renewable Energy Policy Forum*. Washington : Banque mondiale.
- Falloon, P., et R. Betts. À paraître. "Climate Impacts on European Agriculture and Water Management in the Context of Adaptation and Mitigation: The Importance of an Integrated Approach." *Science of the Total Environment*.
- Fankhauser, S., N. Martin, et S. Prichard. 2009. "The Economics of the CDM Levy: Revenue Potential, Tax Incidence and Distortionary Effects." Document de référence pour le Rapport sur le développement dans le monde 2010.
- FAO (Organisation pour l'alimentation et l'agriculture). 2005. "Global Forest Resources Assessment 2005: Progress towards Sustainable Forest Management." Forestry Paper 147, Rome.
- . 2007. "The World's Mangroves 1980–2005." Forestry Paper 153, Rome.
- . 2008. *Food Outlook: Global Market Analysis*. Rome: FAO.
- . 2009a. "Aquastat." Rome.
- . 2009b. "More People than Ever Are Victims of Hunger." Communiqué de presse, Rome.
- Fay, M., R. I. Block, et J. Ebinger. 2009. *Adapting to Climate Change in Europe and Central Asia*. Washington : Banque mondiale.
- Fisher, B. S., N. Nakicenovic, K. Alfsen, J. Corfee Morlot, F. de la Chesnaye, J.- C. Hourcade, K. Jiang, M. Kainuma, E. La Rovere, A. Matysek, A. Rana, K. Riahi, R. Richels, S. Rose, D. van Vuuren, et R. Warren. 2007. "Issues Related to Mitigation in the Long- Term Context." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, et L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- FMI (Fonds monétaire international). 2009. "From Recession to Recovery: How Soon and How Strong?" In *World Economic Outlook: Crisis and Recovery*. Washington : FMI.
- Folger, T. 2006. "Can Coal Come Clean? How to Survive the Return of the World's Dirtiest Fossil Fuel." Décembre. *Discover Magazine*.
- GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). 2001. *Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Royaume-Uni: GIEC.
- . 2007b. "Summary for Policymakers." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, et C. E. Hanson. Cambridge, Royaume-Uni: Cambridge University Press.
- . 2007c. "Summary for Policymakers." In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, et H. L. Miller. Cambridge, Royaume-Uni: Cambridge University Press.
- . 2007a. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Genève : GIEC.
- Gouvernement bangladais. 2008. *Cyclone Sidr in Bangladesh: Damage, Loss and Needs Assessment for Disaster Recovery and Reconstruction*. Dhaka : Gouvernement bangladais, Banque mondiale, et Commission européenne.
- Guan, D., et K. Hubacek. 2008. "A New and Integrated Hydro- Economic Accounting and Analytical Framework for Water Resources: A Case Study for North China." *Journal of Environmental Management* 88 (4): 1300–1313.
- Gurgel, A. C., J. M. Reilly, et S. Paltsev. 2008. *Potential Land Use Implications of a Global Biofuels Industry*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology Joint Program on the Science and Policy of Global Change.
- Guth, W., R. Schmittberger, et B. Schwarze. 1982. "An Experimental Analysis of Ultimatum Bargaining." *Journal of Economic Behavior and Organization* 3 (4): 367–88.
- Guthrie, P., C. Juma, et H. Sillem, eds. 2008. *Engineering Change: Towards a Sustainable*

- Future in the Developing World*. Londres : Royal Academy of Engineering.
- Ha-Duong, M., M. Grubb, et J.-C. Hourcade. 1997. "Influence of Socioeconomic Inertia and Uncertainty on Optimal CO₂-Emission Abatement." *Nature* 390: 270–73.
- Haites, E., D. Maosheng, et S. Seres. 2006. "Technology Transfer by CDM Projects." *Climate Policy* 6: 327–44.
- Hamilton, K. 2009. "Delayed Participation in a Global Climate Agreement." Note de référence. Banque mondiale, Washington.
- Hare, B., et M. Meinshausen. 2006. "How Much Warming Are We Committed to and How Much Can Be Avoided?" *Climatic Change* 75 (1–2): 111–49.
- Heinz Center. 2007. *A Survey of Climate Change Adaptation Planning*. Washington : John Heinz III Center for Science, Economics and the Environment.
- Hof, A. F., M. G. J. den Elzen, et D. P. van Vuuren. 2008. "Analyzing the Costs and Benefits of Climate Policy: Value Judgments and Scientific Uncertainties." *Global Environmental Change* 18 (3): 412–24.
- Hope, C. 2009. "How Deep Should the Deep Cuts Be? Optimal CO₂ Emissions over Time under Uncertainty." *Climate Policy* 9 (1): 3–8.
- Horton, R., C. Herweijer, C. Rosenzweig, J. Liu, V. Gornitz, et A. C. Ruane. 2008. "Sea Level Rise Projections for Current Generation CGCMs Based on the Semi-Empirical Method." *Geophysical Research Letters* 35: L02715–doi:10.1029/2007GL032486.
- Houghton, R. A. 2009. "Emissions of Carbon from Land Management." Note de référence pour le Rapport sur le développement dans le monde 2010.
- ICCT (International Council on Clean Transportation). 2007. *Passenger Vehicle Greenhouse Gas and Fuel Economy Standard: A Global Update*. Washington : ICCT.
- IIASA (Institute international pour l'analyse des systèmes appliqués). 2009. "GGI Scenario Database." Laxenburg, Autriche.
- International Scientific Steering Committee. 2005. *Avoiding Dangerous Climate Change: International Symposium on the Stabilization of Greenhouse Gas Concentrations*. Exeter, Royaume-Uni : Hadley Centre Met Office.
- Irwin, T. 2009. "Implications for Climate Change Policy of Research on Cooperation in Social Dilemma." Policy Research Working Paper 5006. Banque mondiale, Washington.
- Jaffe, A., S. R. Peterson, P. R. Portney, et R. N. Stavins. 1995. "Environmental Regulation and the Competitiveness of U.S. Manufacturing: What Does the Evidence Tell Us?" *Journal of Economic Literature* 33 (1): 132–63.
- Kanbur, R. 2009. "Macro Crises and Targeting Transfers to the Poor." Cornell University, Ithaca, NY.
- Karim, M. F., et N. Mimura. 2008. "Impacts of Climate Change and Sea-Level Rise on Cyclonic Storm Surge Floods in Bangladesh." *Global Environmental Change* 18 (3): 490–500.
- Keim, M. E. 2008. "Building Human Resilience: The Role of Public Health Preparedness and Response as an Adaptation to Climate Change." *American Journal of Preventive Medicine* 35 (5): 508–16.
- Keller, K., G. Yohe, et M. Schlesinger. 2008. "Managing the Risks of Climate Thresholds: Uncertainties and Information Needs." *Climatic Change* 91: 5–10.
- Knopf, B., O. Edenhofer, T. Barker, N. Bauer, L. Baumstark, B. Chateau, P. Criqui, A. Held, M. Isaac, M. Jakob, E. Jochem, A. Kitous, S. Kypreos, M. Leimbach, B. Magne, S. Mima, W. Schade, S. Scricciu, H. Turton, et D. van Vuuren. À paraître. "The Economics of Low Stabilisation: Implications for Technological Change et Policy." In *Making Climate Change Work for Us*, ed. M. Hulme et H. Neufeldt. Cambridge, Royaume-Uni: Cambridge University Press.
- Koetse, M., et P. Rietveld. 2009. "The Impact of Climate Change and Weather on Transport: An Overview of Empirical Findings." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 14 (3): 205–21.
- Kunkel, N., K. Jacob, et P. -O. Busch. 2006. "Climate Policies : (The Feasibility of) a Statistical Analysis of their Determinants." Paper presented at the Human Dimensions of Global Environmental Change, Berlin.
- Lawrence, D. M., A. G. Slater, R. A. Tomas, M. M. Holland, et C. Deser. 2008. "Accelerated Arctic Land Warming and Permafrost Degradation during Rapid Sea Ice Loss." *Geophysical Research Letters* 35: L11506–doi:10.1029/2008GL033985.
- Lehmann, J. 2007. "A Handful of Carbon." *Nature* 447: 143–44.
- Lempert, R. J., et M. E. Schlesinger. 2000. "Robust Strategies for Abating Climate Change." *Climatic Change* 45 (3–4): 387–401.
- Levin, K., B. Cashore, S. Bernstein, et G. Auld. 2007. "Playing It Forward: Path Dependency, Progressive Incrementalism, and the 'Super Wicked' Problem of Global Climate Change." Étude présentée à International Studies Association 48th Annual Convention, 28 février, Chicago.
- Ligeti, E., J. Penney, et I. Wieditz. 2007. *Cities Preparing for Climate Change: A Study of Six Urban Regions*. Toronto: Clean Air Partnership.

- Lotze-Campen, H., A. Popp, J. P. Dietrich, et M. Krause. 2009. "Competition for Land between Food, Bioenergy and Conservation." Note de référence pour le Rapport sur le développement dans le monde 2010.
- Lüthi, D., M. Le Floch, B. Bereiter, T. Blunier, J.-M. Barnola, U. Siegenthaler, D. Raynaud, J. Jouzel, H. Fischer, K. Kawamura, et T. F. Stocker. 2008. "High-Resolution Carbon Dioxide Concentration Record 650,000–800,000 Years before Present." *Nature* 453 (7193): 379–82.
- Maini, C. 2005. "Development of a Globally Competitive Electric Vehicle in India." *Journal of the Indian Institute of Science* 85: 83–95.
- Mann, M. 2009. "Defining Dangerous Anthropogenic Interference." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (11): 4065–66.
- Matthews, H. D., et D. W. Keith. 2007. "Carbon-cycle Feedbacks Increase the Likelihood of a Warmer Future." *Geophysical Research Letters* 34: L09702–doi:10.1029/2006GL028685.
- Matthews, H. D., et K. Caldeira. 2008. "Stabilizing Climate Requires Near-zero Emissions." *Geophysical Research Letters* 35: L04705–doi:10.1029/2007GL032388.
- McKinsey Global Institute. 2009. *Pathways to a Low-carbon Economy. Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. Washington : McKinsey & Company.
- McNeely, J. A., et S. J. Scherr. 2003. *Ecoagriculture: Strategies to Feed the World and Save Biodiversity*. Washington : Island Press.
- Meyer, S. M. 1995. "The Economic Impact of Environmental Regulation." *Journal of Environmental Law and Practice* 3 (2): 4–15.
- Michaelowa, A., et P. Pallav. 2007. *Additional-ity Determination of Indian CDM Projects: Can Indian CDM Project Developers Outwit the CDM Executive Board?* Zurich: Université de Zurich.
- Mignone, B. K., R. H. Socolow, J. L. Sarmiento, et M. Oppenheimer. 2008. "Atmospheric Stabilization and the Timing of Carbon Mitigation." *Climatic Change* 88 (3–4): 251–65.
- Mills, E. 2009. *Building Commissioning: A Golden Opportunity for Reducing Energy Costs and Greenhouse Gas Emissions*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Milly, P. C. D., J. Betancourt, M. Falkenmark, R. M. Hirsch, Z. W. Kundzewicz, D. P. Lettenmaier, et R. J. Stouffer. 2008. "Stationarity Is Dead: Whither Water Management?" *Science* 319 (5863): 573–74.
- Müller, C., A. Bondeau, A. Popp, K. Waha, et M. Fader. 2009. "Climate Change Impacts on Agricultural Yields." Note de référence pour le Rapport sur le développement dans le monde 2010.
- Nagrath, S. 2007. "Gee Whiz, It's a Reva! The Diminutive Indian Electric Car Is a Hit on the Streets of London." *Businessworld* 27(2), 16 octobre.
- National Academy of Engineering. 2008. *Grand Challenges for Engineering*. Washington : National Academy of Sciences.
- Nemet, G. 2006. "Beyond the Learning Curve: Factors Influencing Cost Reductions in Photovoltaics." *Energy Policy* 34 (17): 3218–32.
- Nemet, G., et D. M. Kammen. 2007. "U.S. Energy Research and Development: Declining Investment, Increasing Need, and the Feasibility of Expansion." *Energy Policy* 35 (1): 746–55.
- Nordhaus, W. 2008. *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Nordhaus, W., et J. Boyer. 2000. *Warming the World: Economic Models of Climate Change*. Cambridge, MA: MIT Press.
- NRC (National Research Council). 2007. *Water Implications of Biofuels Production in the United States*. Washington : National Academies Press.
- Nussbaumer, P. 2009. "On the Contribution of Labeled Certified Emission Reductions to Sustainable Development: A Multi-criteria Evaluation of CDM Projects." *Energy Policy* 37 (1): 91–101.
- OCDE (Organisation de coopération économique et de développement). 2008. *Compendium of Patent Statistics 2008*. Paris: OCDE.
- OECD (Organisation des États des Caraïbes orientales). 2004. *Grenada: Macro Socio-Economic Assessment of the Damages Caused by Hurricane Ivan*. St. Lucia: OECO.
- Olsen, K. H. 2007. "The Clean Development Mechanism's Contribution to Sustainable Development: A Review of the Literature." *Climatic Change* 84 (1): 59–73.
- Olsen, K. H., et J. Fenhann. 2008. "Sustainable Development Benefits of Clean Development Mechanism Projects. A New Methodology for Sustainability Assessment Based on Text Analysis of the Project Design Documents Submitted for Validation." *Energy Policy* 36 (8): 2819–30.
- Parry, M., J. Palutikof, C. Hanson, et J. Lowe. 2008. "Squaring Up to Reality." *Nature* 2: 68–71.
- Parry, M., O. F. Canziani, J. P. Palutikof, et coauteurs. 2007. "Technical Summary." In, *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J.

- van der Linden, et C. E. Hanson. Cambridge, Royaume-Uni: Cambridge University Press.
- PNUE (Programme des Nations Unies pour l'environnement). 1990. *Global Assessment of Soil Degradation*. New York: PNUE.
- . 2008. *Reforming Energy Subsidies: Opportunities to Contribute to the Climate Change Agenda*. Nairobi: UNEP Division of Technology, Industry and Economics.
- Price, L., et E. Worrell. 2006. "Global Energy Use, CO₂ Emissions, and the Potential for Reduction in the Cement Industry." Étude présentée à un atelier de l'Agence internationale de l'énergie sur "Cement Energy Efficiency", Paris.
- Project Catalyst. 2009. *Adaptation to Climate Change: Potential Costs and Choices for a Global Agreement*. Londres: ClimateWorks et European Climate Foundation.
- Raupach, M. R., G. Marland, P. Ciais, C. Le Quere, J. G. Canadell, G. Klepper, et C. B. Field. 2007. "Global and Regional Drivers of Accelerating CO₂ Emissions." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (24): 10288–93.
- Repetto, R. 2008. "The Climate Crisis and the Adaptation Myth." School of Forestry and Environmental Studies Working Paper 13, Yale University, New Haven, CT.
- Robins, N., R. Clover, et C. Singh. 2009. *A Climate for Recovery: The Colour of Stimulus Goes Green*. London: Hong Kong and Shanghai Banking Corporation.
- Rogers, D. 2009. "Environmental Information Services and Development." Note de référence pour le Rapport sur le développement dans le monde 2010.
- Ruffe, B. J. 1998. "More Is Better, But Fair Is Fair: Tipping in Dictator and Ultimatum Games." *Games and Economic Behavior* 23 (2): 247–65.
- Schaeffer, M., T. Kram, M. Meinshausen, D. P. van Vuuren, et W. L. Hare. 2008. "Near-Linear Cost Increase to Reduce Climate Change Risk." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (52): 20621–26.
- Scheffer, M., V. Brovkin, et P. Cox. 2006. "Positive Feedback between Global Warming and Atmospheric CO₂ Concentration Inferred from Past Climate Change." *Geophysical Research Letters* 33: L10702—doi:10.1029/2005GL025044.
- Scherr, S. J., et J. A. McNeely. 2008. "Biodiversity Conservation and Agricultural Sustainability: Towards a New Paradigm of Ecoagriculture Landscapes." *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363: 477–94.
- Schneider, L. 2007. *Is the CDM Fulfilling Its Environmental and Sustainable Development Objective? An Evaluation of the CDM and Options for Improvement*. Berlin: Institute for Applied Ecology.
- SEG (Scientific Expert Group on Climate Change). 2007. *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*. Washington : SEG.
- Shalizi, Z. 2006. "Addressing China's Growing Water Shortages and Associated Social and Environmental Consequences." Policy Research Working Paper 3895, Banque mondiale, Washington.
- Shalizi, Z., et F. Lecocq. 2009. "Economics of Targeted Mitigation Programs in Sectors with Long- Lived Capital Stock." Note de référence pour le Rapport sur le développement dans le monde 2010.
- Smith, J. B., S. H. Schneider, M. Oppenheimer, G. W. Yohe, W. Hare, M. D. Mastrandrea, A. Patwardhan, I. Burton, J. Corfee- Morlot, C. H. D. Magadza, H.- M. Fussel, A. B. Pittock, A. Rahman, A. Suarez, et J.- P. van Ypersele. 2009. "Assessing Dangerous Climate Change Through an Update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Reasons for Concern." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(11):4133–37.
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, R. J. Scholes, O. Sirotenko, M. Howden, T. McAllister, G. Pan, V. Romanenkov, U. Schneider, S. Towprayoon, M. Wattenbach, et J. U. Smith. 2008. "Greenhouse Gas Mitigation in Agriculture." *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363 (1492): 789–813.
- Snoussi, M., T. Ouchani, A. Khouakhi, et I. Niang- Diop. 2009. "Impacts of Sea- level Rise on the Moroccan Coastal Zone: Quantifying Coastal Erosion and Flooding in the Tangier Bay." *Geomorphology* 107 (1–2): 32–40.
- Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, Royaume-Uni: Cambridge University Press.
- Sterner, T. 2007. "Fuel Taxes: An Important Instrument for Climate Policy." *Energy Policy* 35: 3194–3202.
- Sutter, C., et J. C. Parreno. 2007. "Does the Current Clean Development Mechanism (CDM) Deliver its Sustainable Development Claim? An Analysis of Officially Registered CDM Projects." *Climatic Change* 84 (1): 75–90.
- Swiss Re. 2007. "World Insurance in 2006: Premiums Came Back to 'Life.'" Zurich: Sigma 4/2007.
- Tilman, D., J. Hill, et C. Lehman. 2006. "Carbon- Negative Biofuels from Low- Input High- Diversity Grassland Biomass." *Science* 314: 1598–1600.
- Tol, R. S. J. 2008. "Why Worry about Climate Change? A Research Agenda." *Environmental Values* 17 (4): 437–70.

- Torn, M. S., et J. Harte. 2006. "Missing Feedbacks, Asymmetric Uncertainties, and the Underestimation of Future Warming." *Geophysical Research Letters* 33 (10): L10703–doi:10.1029/2005GL025540.
- Tschakert, P. 2004. "The Costs of Soil Carbon Sequestration: An Economic Analysis for Small- Scale Farming Systems in Senegal." *Agricultural Systems* 81 (3): 227–53.
- Voluntary Carbon Standard. 2007. "Guidance for Agriculture, Forestry and Other Land Use Projects." Washington.
- von Braun, J., A. Ahmed, K. Asenso- Okyere, S. Fan, A. Gulati, J. Hoddinott, R. Pandya- Lorch, M. W. Rosegrant, M. Ruel, M. Torero, T. van Rheenen, et K. von Grebmer. 2008. *High Food Prices: The What, Who, and How of Proposed Policy Actions*. Washington : International Food Policy Research Institute.
- Walter, K. M., S. A. Zimov, J. P. Chanton, D. Verbyla, et F. S. Chapin III. 2006. "Methane Bubbling from Siberian Thaw Lakes as a Positive Feedback to Climate Warming." *Nature* 443: 71–75.
- Wardle, D. A., M- C. Nilsson, et O. Zackrisson. 2008. "Fire- derived Charcoal Causes Loss of Forest Humus." *Science* 320 (5876): 629.
- WBGU (German Advisory Council on Global Change). 2009. *Future Bioenergy and Sustainable Land Use*. Londres: Earthscan.
- Westermeyer, W. 2009. "Observing the Climate for Development." Note de référence pour le Rapport sur le développement dans le monde 2010.
- Wise, M. A., K. V. Calvin, A. M. Thomson, L. E. Clarke, B. Bond- Lamberty, R. D. Sands, S. J. Smith, A. C. Janetos, et J. A. Edmonds. 2009. *The Implications of Limiting CO2 Concentrations for Agriculture, Land Use, Land- use Change Emissions and Bioenergy*. Richland, WA: Pacific Northwest National Laboratory (PNNL).
- Wolf, A. T., J. A. Natharius, J. J. Danielson, B. S. Ward, et J. K. Pender. 1999. "International Basins of the World." *International Journal of Water Resources Development* 15 (4): 387–427.
- WRI (Institut des ressources mondiales). 2008. "Climate Analysis Indicators Tool (CAIT)." Washington.
- Xia, J., L. Zhang, C. Liu, et J. Yu. 2007. "Towards Better Water Security in North China." *Water Resources Management* 21 (1): 233–47.
- Yohe, G. W., R. D. Lasco, Q. K. Ahmad, N. Arnell, S. J. Cohen, C. Hope, A. C. Janetos, et R. T. Perez. 2007. "Perspectives on Climate Change and Sustainability." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, et C. E. Hanson. Cambridge, Royaume-Uni: Cambridge University Press.

functions—that is, their expected regret is never large compared to the alternatives.

Safety net: Mechanisms that aim to protect people from the impact of shocks such as flood, drought, unemployment, illness, or the death of a breadwinner.

Sensitivity: The degree to which a system is affected, either adversely or beneficially, by climate variability or change.

Sequestration: In the climate context, the process of removing carbon from the atmosphere and storing it in reservoirs such as new forests, soil carbon or underground storage. *Biological sequestration:* The removal of CO₂ from the atmosphere and storing it in organic matter through land-use change, afforestation, reforestation, carbon storage in landfills and practices that enhance soil carbon in agriculture.

Social norms: Implicit or explicit values, beliefs, and rules adopted by a group to self regulate behavior through peer pressure; the yardstick individuals use to assess what is acceptable or unacceptable behavior.

Social protection: The set of public interventions aimed at supporting the poorer and more vulnerable members of society, as well as helping individuals, families, and communities to manage risk—for example, unemployment insurance programs, income support, and social services.

Stationarity: The idea that natural systems fluctuate within an unchanging envelope of variability, delimited by the range of past experiences.

Technology transfer: The process of sharing of skills, knowledge, technologies, and methods of manufacture to ensure that scientific and technological developments are accessible to a wider range of users.

Threshold: The level at which sudden or rapid change occurs.

Transaction costs: Costs associated with the exchange of goods or services.

Uncertainty: An expression of the degree to which a value (such as the future state of the climate system) is unknown. Uncertainty can result from lack of information or from disagreement about what is known or even knowable. It may have many types of sources, from quantifiable errors in the data to uncertain projections of human behavior. Uncertainty can therefore be represented by quantitative measures, for example, a range of values calculated by various models, or by qualitative statements, for example, reflecting expert judgment. However, in economics, uncertainty refers to Knightian uncertainty, which is immeasurable. This is in contrast to risk, wherein the occurrence of certain events is associated with a knowable probability distribution.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC): A Convention adopted in May 1992 with the ultimate objective of the “stabilization of greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system.”