

# Aspects économiques de l'adaptation au changement climatique

## COÛTS, BÉNÉFICES ET INSTRUMENTS ÉCONOMIQUES





# Aspects économiques de l'adaptation au changement climatique

COÛTS, BÉNÉFICES ET INSTRUMENTS  
ÉCONOMIQUES

*Édité par*

Shardul Agrawala et Samuel Fankhauser



# ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

L'OCDE est un forum unique en son genre où les gouvernements de 30 démocraties œuvrent ensemble pour relever les défis économiques, sociaux et environnementaux que pose la mondialisation. L'OCDE est aussi à l'avant-garde des efforts entrepris pour comprendre les évolutions du monde actuel et les préoccupations qu'elles font naître. Elle aide les gouvernements à faire face à des situations nouvelles en examinant des thèmes tels que le gouvernement d'entreprise, l'économie de l'information et les défis posés par le vieillissement de la population. L'Organisation offre aux gouvernements un cadre leur permettant de comparer leurs expériences en matière de politiques, de chercher des réponses à des problèmes communs, d'identifier les bonnes pratiques et de travailler à la coordination des politiques nationales et internationales.

Les pays membres de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, la Corée, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission des Communautés européennes participe aux travaux de l'OCDE.

Les Éditions OCDE assurent une large diffusion aux travaux de l'Organisation. Ces derniers comprennent les résultats de l'activité de collecte de statistiques, les travaux de recherche menés sur des questions économiques, sociales et environnementales, ainsi que les conventions, les principes directeurs et les modèles développés par les pays membres.

*Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les interprétations exprimées ne reflètent pas nécessairement les vues de l'OCDE ou des gouvernements de ses pays membres.*

Publié en anglais sous le titre :

## **Economic Aspects of Adaptation to Climate Change**

COSTS, BENEFITS AND POLICY INSTRUMENTS

Les corrigenda des publications de l'OCDE sont disponibles sur : [www.oecd.org/editions/corrigenda](http://www.oecd.org/editions/corrigenda).

© OCDE 2008

---

L'OCDE autorise à titre gracieux toute reproduction de cette publication à usage personnel, non commercial. L'autorisation de photocopier partie de cette publication à des fins publiques ou commerciales peut être obtenue du Copyright Clearance Center (CCC) [info@copyright.com](mailto:info@copyright.com) ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) [contact@cfcopies.com](mailto:contact@cfcopies.com). Dans tous ces cas, la notice de copyright et autres légendes concernant la propriété intellectuelle doivent être conservées dans leur forme d'origine. Toute demande pour usage public ou commercial de cette publication ou pour traduction doit être adressée à [rights@oecd.org](mailto:rights@oecd.org).

---

*Contributeurs*

Shardul Agrawala  
Florence Crick  
Samuel Fankhauser  
David Hanrahan  
Simon Jetté-Nantel  
Gregory Pope  
Jerry Skees  
Chris Stephens  
Alina Tepes  
Shamima Yasmine



## *Avant-propos*

Dans tous les pays, le changement climatique pose un sérieux défi au développement économique et social. Alors qu'il est nécessaire de négocier des engagements internationaux de réduction de gaz à effet de serre, il est aussi évident face aux conséquences constatées et anticipées du changement climatique qu'il est primordial de mettre en place des mesures et des moyens d'action pour faciliter l'adaptation.

C'est dans ce contexte que s'inscrit le travail sur l'adaptation mené par l'OCDE depuis 2002. Bien que l'objet initial de ce travail ait porté sur les opportunités et les défis que représentait l'intégration des risques climatiques dans la coopération pour le développement et dans les pays de l'OCDE, les travaux les plus récents se sont concentrés sur les problèmes analytiques concernant les aspects économiques de l'adaptation. Cet ouvrage, sur les *Aspects économiques de l'adaptation au changement climatique : Coûts, bénéfices et instruments économiques*, en est un des résultats.

Cet ouvrage a été chapeauté par le Groupe de travail sur les questions d'environnement mondiales et structurelles. Ce rapport a été coédité par Shardul Agrawala et Samuel Fankhauser, et a regroupé les auteurs suivants : Florence Crick, David Hanrahan, Simon Jetté-Nantel, Gregory Pope, Jerry Skees, Chris Stephens, Alina Tepes, et Shamima Yasmine. L'équipe remercie Kate Lancaster, Julie Harris et Diana Woo pour leur aide révisionnelle.

Ce rapport a bénéficié des réflexions et observations de Philip Bagnoli, Francesco Bosello, Barbara Buchner, Fernando Gusmao, Stéphane Hallegatte, Michael Hanemann, Gordon Hughes, Ian Johnson, Paul Kirshen, Helen Mountford, Robert Nicholls, David Satterthwaite, Monica Scatasta, Joel Smith, et Tenke Zoltani, et de tous les participants de l'Atelier des experts de l'OCDE sur les aspects économiques de l'adaptation au changement climatique, tenu en avril 2008. L'équipe est reconnaissante à *Idea Carbon* (Royaume-Uni) et à la Caisse des dépôts et consignation (France) pour leurs contributions au rapport, ainsi qu'à l'École Woodrow Wilson des Affaires publiques et internationales de l'université de

Princeton, qui a financé le congé sabbatique de Shardul Agrawala, lui permettant de mener sur place certaines recherches en rapport avec cet ouvrage.



## *Table des matières*

Liste des abréviations.....	9
Résumé .....	11
<b>Chapitre 1. L’adaptation au changement climatique dans un contexte économique .....</b>	<b>21</b>
Introduction.....	22
Les coûts et les bénéfices de l’adaptation .....	24
Le calendrier d’exécution de l’adaptation.....	26
La gestion de l’incertitude.....	27
Incitation à l’adaptation .....	29
Objectif du reste de cet ouvrage.....	30
Références.....	32
<b>Chapitre 2. Estimations empiriques des coûts et des bénéfices de l’adaptation : une analyse critique .....</b>	<b>33</b>
Introduction.....	34
Estimations sectorielles.....	35
Estimations multisectorielles au niveau national .....	72
Estimations multisectorielles mondiales .....	78
Conclusions.....	87
Références.....	91
<b>Chapitre 3. Instruments économiques visant l’incitation à l’adaptation .....</b>	<b>97</b>
Introduction.....	98
Champ d’application des instruments économiques relatifs à l’adaptation .....	100
Partage des risques et assurances .....	102
Signaux-prix et marchés environnementaux .....	119
Partenariats public-privé .....	132
Conclusions.....	144
Références.....	148

**Encadrés**

Encadré 2.1. Description des huit secteurs/catégories choisis .....	73
Encadré 3.1. Variabilité des précipitations et le problème de la fixation du montant des primes d'assurance .....	116
Encadré 3.2. Les marchés de l'eau en Australie .....	123
Encadré 3.3. Marchés informels de l'eau en Inde .....	124
Encadré 3.4 Protection des bassins hydrographiques au niveau local – le cas de la Colombie .....	128
Encadré 3.5. Le dispositif PSE de Vittel .....	129
Encadré 3.6 Les partenariats public-privé dans le domaine de la recherche et du développement .....	136
Encadré 3.7. Le barrage sur la Tamise .....	139

**Tableaux**

Tableau 1.1. Classification hypothétique des coûts et des bénéfices de l'adaptation .....	25
Tableau 2.1. Étendue des données empiriques sur les coûts et les bénéfices de l'adaptation .....	36
Tableau 2.2. Impacts physiques de l'élévation du niveau de la mer et exemples d'adaptations possibles .....	38
Tableau 2.3. Coûts de la protection côtière .....	40
Tableau 2.4. Stratégies d'adaptation dans l'agriculture .....	50
Tableau 2.5. Évaluation quantitative des bénéfices de l'adaptation dans l'agriculture selon un choix d'études .....	53
Tableau 2.6. Estimations des coûts d'adaptation à l'échelle mondiale .....	80
Tableau 3.1. Impacts du climat, options d'adaptation et instruments économiques .....	103
Tableau 3.2. Produits indexés de transfert du risque dans les pays à faible revenu .....	110
Tableau 3.3. Types de participation du secteur privé .....	134
Tableau 3.4. Participation du secteur privé aux infrastructures des pays en développement, 1990-2006 .....	137
Tableau 3.5. Part des projets privés d'infrastructures annulés ou en difficulté, 1990-2006 .....	140
Tableau 3.6. Vulnérabilité des projets privés d'infrastructures .....	141

**Graphiques**

Graphique 2.1. Avantages de l'adaptation pour les cultures de céréales dans les régions tropicales et tempérées .....	52
Graphique 2.2. Coûts totaux des actions d'adaptation prioritaires définies dans les PANA .....	75
Graphique 2.3. Répartition des coûts d'adaptation par secteur dans chaque pays .....	76

## Liste des abréviations

AEE	Agence européenne de l'environnement
APD	Aide publique au développement
ASS	Afrique sub-saharienne
BAD	Banque asiatique de développement
BM	Banque mondiale
BMD	<i>Bassin Murray Darling</i>
BERD	Banque européenne pour la reconstruction et le développement
CCNUCC	Convention cadre des Nations unies pour le changement climatique
CE	Commission européenne
CENUE	Commission économique des Nations unies pour l'Europe
ECO	Europe centrale et orientale
EGC	Équilibre général calculable
ENSO	<i>El Niño Southern Oscillation</i>
exURSS	Ancienne Union Soviétique
FAM	Flux annuel moyen
FMI	Fond monétaire international
FONDEN	<i>Fondo para Desastres Naturales</i>
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental pour l'étude du climat
IDE	Investissement direct étranger
IFP	Initiative financière privée
INB	Investissement national brut
MENA	Moyen-Orient et Afrique du Nord ( <i>Middle East and North Africa</i> )
MPCI	Assurances multi-périls aux récoltes ( <i>Multi-peril crop insurance</i> )
NASFAM	Association nationale des petits exploitants agricoles au Malawi ( <i>National Smallholder Farmers' Association of Malawi</i> )
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> (États-Unis)
ONG	Organisation non-gouvernementale
OMS	Organisation mondiale pour la santé
PANA	Programme d'action nationale pour l'adaptation
PAM	Programme alimentaire mondial
PIB	Produit intérieur brut
PNB	Produit national brut
PNUD	Programme des Nations unies pour le développement

PMA	Pays les moins avancés
PPP	Partenariat public-privé
PSE	Paiement au titre de services environnementaux
RD	Recherche et développement
RdF	Risque de faim
SRES	<i>Special Report on Emission Scenarios</i> (du GIEC)
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
WWF	<i>World Wildlife Fund</i>

## Résumé

Il est aujourd'hui largement reconnu que l'adaptation au changement climatique constitue une réponse aussi importante que complémentaire à la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans la lutte contre le changement climatique. On considère l'adaptation comme l'ensemble des actions menées de manière délibérée, afin de réduire les effets négatifs d'un phénomène, et de mieux en saisir les opportunités. Un large éventail de mesures d'adaptation peut être mis en œuvre pour faire face aux conséquences observées et anticipées du changement climatique. Celui-ci englobe la modification des pratiques agricoles et du choix des variétés cultivées, la construction de nouveaux réservoirs d'eau, la rationalisation de la gestion de l'eau, le changement des normes et des règlements de construction, l'investissement dans la climatisation, et la construction de digues. Les mesures d'adaptation sont mises en œuvre par divers acteurs publics et privés au moyen de politiques, d'investissements dans les infrastructures et les technologies, et de modifications des comportements. Les coûts de l'adaptation, et l'ampleur des bénéfices qu'elle pourra procurer, présentent de plus en plus d'intérêt, aussi bien dans le cadre de projets sur le terrain qu'au niveau mondial, où il faudra sans doute arbitrer entre les coûts des politiques climatiques, et les coûts des dommages résiduels dus au changement climatique.

Ce rapport fournit une évaluation critique des coûts et des bénéfices de l'adaptation dans des secteurs clés sensibles au changement climatique, et une évaluation multisectorielle au niveau sectoriel, national et mondial. Il prolonge aussi la réflexion au-delà de l'estimation des coûts pour étudier les mécanismes de marché et les dispositifs réglementaires qui peuvent constituer des mesures incitatives à l'adaptation. De tels mécanismes ont jusqu'à présent reçu peu d'attention dans le contexte de l'adaptation.

---

## **Les efforts d'adaptation doivent reposer sur des bases économiques solides**

---

D'un point de vue économique, l'adaptation devrait être évaluée selon si, et de combien, les bénéfices de telles actions sont supérieurs aux coûts engagés. En particulier, les estimations des coûts et des bénéfices de l'adaptation sont pertinents à deux niveaux. D'une part, les coûts et les bénéfices de l'adaptation peuvent être utiles pour les acteurs directement exposés à des risques climatiques particuliers, et qui doivent prendre des décisions sur si, dans quelle mesure, et quand il faut investir dans l'adaptation. Ces acteurs peuvent être des individus et des ménages, des agriculteurs, des directeurs de projet, et des planificateurs sectoriels. D'autre part, au niveau national et mondial, les estimations des coûts peuvent servir à « donner un prix » global à l'adaptation, qui devrait ensuite trouver des sources de financements internationaux, nationaux ou privés.

Pourtant, l'évaluation économique des coûts et des bénéfices de l'adaptation soulève des difficultés importantes d'analyse et d'action. Une des raisons est que de nombreuses mesures d'adaptation sont vagues par nature. Celles-ci font elles-mêmes partie d'actions mises en place pour faire face à de multiples stimuli sociaux et environnementaux. Par conséquent, il est probablement impossible d'évaluer la part exclusive des coûts du stimulus climatique dans ce type de décisions, qui sont sous l'influence simultanée d'un large éventail d'autres facteurs, souvent plus influents. Les coûts de l'adaptation peuvent aussi augmenter de manière exponentielle si, en plus des mesures qui visent à réduire directement les dommages dus au changement climatique, on considère que les mesures pour améliorer les « capacités d'adaptation » de bases font aussi partie du champ de l'adaptation. L'incertitude concernant les conséquences spécifiques du changement climatique, ainsi que le choix du moment de la mise en place des actions menées, auront aussi une influence sur les coûts et les bénéfices de l'adaptation. Il pourrait aussi y avoir des différences significatives entre les conséquences directes et macroéconomiques des mesures d'adaptation. Par conséquent, il est important de garder ces considérations à l'esprit dans l'interprétation d'estimations empiriques spécifiques sur les coûts et les bénéfices de l'adaptation.

---

---

## **Des estimations sectorielles des coûts et des bénéfices de l'adaptation existent, mais leur couverture est inégale**

---

---

Les informations disponibles sur les coûts d'adaptation au niveau sectoriel sont relativement abondantes, mais inégalement réparties selon les secteurs. Il existe en particulier un ensemble important d'études effectuées depuis le début des années 90 sur l'évaluation de l'adaptation dans les zones côtières, y compris sur les coûts et les bénéfices de telles mesures. Ces études révèlent que les coûts estimés nécessaires pour atteindre des niveaux optimaux de protection sont typiquement modestes en termes relatifs, même si en termes absolus, ils représentent des investissements conséquents. Dans le secteur agricole, des études ont cherché à quantifier les bénéfices des stratégies d'adaptation, mais proposent des informations limitées sur les coûts de telles mesures. La plupart des études globales concluent que des mesures d'adaptation relativement modestes peuvent compenser de manière conséquente la baisse des rendements agricoles prévue comme une conséquence du changement climatique. Toutefois, les bénéfices de l'adaptation varieront selon le type de culture, et ne seront pas répartis équitablement entre toutes les régions. Dans le cas des zones côtières et de l'agriculture, on dispose aussi d'une couverture géographique assez complète. En revanche, les informations sur les coûts de l'adaptation sont plus limitées et diffuses en ce qui concerne les ressources en eau, l'énergie, les infrastructures, le tourisme et la santé publique, et limitées pour l'essentiel aux pays développés. En outre, ces informations sont largement dépendantes des contextes particuliers desquels elles proviennent, et ne sont donc pas propices à la généralisation.

---

---

## **Certaines adaptations peuvent être mises en œuvre à faible coût, mais d'autres, comme celles concernant les infrastructures, nécessiteront des investissements importants**

---

---

Des études sectorielles ont montré que, dans des secteurs précis, certaines actions d'adaptation pouvaient offrir des rapports coûts-bénéfices élevés et/ou des possibilités de mise en œuvre à coût modique. Par exemple, les ajustements au niveau des exploitations agricoles, considérés comme peu coûteux, peuvent apporter beaucoup de bénéfices en compensant les dommages subis, à l'instar des adaptations comportementales, comme une rationalisation accrue de la gestion de l'eau. En revanche, beaucoup d'adaptations nécessiteront des mesures « structurelles » concernant les infrastructures, comme par exemple l'investissement dans des réservoirs

d'eau, ou des usines de traitement des eaux usées ou de dessalement dans le cas du secteur de l'eau. De même, des solutions faisant appel aux infrastructures sont dominantes dans le cas de la protection des zones côtières, comme des digues ou des ouvrages le long des côtes. Les coûts de l'adaptation des infrastructures sont aussi primordiaux dans les systèmes qui sont exposés de manière critique aux effets immédiats du changement climatique, tel que ceux situés en haute latitude et en haute altitude.

Les études sur les coûts d'adaptation se sont pour la plupart intéressées à des mesures d'adaptation « structurelles », plus faciles à chiffrer que les mesures visant à modifier les comportements et celles menées par les pouvoirs publics. Ce choix peut entraîner une distorsion en privilégiant les mesures structurelles et en laissant de côté, bien qu'elles puissent être déterminantes, d'autres mesures nécessaires pour faciliter l'adaptation (amélioration de la planification de l'occupation des sols par exemple), ce qui peut conduire à des mesures d'adaptation inadéquates et coûteuses. De même, cela peut conduire à une surestimation des coûts d'adaptation. En revanche, d'autres aspects des études existantes peuvent mener à une sous-estimation des coûts de l'adaptation. Par exemple, les études estimant les coûts de l'adaptation des zones côtières ont tendance à uniquement prendre en compte l'adaptation à une élévation progressive du niveau de la mer, sans considérer les marées de tempêtes ou les scénarios extrêmes d'élévation du niveau de la mer. La prise en compte d'événements extrêmes, en plus de celle des changements des conditions moyennes, va probablement entraîner une hausse significative des coûts de l'adaptation. Afin de ne pas fausser l'établissement des priorités de l'action publique, il est par conséquent important de ne pas mettre un accent trop excessif sur les coûts des stratégies d'adaptation.

---

### **Des études de coûts d'adaptation menées au niveau mondial existent également, mais elles comportent d'importantes limites**

---

Jusqu'à une date récente, il n'existait pas d'étude empirique multisectorielle des coûts mondiaux d'adaptation, mais cinq évaluations ont été explicitement consacrées à cette question depuis la mi-2006. Ces travaux indiquent que l'adaptation au changement climatique au niveau mondial coûtera plusieurs milliards de dollars (USD) par an. Même si elles peuvent être intéressantes dans le débat international sur l'adaptation et son financement, les estimations multisectorielles mondiales comportent de sérieuses limites. En particulier, les résultats sont très sensibles aux hypothèses de départ sur la sensibilité au changement climatique des actifs et des investissements, et des coûts engagés pour les y rendre résistants. Actuellement, les informations analytiques sur ces paramètres sont rares et



même inexistantes, et les postulats dont ils font l'objet sont par conséquent d'une importance critique, étant donné l'ampleur des investissements de base sur lesquels on applique lesdits pourcentages. De surcroît, dans la plupart des cas, les montants estimés, de même que les bénéfices apportés par les investissements mentionnés, ne sont pas affectés directement à des activités d'adaptation spécifiques. Il existe aussi des problèmes de double comptage et d'extrapolation au niveau mondial à partir de données très limitées (et souvent locales). Les différentes études se sont appuyées sur les hypothèses des précédentes, et leurs résultats ne sont donc pas indépendants. C'est pourquoi, même sur un ordre de grandeur, il est prématuré de parler de « consensus ». C'est pour toutes ces raisons que les chiffres-clés mondiaux des coûts et des bénéfices qui ressortent de ces estimations peuvent induire en erreur si on ne fait pas suffisamment attention aux hypothèses qui sous-tendent des estimations empiriques.

---

---

### **Les politiques d'adaptation ne se définissent pas seulement par leurs coûts et leurs financements, la mise en place de mesures incitatives est aussi primordiale**

---

---

Le débat sur l'adaptation s'est jusqu'à présent concentré sur les coûts, la mobilisation de financements publics et la répartition des dépenses, mais s'est beaucoup moins intéressé au rôle que pouvaient jouer le Marché et les mécanismes réglementaires qui pourraient faciliter l'adaptation. Cet aspect est particulièrement déterminant, puisque la plus grande partie des actions sont mises en œuvre par des agents privés, et que l'ampleur des objectifs d'adaptation dépassera largement les budgets publics prévus à cet effet. Alors qu'un certain nombre d'adaptations offrent des bénéfices collectifs, telle que la protection des littoraux face à l'élévation du niveau de la mer, beaucoup d'entre elles génèrent des bénéfices privés dont peuvent profiter des personnes ou des entreprises, ou des regroupements de personnes et d'entreprises. Théoriquement, ce dernier type d'actions devrait être spontané. L'intérêt individuel devrait constituer une incitation suffisante pour que ces personnes ou ces groupes mettent en place des mesures d'adaptation capables d'atténuer leur vulnérabilité. Comme les activités du marché, ces actions n'ont pas besoin d'être centralisées et dirigées par un organe public. Cependant, comme dans le cas du marché, les pouvoirs publics sont sollicités pour fournir un environnement favorable qui permette aux agents privés de prendre des décisions d'adaptation efficaces, en temps voulu et en connaissance de cause. Lorsque l'action privée échoue du fait d'effets externes ou d'autres déficiences, les pouvoirs publics peuvent être amenés à proposer des mesures d'adaptation sous forme de biens publics. De même, l'envergure et/ou l'efficacité de nombreuses adaptations

généralement prises en charge par les pouvoirs publics pourraient être renforcées par la participation du secteur privé. Il faut donc mettre en place des instruments économiques<sup>1</sup> qui permettent d'accélérer cette participation et de veiller à ce qu'elle donne les résultats escomptés. Ces outils peuvent viser à engager le public sur des marchés, à créer des marchés, des réglementations ou des accords légaux. Un grand nombre d'instruments de politiques publiques sont pertinents pour l'adaptation dans plusieurs secteurs, dont les régimes d'assurances, les signaux-prix sur les marchés, des systèmes de financement par le biais de partenariats public-privés (PPP), des mesures réglementaires incitatives, et des mesures encourageant la recherche et le développement. Les régimes d'assurance, les signaux-prix et les marchés environnementaux, les PPP pour les infrastructures ainsi que la recherche et le développement sont étudiés dans ce rapport.

---

---

### **Les régimes d'assurance peuvent inciter à l'adaptation si les primes sont bien conçues ; cependant ils ne constituent pas une solution miracle**

---

---

L'assurance joue un double rôle dans le domaine de l'adaptation. La mise en place d'indemnisations peut diminuer l'effet négatif net des événements climatiques sur les souscripteurs. Simultanément, en cherchant à réduire les risques climatiques, le secteur des assurances est aussi un instrument incitatif à l'adaptation. Des primes d'assurances correctement ajustées peuvent en principe envoyer des signaux appropriés aux souscripteurs, afin qu'ils mettent en place des mesures d'adaptation qui réduiraient leur exposition aux risques, y compris ceux induits par le changement climatique. En revanche, des primes d'assurances inadéquates qui ne reflèteraient pas justement les risques sous-jacents pourraient empêcher l'adaptation, voire inciter à la maladaptation. Le secteur des assurances doit sa popularité aux notions d'efficacité économique, d'aversion pour le risque et de solidarité pendant les périodes difficiles. C'est aussi une activité rentable. Le secteur des assurances a déjà été contraint d'évoluer pour faire face à de nouveaux types de risques environnementaux. À mesure que le climat changera et que les relevés

- 
1. L'expression « instruments économiques » est employée ici de manière générique pour désigner les mécanismes permettant d'atteindre l'effet recherché à partir de moyens économiques ou juridiques. Comme dans d'autres domaines de la politique environnementale, ces instruments peuvent être axés sur l'utilisation des marchés, sur la création de marchés, de réglementations et de dispositifs juridiques, et sur la mobilisation du public.

météorologiques historiques perdront de leur pertinence, ce secteur devra trouver de nouveaux moyens pour évaluer les risques et en protéger les populations menacées, tout en encourageant celles-ci à s'adapter aux nouvelles conditions climatiques. L'assurance peut jouer un rôle de premier plan dans les stratégies d'adaptation, en couvrant les risques de mauvaise récolte, de neige ou de phénomènes météorologiques exceptionnels (par exemple, inondations, tempêtes, ouragans ou vagues de chaleur, entre autres). Cependant, elle n'aura probablement que des effets limités sur l'adaptation au changement climatique, pour plusieurs raisons. Premièrement, tant que les effets sur le climat resteront mal connus, les compagnies d'assurance continueront de surfacturer les risques climatiques ou refuseront de couvrir des risques traditionnellement assurables. Deuxièmement, les contraintes budgétaires, l'inertie et des facteurs culturels empêcheront les populations de s'adapter pleinement à court terme. Troisièmement, la couverture assurée par les régimes d'assurance n'est en aucun cas universelle. Elle est particulièrement fragmentaire dans le cas des ménages pauvres et dans les pays pauvres. Pour remédier à ces imperfections du marché il faudra probablement faire appel à l'action des pouvoirs publics. Par exemple, des mesures de politiques publiques pourraient ramener les risques à un niveau acceptable grâce à des actions d'adaptation financées par des fonds publics. Une autre solution consisterait à ce que le gouvernement propose des subventions pour la tranche des risques les plus extrêmes, afin de couvrir les événements climatiques qui seraient peu probables mais qui auraient des conséquences graves. Cependant, les pouvoirs publics ne doivent pas proposer des subventions pour les risques systémiques, car cela pourrait à tort maintenir les activités qui deviennent de moins en moins viables à cause des changements du climat.

---

### **Les signaux-prix et les marchés environnementaux peuvent servir à promouvoir des actions d'adaptation mais des ajustements seront peut-être nécessaires pour permettre l'internalisation des bénéfices de l'adaptation**

---

Le changement climatique accentuera les pressions et les facteurs de tensions qui pèsent déjà sur les ressources naturelles telles que l'eau, les forêts et les autres écosystèmes. Les tensions créées par la pollution, la surexploitation et la mauvaise gestion ont des causes multiples, mais résultent avant tout du fait que les droits de propriété des ressources naturelles sont mal définis et les services qu'elles procurent mal évalués sur le marché. La théorie économique offre une solution toute faite face à ces dysfonctionnements du marché. Il faut donner une valeur marchande aux

externalités positives des ressources naturelles, soit en les facturant (par exemple au moyen de taxes environnementales intégrées au prix des ressources), soit en créant des marchés environnementaux. L'efficacité véritable de ces mécanismes économiques fait l'objet d'un débat animé. On s'interroge sur les conséquences sociales des dispositifs d'échanges commerciaux, en particulier sur les enjeux de l'égalité de l'accès au marché et la domination que peuvent exercer les acteurs importants sur les marchés. Ce rapport est axé sur la tarification de l'eau, les marchés de l'eau et les systèmes de paiement au titre des services de l'environnement et de l'écosystème, et la manière dont ils peuvent encourager et favoriser des comportements d'adaptation. Dans le contexte de l'adaptation, les marchés et les prix environnementaux – des services fournis par les ressources en eau, les forêts ou d'autres écosystèmes – répondent à deux objectifs principaux. Ils réduisent les tensions qui existent au départ (en renforçant la résistance des systèmes), et ils permettent d'internaliser, ou de donner une valeur, aux bénéfices de l'adaptation provenant des écosystèmes, comme par exemple dans le cas de la protection du littoral. Pour satisfaire le premier objectif, il n'est pas spécialement nécessaire d'ajuster les mécanismes du marché dans l'optique de l'adaptation. Cependant, l'adaptation fournira une raison de plus d'accroître l'envergure et la portée des marchés des services offerts par les ressources en eau, la forêt et les autres écosystèmes. Pour satisfaire le deuxième objectif, il peut être nécessaire d'ajuster la conception des marchés environnementaux pour chiffrer les bénéfices apportés par l'adaptation aux écosystèmes et assurer l'efficacité économique de ces marchés.

---

### **Les partenariats public-privé peuvent contribuer à fournir des infrastructures d'adaptation et aider à « renforcer la résistance » des infrastructures existantes au risque climatique**

---

L'adaptation fera peser une pression considérable sur les ressources publiques. Face à des contraintes pratiques ou financières (ou aux deux), les gouvernements se tournent souvent vers le secteur privé pour renforcer leur aptitude à fournir des services publics. Des PPP adéquats peuvent aider à surmonter les obstacles pratiques, à améliorer les performances et à accélérer l'investissement. Les PPP permettent pour l'essentiel une répartition efficace et équitable des risques (et des bénéfices obtenus) entre les partenaires publics et privés. Le changement climatique constitue un simple facteur de risques parmi d'autres, même s'il prend de plus en plus d'importance, et il reste à prendre en considération au même titre que les risques réglementaires, commerciaux, macroéconomiques et autres. L'application de dispositifs privés d'infrastructures à l'adaptation au

changement climatique soulève deux grandes questions. Premièrement, on peut se demander comment les PPP en cours et à venir peuvent procéder pour protéger leurs investissements du risque climatique. Deuxièmement, il faudrait déterminer si ces dispositifs conviennent pour financer, construire et exploiter des systèmes spécifiques de protection contre les phénomènes climatiques, comme les barrages contre les inondations et les ouvrages de défense des côtes. Pour répondre à la première question, les dispositifs privés devraient constituer une réponse adéquate face à ce risque supplémentaire, à condition que les mécanismes institutionnels nécessaires pour l'analyser, l'atténuer et le répartir soient mis en place. Il reste que la principale cause d'échec des PPP est une mauvaise appréciation des risques. Il serait donc avisé, dans la mesure du possible, d'inscrire la responsabilité de l'adaptation dans les contrats. On pourrait se servir par exemple de spécifications techniques engageant à réaliser la protection de la structure face au risque climatique ou – peut-être mieux encore – des critères de performances claires incitant l'opérateur privé à investir dans l'adaptation. En ce qui concerne la deuxième question, il n'existe actuellement pas de projets privés d'infrastructures explicitement destinés à offrir une protection contre les risques climatiques. Cependant, le concept est suffisamment large et bien établi pour être étendu à des infrastructures spécialement conçues pour l'adaptation. L'un des avantages potentiels des dispositifs de PPP, c'est qu'ils ont la capacité de financer des projets sans dépendre des budgets publics. Il s'agit d'un avantage très important, compte tenu de l'ampleur des besoins d'adaptation des infrastructures, même si des impératifs de viabilité budgétaire risquent de limiter l'utilisation de tels instruments. Par conséquent, il y a pour l'adaptation des infrastructures un réel besoin d'analyses coûts-bénéfices, et des évaluations de projet rigoureuses.



## Chapitre 1

# L'adaptation au changement climatique dans un contexte économique

Shardul Agrawala et Samuel Fankhauser

*Il est aujourd'hui largement reconnu que l'adaptation au changement climatique est une réponse aussi importante que complémentaire à la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans la lutte contre le changement climatique. On considère l'adaptation comme l'ensemble des actions menées de manière délibérée, afin de réduire les effets négatifs d'un phénomène, et de mieux en saisir les opportunités. Un large éventail de mesures d'adaptation peut être mis en œuvre pour faire face aux conséquences observées et anticipées du changement climatique. Les coûts de l'adaptation, et l'ampleur des bénéfices qu'elle pourra procurer, présentent de plus en plus d'intérêt, aussi bien dans le cadre de projets sur le terrain qu'au niveau mondial, où il faudra éventuellement envisager un arbitrage entre les coûts des politiques climatiques, et les coûts des dommages résiduels dus au changement climatique. Ce chapitre fournit un cadre d'analyse afin d'examiner les coûts et les bénéfices de l'adaptation, et évalue les notions-clés en rapport avec le moment où les décisions sur l'adaptation sont prises, ainsi que la manière dont ces décisions peuvent être affectées par l'incertitude des conséquences du changement climatique. Ce chapitre porte aussi le débat au-delà de l'évaluation des coûts, pour examiner les mécanismes de marché et réglementaires qui peuvent être utilisés afin d'inciter les agents à entreprendre des actions d'adaptation. Jusqu'à présent, de tels mécanismes n'ont pas fait l'objet d'une étude approfondie.*

## Introduction

Il est aujourd'hui largement reconnu que l'adaptation au changement climatique est une réponse aussi importante que complémentaire à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES). La réduction des GES ainsi que l'adaptation permettent de réduire les risques dus au changement climatique. La réduction des GES – par le biais de la réduction du nombre de sources de pollution ou par le développement de puits de carbone – contribue à réduire tous les effets du changement climatique. L'adaptation – par des ajustements des systèmes humains et naturels à des changements du climat observés ou anticipés – peut être sélective. Elle peut réduire les conséquences négatives, et prendre avantage des effets bénéfiques. Même les efforts les plus astreignants ne peuvent complètement éviter les effets du changement climatique pour les décennies à venir, ce qui rend l'adaptation essentielle, tout particulièrement pour répondre aux effets de court terme.

Le Quatrième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) définit l'adaptation comme tout ajustement de systèmes naturel ou humain en réponse à des stimuli climatiques observés ou anticipés, qui vise à en atténuer les effets négatifs ou à en exploiter ses opportunités (GIEC, 2007). Le processus d'adaptation au climat et au changement climatique est à la fois complexe et à plusieurs facettes. En tant que tel, il est très dur de produire des analyses justes de l'adaptation, et un certain nombre de typologies ont été développées afin de classer les différentes activités adaptatives. Par exemple, les mesures de l'adaptation ont été classifiées selon : le temps (l'anticipation/la réaction) ; l'échelle (le niveau local/régional, le court terme/le long terme) ; l'impulsion (action autonome contre l'action planifiée) ; et l'agent de l'adaptation (systèmes naturel/ humain, des individus/une collectivité, des agents privés/des agents publics).

Tandis que les sociétés ont une longue histoire d'adaptations réussies aux impacts venants du climat et de la météorologie, de nombreuses régions et des parties de la société restent peu adaptées au climat même actuel. D'ailleurs, le changement climatique pose de nouveaux risques, qui souvent n'ont rien en commun avec les expériences historiques. Ces risques peuvent être : l'accroissement de la moyenne des températures et du niveau de la mer ; la fonte des glaciers et du permafrost ; et le changement dans l'intensité et/ou la fréquence d'événements météorologiques extrêmes comme les sécheresses, les vagues de chaleur, les inondations et les ouragans. Il existe actuellement des exemples de mesures d'adaptation qui internalisent la notion du changement climatique, mais les progrès restent limités, autant dans les pays en développement que dans les pays développés (Agrawala et van Aalst, 2008 ; Gagnon-Lebrun et Agrawala, 2007).



Lors de la planification des efforts pour s'adapter aux impacts constatés et anticipés du changement climatique, il est important que ceux-ci reposent sur des bases économiques saines. Les coûts de l'adaptation, et l'ampleur des bénéfices qu'elle pourra procurer présentent de plus en plus d'intérêt, aussi bien dans le cadre de projets sur le terrain qu'au niveau mondial, où il faudra peut-être envisager des arbitrages entre les coûts des mesures politiques et les dommages résiduels provenant du changement climatique.

L'évaluation économique de la réduction des émissions de gaz à effet de serre comme de l'adaptation soulève d'importantes difficultés d'analyse et d'action. Cependant, les mesures d'atténuation sont plus clairement délimitées, les travaux visant à en chiffrer les coûts beaucoup plus complets et il existe une méthode d'évaluation claire (réduction des émissions de gaz à effet de serre) pour en apprécier l'efficacité. En revanche, il est beaucoup plus difficile de déterminer ce qui relève de l'adaptation, les travaux sur les coûts qu'elle entraîne restent rares et controversés, et il n'existe pas de méthode reconnue pour évaluer l'efficacité des mesures d'adaptation.

A la différence de la réduction, qui doit être coordonnée au niveau international, les décisions concernant l'adaptation sont majoritairement décentralisées. Elles seront prises dans le contexte d'un processus de décision bien établi, comme pour les investissements d'entreprises ou dans le cadre de la planification d'un gouvernement local. Certaines adaptations présenteront les caractéristiques d'un bien public, et seront en conséquence fournies par l'État (soit par des autorités locales ou des gouvernements nationaux). Lors du processus de décisions sur l'adaptation, les autorités appliqueront les outils classiques de prise de décision, comme les analyses des coûts et des bénéfices, les analyses coûts-efficacité, et les analyses multicritères.

Les autres décisions sur l'adaptation, qui constitueront peut-être la majorité d'entre elles, seront prises par des agents privés, comme les individus ou les entreprises. Les acteurs possédant le plus haut degré de technicité fonderont leur décision sur les techniques d'évaluation de la finance d'entreprise. Par exemple, ils pourront calculer la valeur actualisée nette d'un investissement d'adaptation, analyser les risques encourus et les retours sur investissement, ou encore déterminer le retour sur le capital investi. Le point commun de toutes ces décisions est qu'elles restent fondées sur une comparaison au sens large des avantages et des désavantages – ou des coûts et des bénéfices – apportés par un ensemble d'actions (Mendelsohn, 2000). Par ailleurs, en plus du type et de la profondeur de l'adaptation, les décideurs devront encore déterminer la chronologie et le calendrier d'exécution de leur action. Les deux ensembles de décisions portant sur la profondeur et le choix du moment seront soumis à une incertitude considérable sur les impacts réels du changement climatique.

Enfin, comme l'adaptation est un processus décentralisé, cela pose la question de savoir s'il sera nécessaire, de créer des mesures incitatives visant les agents économiques, et si oui de quelle manière. Cette question concerne les pouvoirs publics.

## **Les coûts et les bénéfices de l'adaptation**

La comparaison des coûts et des bénéfices, qui peut apparaître simple et directe en théorie, pose cependant un nombre considérable de problèmes méthodologiques, concernant la valeur, l'actualisation, ou encore les conséquences macroéconomiques par opposition aux effets sur la répartition. Ces questions ne sont pas propres à l'adaptation, mais il est particulièrement difficile de les résoudre dans ce contexte. Ceci peut en partie s'expliquer par le caractère flou de nombreuses actions d'adaptation, souvent intégrées à des mesures mises en place par d'innombrables acteurs publics et privés, en réponse à un large éventail de stimuli sociaux et environnementaux. Par exemple, les pratiques agricoles, l'aménagement du territoire et la conception des infrastructures peuvent prendre en compte certains aspects des impacts observés et anticipés du changement climatique ; mais il est sans doute impossible de déterminer précisément le coût généré exclusivement par la « variable climat » dans la prise de décision afférente, car le processus de décision intègre simultanément une multitude de facteurs supplémentaires (qui sont souvent plus importants). Séparer ensuite les coûts de l'adaptation à la variabilité du climat des coûts de l'adaptation au changement climatique approfondit encore la complexité de l'analyse. Ceci d'autant plus que peu d'exemples d'adaptation sont aussi précis que, par exemple, la construction d'un pan supplémentaire de digue afin de se protéger de la montée du niveau de la mer.

Les coûts d'adaptation peuvent être multipliés si l'on inclut dans le champ de l'adaptation, non seulement les mesures qui agissent directement en réduisant les dommages causés par les phénomènes météorologiques, mais aussi les actions qui visent à accroître les « capacités d'adaptation » de base – par exemple, des investissements dans des services de nutrition, d'enseignement et de santé. Il n'est donc pas facile de définir les limites de l'adaptation au changement climatique.

Par ailleurs, l'adaptation peut atténuer les effets négatifs du changement climatique, mais il subsistera des dommages résiduels. Le quatrième rapport d'évaluation du GIEC fait observer que la capacité d'adaptation des différents systèmes au changement climatique est limitée par des facteurs biophysiques, sociaux et économiques (GIEC, 2007, chapitre 17). Le bénéfice brut de l'adaptation est la différence entre les dommages dus au changement climatique avec et sans adaptation. Cependant l'adaptation aura

aussi un coût, qu'il faut soustraire des bénéfices bruts pour obtenir les bénéfices nets (Stern, 2006, d'après Fankhauser, 1998). Le tableau 1.1 récapitule ces problèmes. Le point de départ de la réflexion est l'admission que l'adaptation aux phénomènes climatiques fait partie du quotidien. La société d'aujourd'hui est adaptée au climat actuel, par le biais de mesures allant de l'irrigation des terres fertiles aux infrastructures de protection contre les inondations. L'état actuel des choses est représenté dans la colonne supérieure gauche du tableau. Dans l'exemple illustratif repris dans le tableau 1.1, la société dépense un montant de 90 unités dans des mesures adaptatives, comme un système de protection contre les inondations par exemple. Les coûts indiqués regroupent les composantes monétaires (par exemple, les coûts du capital) et non monétaires (par exemple, l'impact sur l'environnement). Ce niveau d'adaptation est suffisant pour répondre aux effets climatiques les plus graves, (mais pas à tous les risques). Les dégâts résiduels sont de 50 unités, comme par exemple ceux qui arrivent dans les cas rares d'inondations extrêmes. Il n'y a pas de changement climatique, et par conséquent, pas (encore) d'effets du changement climatique. L'adaptation actuelle est privilégiée par rapport à l'adaptation prolongée, car les coûts additionnels d'une protection plus étendue ( $150-90=60$ ) sont supérieurs aux bénéfices marginaux additionnels en termes de réduction des dommages dus aux inondations ( $50-20=30$ ).

Tableau 1.1. **Classification hypothétique des coûts et des bénéfices de l'adaptation**

	<b>Climat actuel</b>	<b>Climat avec changement climatique</b>
Adaptation actuelle	Coûts de l'adaptation : 90 Dommages sans changement climatique : 50 Dommages dus au changement climatique : 0	Coûts de l'adaptation : 90 Dommages sans changement climatique : 50 Dommages dus au changement climatique : 200
Adaptation prolongée	Coûts de l'adaptation : 150 Dommages sans changement climatique : 20 Dommages dus au changement climatique : 0	Coûts de l'adaptation : 150 Dommages sans changement climatique : 20 Dommages dus au changement climatique : 120
Bénéfices nets dus à l'adaptation prolongée	Coûts différentiels de l'adaptation : 60 Bénéfices différentiels de l'adaptation : 30+0 Bénéfice net : -30	Coûts différentiels de l'adaptation : 60 Bénéfices différentiels de l'adaptation : 30+80 Bénéfice net : +50

Source : D'après le tableau 2.1 dans Fankhauser, S. (1998), "The Costs of Adapting to Climate Change", document de travail n° 16, Global Environment Facility, Washington, DC.

Les résultats varient avec le changement climatique (avec par exemple, une fréquence accrue des tempêtes ou des inondations). Sous le climat avec changement climatique, les coûts supplémentaires de l'adaptation ( $150-90=60$ ) sont plus que compensés par les coûts atténués du changement climatique ( $200-120=80$ ). Dans cet exemple particulier, les bénéfices de l'adaptation seuls justifient les actions d'adaptation, mais la réduction

supplémentaire des dommages dans le cas des impacts en climat actuel ( $50-20=30$ ) est un bénéfice additionnel important. Les bénéfices additionnels existent à cause du système étendu de protection, qui réduit les effets induits du changement climatique et des inondations ordinaires.

De manière évidente, l'exemple du tableau 1.1 est simpliste et ne prend volontairement pas en compte des complications importantes, comme l'incertitude et le changement continu. Toutefois, il est important d'en retirer deux problèmes d'importance : les coûts de l'adaptation doivent être évalués à l'aune des mesures adaptatives actuelles. Ensuite, un grand nombre de mesures d'adaptation peuvent déjà apporter des bénéfices directement ou pas du tout liés au changement climatique, même si séparer les uns des autres n'est matériellement pas possible.

## Le calendrier d'exécution de l'adaptation

Le changement climatique est un phénomène de long terme. Ainsi, le calendrier d'exécution des mesures d'adaptation représente une dimension importante lors du processus de prise de décision, et tout particulièrement dans le cas des moyens stratégiques et anticipatifs de l'adaptation. A l'instar des décisions sur le niveau de profondeur des adaptations, les décisions concernant le calendrier d'exécution se basent sur les coûts et bénéfices relatifs des actions menées à des moments différents dans le temps. En particulier, les décideurs devront comparer la valeur actualisée de l'adaptation au stade actuel et la valeur actualisée de l'adaptation à un moment plus éloigné dans le temps (Fankhauser *et al*, 1999). La valeur actualisée d'une mise en place d'actions d'adaptation aujourd'hui est composée du coût de l'adaptation (par exemple, le coût de construction et de maintien d'une digue), ajouté au flux de dommages résiduels dus au changement climatique (comme l'adaptation ne sera pas parfaite). La valeur actualisée de l'action dans dix ans par exemple, inclut les impacts non-réduits du changement climatique sur ces dix années, les coûts d'adaptation actualisés dans ces dix ans, et le flux de dommages résiduels à partir de ce moment-là.

Les décisions concernant le calendrier dépendent alors de trois facteurs. Le premier facteur est la différence entre les coûts d'adaptation des différentes périodes. L'actualisation devrait favoriser un délai dans la mise en place des mesures d'adaptation, car les possibilités de l'existence dans le futur de techniques d'adaptation plus efficaces et moins coûteuses sont plus fortes. Toutefois, il existe aussi une catégorie d'adaptations où une action précoce est moins chère. Elle recouvre les ajustements sur les investissements des plans de long terme et des infrastructures à longue durée de vie, comme les systèmes d'alimentation en eau et les réseaux

d'assainissement, les ponts et les ports. Dans chacun de ces cas, il sera moins cher de faire des ajustements précoces, notamment dans la phase d'élaboration et du calcul du projet, plutôt que de supporter après-coup les coûts et les désavantages d'améliorations coûteuses mais nécessaires des équipements.

Le deuxième facteur est constitué par les bénéfices de court terme de l'adaptation. L'adaptation précoce est justifiée s'il y a des bénéfices immédiats, comme par exemple l'atténuation des effets de la variabilité du climat. Un débat a eu lieu pour déterminer si les changements actuels dans les événements extrêmes du climat étaient les premiers signes du changement climatique, ce qui rendrait l'adaptation précoce à la variabilité du climat une mesure potentiellement importante. D'autres mesures de ce type, qui génèrent des bénéfices supplémentaires, sont celles qui concernent la préservation et le renforcement de la résistance des écosystèmes naturels. Un autre exemple important se situe au niveau des investissements dans le domaine de la santé (par exemple, le développement d'un remède contre le paludisme), qui offrent des avantages dans la lutte contre la pauvreté et qui sont aussi importants que les bénéfices obtenus sur le changement climatique.

Le troisième facteur est en rapport avec la dimension de long terme de l'adaptation. L'adaptation précoce est justifiée si elle assure des bénéfices durables, telle que la prévention des dégâts de long-terme sur les écosystèmes. Selon ces trois facteurs, les acteurs prennent la décision d'agir de manière précoce, ou tardive. Toutefois, à la différence de l'exemple de la section précédente, ces acteurs devront prendre leur décision sous une incertitude considérable en ce qui concerne la profondeur et le calendrier des conséquences du changement climatique. Dans de telles circonstances, les perceptions sur les risques probables et les bénéfices de l'adaptation deviennent primordiales. Une adaptation efficace ou intervenant au bon moment ne pourra pas être mise en place si les acteurs n'ont pas la perception de la nécessité de l'action, ni des procurés par l'action (Hanemann, 2008). Des erreurs dans le choix du moment de la mise en œuvre peuvent arriver dans les deux sens, soit trop tôt, soit trop tard, et dans les deux cas, et il y aura des conséquences sur les coûts et les bénéfices de l'adaptation.

## **La gestion de l'incertitude**

L'incertitude sur la nature exacte des effets du changement climatique aux niveaux local et régional (par exemple en termes de précipitations ou de risque de tempêtes) rendent difficiles une appréciation fine des mesures d'adaptation. Les décisions sur l'adaptation seront prises dans l'incertitude.

De manière conceptuelle, cela veut dire que la plupart des bénéfices de l'adaptation (les dommages climatiques évités) du tableau 1.1 doivent être interprétés comme les bénéfices anticipés, selon la moyenne pondérée des probabilités de l'éventail des résultats possibles. Les décideurs étant averses aux risques prêtent probablement plus attention aux résultats négatifs, et si les coûts probables de l'inaction sont conséquents, les décisions pour l'adaptation peuvent reposer sur le principe de précaution.

Une série de mesures d'adaptation qui remportent facilement l'adhésion sont les mesures qui produisent des gains pour les deux parties, même en situation d'incertitude. Ces adaptations sont justifiables même en cas d'absence de changement climatique. De nombreuses adaptations cherchant à répondre à la variabilité du climat, comme par exemple des prévisions météorologiques de long terme et des systèmes d'alarmes précoces, peuvent constituer des mesures de ce type. Schelling (1992) a défendu l'idée selon laquelle l'une des meilleures mesures d'adaptation disponibles à l'heure actuelle serait un développement économique (soutenable), et il est facile de comprendre que de meilleurs soins médicaux, un accès à de l'eau potable et de meilleures conditions sanitaires pour les ménages les plus pauvres dans le monde constitue clairement une mesure où tout le monde est gagnant.

Fankhauser *et al.* (1999) ont affirmé que selon les incertitudes les plus répandues, la meilleure manière de prendre en compte la probabilité du changement climatique dans les décisions d'investissement serait d'augmenter la flexibilité et la robustesse des systèmes, à savoir leur donner les capacités de continuer à fonctionner dans des conditions climatiques très variées, tout en résistant à plus de chocs climatiques extrêmes.

Cette volonté de renforcer la flexibilité et la robustesse des systèmes s'applique aussi aux systèmes physique, naturel et social. Dans le cas du capital physique, les capacités d'emmagasinement des systèmes d'alimentation en eau peuvent être renforcées afin de répondre aux sécheresses futures. Ou encore, les mesures de protection du littoral peuvent être approfondies pour permettre une meilleure résistance aux tempêtes ou aux inondations. Pour le capital naturel, la mise en place de mesures de protection de l'environnement peuvent accroître les capacités des espèces à s'adapter au climat changeant. Dans le domaine institutionnel, créer des cadres réglementaires encourageant les capacités d'adaptation des individus peut contribuer à renforcer la flexibilité et la solidité des systèmes économiques.

## Incitation à l'adaptation

Il ne suffit pas d'estimer les coûts de l'adaptation. Il est important de mobiliser des fonds, mais il faut aussi des politiques pour s'assurer de leur bonne utilisation. L'adaptation se décomposera en milliers d'actions effectuées par les ménages, les entreprises, les pouvoirs publics et la société civile. Pour qu'elle soit durable, il faudra prendre correctement en compte dans ces diverses décisions les risques climatiques connus et anticipés, en gardant à l'esprit les incertitudes qui subsistent. Bien qu'on sache depuis longtemps faire face à la variabilité du climat, de nombreux travaux montrent que beaucoup de sociétés et de secteurs restent mal adaptés, même au climat actuel. En outre, même s'il existe aujourd'hui des exemples d'adaptation au changement climatique à long terme, les progrès accomplis dans ce sens se situent plutôt au niveau de la planification que de la mise en œuvre sur le terrain. De toute évidence, des obstacles subsistent, à commencer par les difficultés rencontrées pour obtenir les ressources financières nécessaires et par le manque d'informations fiables sur les coûts de l'adaptation. C'est pourquoi ces deux points ont fait l'objet d'une attention considérable.

D'autres aspects, en revanche, n'ont pas suscité autant d'intérêt, comme le rôle des mécanismes du marché et des réglementations dans l'extension des projets et/ou le renforcement de l'efficacité des efforts d'adaptation. Il s'agit d'une limite particulièrement préoccupante, puisque la plus grande partie des actions relèvent d'acteurs privés, et que les efforts d'adaptation nécessaires dépasseront largement les budgets publics disponibles.

Les entreprises privées ont un rôle primordial à jouer dans l'adaptation, et ce, dans tous les secteurs de l'économie. Les domaines de l'ingénierie et de la construction seront à la pointe du renforcement des infrastructures et du parc immobilier aux impacts du changement climatique. Les télécommunications, la technologie de l'information et les médias ont aussi un rôle clé dans la surveillance des risques naturels et la diffusion de l'information correspondante. L'agrobusiness devra sécuriser l'approvisionnement alimentaire dans un monde plus chaud. Le secteur bancaire va devoir financer les investissements de l'adaptation, tandis que le secteur des assurances proposera une couverture des risques. Le changement climatique fera sans doute poser des risques sur les chaînes logistiques de nombreux produits, ce qui conduira certainement à une réflexion sur leur place dans la planification des affaires. Même par delà les mondes des entreprises et des affaires, les considérations sur l'adaptation doivent être mieux prises en compte dans les décisions prises par les acteurs individuels. Ces décisions pourraient être prises dans l'optique de consommation des ressources, comme l'eau, dont la rareté peut encore augmenter avec le

changement climatique. De telles décisions peuvent aussi entraîner des investissements, comme par exemple le renforcement des foyers aux risques climatiques et la souscription à une assurance, ce qui influencerait sur la sensibilité des individus et des ménages aux conséquences du changement climatique.

Théoriquement, ce type d'action devrait être spontané. L'intérêt individuel devrait constituer une incitation suffisante pour que ces personnes ou ces groupes mettent en place des mesures d'adaptation qui atténuent leur vulnérabilité, ou augmentent leurs capacités à en exploiter les opportunités économiques. Comme les activités du marché, ces actions n'ont pas besoin d'être centralisées et dirigées par un organe public. En fait, cela serait certainement contre-productif, et probablement impossible à mettre en œuvre. Cependant, comme dans le cas du marché, les pouvoirs publics sont sollicités pour fournir un environnement favorable qui permette aux agents privés de prendre des décisions d'adaptation efficaces au moment opportun et en connaissance de cause. Les pouvoirs publics ont aussi un rôle à jouer dans le cas où des adaptations privées menées par un acteur ou un groupe d'acteurs ont pour conséquence la production d'externalités négatives sur d'autres pans de la société ou sur l'environnement. Lorsque l'action privée échoue du fait des effets externes ou d'autres déficiences, les pouvoirs publics peuvent être amenés à proposer des mesures d'adaptation sous forme de biens publics. De même, l'envergure et l'efficacité de nombreuses adaptations généralement prises en charge par les pouvoirs publics pourraient être renforcées avec la participation du secteur privé. Il faut donc mettre en place des instruments économiques qui permettent de catalyser cette participation et de veiller à ce qu'elle donne les résultats escomptés.

## **Objectif du reste de cet ouvrage**

Cet ouvrage fournit ainsi une évaluation des coûts et des bénéfices de l'adaptation, mais aussi du rôle qu'y jouent les instruments économiques et l'action publique. Le chapitre 2 de ce livre étudie d'abord des estimations empiriques des coûts et des bénéfices de l'adaptation dans différents secteurs d'activités sensibles aux conditions climatiques et régions, soit les zones littorales, l'agriculture, les ressources en eau, la demande d'énergie, les infrastructures, le tourisme et la santé publique. Ce chapitre examine ensuite les estimations intersectorielles agrégées des coûts de l'adaptation disponibles au niveau mondial, et au niveau national pour certains pays. Le chapitre s'achève par une appréciation synthétique des conclusions importantes, des points forts et faibles des estimations sectorielles, nationales et globales des coûts et des bénéfices de l'adaptation.



Le chapitre 3 examine ensuite le rôle des instruments économiques et de politique publique dans l'incitation à l'adaptation. En premier lieu, une brève typologie des impacts du changement climatique et des stratégies d'adaptation dans des secteurs clés exposés aux conditions climatiques est présentée, afin d'identifier les instruments clés de politique publique qui pourraient être utilisés pour encourager l'adaptation. Ensuite, trois instruments pouvant jouer un rôle particulièrement important dans l'adaptation sont étudiés : l'assurance, les signaux-prix et les marchés environnementaux, et les partenariats publics-privés (PPP). Dans de nombreux secteurs, l'assurance est un instrument récurrent dans le contexte de réponses adaptatives. Les signaux-prix et les marchés environnementaux peuvent être primordiaux pour l'adaptation pour un bon nombre de ressources sensibles au climat, comme l'eau et les écosystèmes. Les PPP peuvent éventuellement jouer un rôle crucial dans le financement et l'amélioration de la résistance au climat des infrastructures, ainsi que dans la recherche et le développement de technologies d'adaptation dans l'agriculture. Ces trois instruments sont étudiés, avec une attention particulière portée sur leur nature et l'usage qui en est fait actuellement, leurs points forts et leurs points faibles, et leur pertinence pour l'adaptation.

## Références

- Agrawala, S. et M. van Aalst (2008), « Adapting Development Co-operation to Adapt Climate Change », *Climate Policy* 8(2), pp. 183-193.
- Fankhauser, S. (1998), « The Cost of Adapting to Climate Change », document de travail n°16, Global Environment Facility, Washington, DC.
- Fankhauser, S., J. Smith et R. Tol (1999), « Weathering Climate Change: Some Simple Rules to Guide Adaptation Decisions », *Ecological Economics* 30(1), pp. 67-78.
- Gagnon-Lebrun, F. et S. Agrawala (2007), « Implementing Adaptation in Developed Countries: An Analysis of Progress and Trends », *Climate Policy* 7(5), pp. 392-408.
- GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) (2007), « Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability », Contribution du Groupe de travail II au *Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, « Chapter 17: Assessment of Adaptation Practices, Options, Constraints and Capacity », Cambridge University Press, Cambridge, pp. 717-743.
- Hanemann, M. (2008), « Some Observations on the Economics of Adaptation », papier présenté à l'Atelier des experts de l'OCDE sur les Aspects économiques de l'adaptation, Paris, 7-8 avril.
- Mendelsohn, R. (2000), « Efficient Adaptation to Climate Change », *Climatic Change* 45(3-4), pp. 583-600.
- Schelling, T. (1992), « Some Economics of Global Warming », *American Economic Review* 82(1), pp. 1-14.
- Stern, N. (2006), « The Economics of Climate Change », *The Stern Review*, Cambridge University Press, Cambridge.

## Chapitre 2

### Estimations empiriques des coûts et des bénéfices de l'adaptation : une analyse critique

Shardul Agrawala, Florence Crick, Simon Jetté-Nantel et Alina Tepes

*Les estimations empiriques des coûts et des bénéfices peuvent tenir une place critique dans l'élaboration de décisions d'adaptation. Elles peuvent aussi être extrêmement utiles pour « facturer » ou « donner un prix » aux besoins mondiaux de l'adaptation, qui devraient ensuite trouver des sources de financements internationaux, nationaux, et privés. De nombreuses informations sur les coûts d'adaptation au niveau sectoriel sont disponibles, même si elles sont inégalement réparties. Les études sur les zones littorales montrent que même si les investissements nécessaires dans la protection des côtes seront conséquents, les coûts totaux de cette protection représentent un pourcentage relativement faible du produit intérieur brut (PIB). Toutefois, il existe des différences régionales importantes, et les coûts harmonisés de protection pourraient être significativement plus élevés dans certaines régions. Dans le secteur agricole, un résultat commun aux études disponibles indique que des mesures d'adaptation relativement modestes peuvent grandement compenser le déclin des rendements agricoles anticipé à cause du changement climatique, même si ces bénéfices varient selon les cultures, les régions cultivatrices et le degré de changement climatique. Pour les autres secteurs, il existe seulement des estimations isolées des coûts et des bénéfices de l'adaptation. Des études multisectorielles agrégées apparaissent au niveau mondial, et parfois au niveau national. Alors que ces études peuvent probablement être pertinentes d'un point de vue de politiques publiques, les estimations des coûts mondiaux et nationaux disponibles comportent de sérieuses limites : l'extrapolation des résultats au niveau mondial à partir de données très limitées (et souvent locales), des problèmes de double-comptage, et enfin l'absence d'une mise en relation des bénéfices de l'adaptation et des coûts estimés des mesures d'adaptation.*

## Introduction

L'évaluation des coûts et des bénéfices de l'adaptation répond en principe à deux objectifs. Premièrement, elle intéresse les décideurs exposés à des risques climatiques particuliers, au niveau d'un secteur ou d'un projet, et qui cherchent à savoir s'ils doivent investir dans l'adaptation, pour quels montants et à quel moment. La solution recherchée consiste à minimiser les coûts totaux du changement climatique, composés ici des coûts des investissements d'adaptation et du coût des dommages résiduels. Les coûts peuvent aussi constituer un critère essentiel – sans être le seul<sup>2</sup> – de choix entre des mesures d'adaptation se trouvant en concurrence. En réalité, la majorité de ces informations peuvent être d'une utilité pratique immédiate au niveau sectoriel ou dans le cadre de projets. La majorité des études sur les coûts et/ou bénéfices de l'adaptation ont été menées au niveau sectoriel ou au niveau de projets. Deuxièmement, au niveau mondial ou international, les estimations de coûts peuvent servir à « donner un prix global à » et/ou « chiffrer » les besoins globaux d'adaptation, et qui informeraient les décideurs politiques (et les négociateurs dans le domaine du changement climatique). Ces coûts devront être pris en charge par des sources de financement internationales, nationales et privées. Les bénéfices précis de telles mesures ne sont généralement pas calculés. Il s'agit d'un domaine d'analyse relativement nouveau et en développement rapide, dont les résultats essentiels ne sont connus pour la plupart que depuis 2006.

Ce chapitre fournit une évaluation critique des coûts et des bénéfices de l'adaptation qui répond aux deux objectifs indiqués ci-dessus. La section suivante examine les estimations empiriques des coûts et des bénéfices de l'adaptation pour des activités différentes ou des régions sensibles au changement climatique, en particulier les zones côtières, l'agriculture, les ressources en eau, la demande d'énergie, les infrastructures, la santé publique et le tourisme. La section suivante évalue les estimations nationales intersectorielles des coûts des actions prioritaires d'adaptation répertoriées dans les Programmes d'action nationaux d'adaptation (PANA) des pays les moins avancés (PMA). L'avant-dernière section étudie les résultats et les hypothèses sous-jacentes des différentes estimations des coûts mondiaux et multisectoriels diffusées depuis 2006. Il s'agit d'estimations publiées par la Banque mondiale, le rapport Stern, Oxfam, la Convention-cadre des Nations unies sur le changement climatique (CCNUCC) et le Programme pour le développement des Nations unies (PNUD). Enfin, la dernière section donne

---

2. Parmi les autres critères figurent l'acceptation sociale, la facilité de mise en œuvre, les effets additionnels et la viabilité à long terme.

un aperçu global des principales indications, des forces et des limites des estimations des coûts et des bénéfices de l'adaptation sectorielles, nationales et mondiales.

## Estimations sectorielles

Les évaluations au niveau sectoriel ou au niveau des projets offrent moins d'estimations-clés que les évaluations globales des coûts d'adaptation, mais elles donnent souvent plus d'informations sur chacune des actions d'adaptation que les évaluations multisectorielles au niveau mondial et national, qui sont beaucoup plus abstraites. Les informations sur les effets du changement climatique au niveau sectoriel devraient donc en principe fournir la base d'évaluations de meilleure qualité.

Les informations disponibles sur les coûts et les bénéfices de l'adaptation au niveau sectoriel sont relativement abondantes, mais elles sont inégalement réparties selon les secteurs (tableau 2.1). En particulier, de nombreuses évaluations de l'adaptation dans les zones côtières ont été effectuées depuis le début des années 90, y compris sur les coûts et les bénéfices des mesures d'adaptation. D'importants travaux ont aussi été consacrés à l'évaluation des bénéfices des stratégies d'adaptation dans l'agriculture, bien que les informations concernant les coûts de ces mesures soient très limitées. Il existe aussi des études dans le secteur de l'énergie sur les coûts que représentent le renforcement de la demande de climatisation et la baisse de la demande de chauffage résultant de l'élévation des températures, dans la mesure où ces réponses relèvent de l'adaptation. Par ailleurs, les travaux sur les coûts et les bénéfices de l'adaptation sont à la fois diffus et limités, et seulement quelques études locales ont été consacrées aux ressources en eau, à la santé, aux infrastructures et au tourisme.

Les sections qui suivent font le bilan des estimations sectorielles des coûts et des bénéfices de l'adaptation dans les zones côtières, l'agriculture, les ressources en eau, la demande d'énergie, les infrastructures, le tourisme, et la santé publique. La structure de chaque section dépend du type d'études disponibles. Par exemple, en ce qui concerne les zones côtières, l'accent est plutôt mis sur les coûts d'adaptation tandis que la partie consacrée à l'agriculture est plutôt axée sur les bénéfices, et ne donne que peu d'informations sur les coûts, à l'image des travaux effectués sur ce secteur. De même, la couverture géographique est assez complète pour les zones côtières et l'agriculture, ce qui permet de tirer certaines conclusions générales. En revanche, la partie consacrée à la demande d'énergie est limitée pour l'essentiel aux États-Unis, alors que sont seules disponibles des données sporadiques, et généralement locales, sur les coûts et les bénéfices

de l'adaptation dans les domaines des ressources en eau, de la santé publique, du tourisme et des infrastructures.

Tableau 2.1. **Étendue des données empiriques sur les coûts et les bénéfices de l'adaptation**

Secteur	Couverture	Coûts estimés	Bénéfices estimés
Zones côtières	Exhaustive – couverture de la majorité des littoraux	√	√
Agriculture	Exhaustive – couverture de la plupart des cultures et des régions cultivatrices	-	√
Eau	Études de cas particuliers, dans des bassins fluviaux spécifiques	√	√
Énergie (Demande pour la climatisation et le chauffage)	Principalement en Amérique du Nord	√	√
Infrastructures	Question interdisciplinaire – couverte en partie sur les zones côtières et sur les ressources en eau. Études isolées sur les infrastructures dans les régions avec du permafrost.	√	-
Santé publique	Très limitée	√	-
Tourisme	Très limitée – tourisme hivernal	√	-

### *Zones côtières*

Le changement climatique aura sur les zones côtières des effets complexes qui accentueront les pressions existantes. Les évolutions anticipées sur ce plan comprennent : une élévation accélérée du niveau de la mer ; de nouvelles hausses de température des eaux de surface ; une intensification des cyclones tropicaux et extratropicaux ; des phénomènes extrêmes de vagues et de marées de tempête plus importants ; une modification des précipitations et du ruissellement des eaux ; une acidification de l'océan ; et une dégradation des écosystèmes côtiers. Jusqu'à présent, la plupart des études sur le changement climatique et les zones côtières ont été fortement axées sur l'élévation du niveau de la mer. C'est pourquoi les estimations des coûts d'adaptation dans ces zones ont tendance à se limiter aux coûts des mesures à prendre face à la montée du niveau de la mer, qui pourrait atteindre entre 18 et 59 centimètres d'ici la fin du XXI<sup>e</sup> siècle (GIEC, 2007a, chapitre 10). Cette fourchette ne tient cependant pas compte des incertitudes entourant l'éventuelle fonte des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique occidental, qui pourrait à long terme faire monter le niveau de la mer de plusieurs mètres (Oppenheimer *et al.*, 2007). En outre, du fait de la lenteur de l'évolution du niveau des eaux par rapport au changement climatique, il existe déjà un

certain « engagement » à lutter contre l'élévation du niveau de la mer, qui ne tient pas compte des baisses futures des émissions de gaz à effet de serre. Compte tenu de ces tendances de long terme et de la longue durée de vie des infrastructures littorales, une adaptation préventive à la hausse du niveau de la mer devient donc d'autant plus nécessaire à court et à moyen terme.

### *Adaptation dans les zones côtières*

L'adaptation dans les zones côtières peut prendre diverses formes : retrait planifié, protection du littoral, rechargement des plages, protection contre les inondations, assurance sur la propriété et modification de la gestion de l'eau ainsi que de l'aquaculture et de l'agriculture. En général, les stratégies d'adaptation se répartissent en trois grandes catégories :

- **La protection** : Il s'agit de protéger les terres de l'avancée de la mer pour en poursuivre l'exploitation, par la construction de structures solides (digues par exemple) et par d'autres mesures (rechargement des plages par exemple).
- **L'ajustement** : Cette stratégie consiste à renforcer la capacité de la population à faire face aux conséquences d'un événement ; elle suppose que les populations continuent d'occuper la terre mais doivent procéder à certains ajustements (construction de bâtiments sur pilotis, production agricole axée sur des cultures résistantes aux inondations ou au sel).
- **Le retrait** : Il est possible de réduire les risques que présente l'événement en limitant ses effets potentiels. Cette stratégie ne fait pas intervenir de tentative de protection de la terre ; dans les situations extrêmes, la zone côtière est abandonnée.

Le tableau 2.2 fait la synthèse des principaux impacts physiques de l'élévation du niveau de la mer et des possibilités d'adaptation.

Tableau 2.2. Impacts physiques de l'élévation du niveau de la mer et exemples d'adaptations possibles

Impacts physiques		Exemples d'adaptation (P = protection ; A = ajustement ; R = retrait)
Dommages causés par les inondations et les tempêtes	a. Marées de tempête (mer)	Digues / ouvrages de protection contre les marées de tempête (P) Réglementation de la construction / renforcement de la résistance des bâtiments aux inondations (A)
	b. Effet de remous (rivière)	Aménagement du territoire / délimitation des zones à risques (A/R)
Disparition (et modification) des zones humides		Aménagement du territoire (A/R) Réalignement organisé / interdiction des ouvrages de défense lourds (R) Rechargement / gestion des sédiments (P)
Érosion (effets directs et indirects)		Ouvrages de défense des côtes (P) Rechargement (P) Zones non constructibles (R)
Intrusion d'eau salée	a. Eaux de surface	Barrières contre l'intrusion d'eau salée (P) Modification des prélèvements d'eau (A)
	b. Eaux souterraines	Injection d'eau douce (P) Modification des prélèvements d'eau (A)
Hausse de la nappe phréatique et problèmes d'écoulement des eaux		Amélioration des systèmes d'écoulement (P) Polders (P) Modification de l'utilisation des sols (A) Aménagement du territoire / délimitation des risques (A/R)

Source : CCNUCC (Convention cadre des Nations unies pour le changement climatique) (2007), « Investment and Financial Flows to Address Climate Change », document sur lequel s'est appuyé l'analyse des investissements existants et futurs, et des flux financiers pertinents au développement d'une réponse internationale adéquate et efficace au changement climatique.

### *Estimations empiriques des coûts d'adaptation (protection)*

Les évaluations des impacts du changement climatique sur les zones côtières sont pour la plupart axées sur les effets de la hausse du niveau de la mer et l'adaptation à ce phénomène. Le tableau 2.3 récapitule les résultats de nombreuses études effectuées dans différents pays et régions ainsi qu'au niveau mondial. Ces estimations des coûts s'appuient en général sur des études effectuées à partir de modèles pour déterminer comment réduire les coûts totaux du changement climatique, c'est-à-dire les coûts de la protection et ceux des dommages résiduels résultant (en l'absence de protection) de la perte de ressources précieuses comme la terre et les habitats naturels. Les bénéfices dans ce cas sont les dommages évités grâce à la protection assurée. Bien qu'ils ne soient pas toujours explicitement indiqués, ils constituent cependant un élément essentiel du calcul des niveaux



optimaux de protection. Dans les régions qui disposent d'atouts de grande valeur, une protection totale peut effectivement constituer une solution optimale. Dans d'autres cas, la stratégie optimale peut consister à investir dans une protection partielle (ou incomplète) en acceptant une certaine quantité de dommages résiduels.

Le tableau 2.3 correspond de toute évidence à une abstraction et ne peut rendre pleinement compte de toutes les complexités et les nuances qui différencient ces diverses études, mais il permet cependant de tirer trois grandes conclusions.

Premièrement, on dispose d'abondantes informations sur les coûts d'adaptation des zones côtières du monde entier, et sur les coûts globaux. Cependant, ces coûts concernent uniquement la protection des côtes (et non d'autres adaptations éventuelles) et s'appuient traditionnellement seulement sur l'hypothèse d'une élévation d'un mètre du niveau de la mer.

Deuxièmement, les études recensées montrent que les niveaux optimaux de protection côtière – définis en pourcentage du littoral protégé de la montée du niveau de la mer pour réduire les coûts totaux de la hausse du niveau de la mer (coûts de la protection et des dommages résiduels) – sont souvent assez élevés, voire correspondent aux coûts totaux dans la plupart des régions du monde. Les exceptions sont les pays ou les régions dont les terres côtières sont de faible valeur (généralement à cause de leur faible densité de population), de sorte que la protection optimale se situe à un niveau plus bas.

Troisièmement, ces études font état d'estimations de coûts annualisées pour des niveaux de protection optimaux qui sont en général assez modestes en termes relatifs, c'est-à-dire souvent inférieurs à 0.1 % (voire à 0.05 %) du PIB national. Cependant, les coûts d'adaptation peuvent être élevés par rapport au PIB des zones côtières, car il n'est pas garanti que les coûts de protection soient entièrement absorbés au niveau national. Il existe aussi de grandes différences entre les régions, et la part des coûts de protection en pourcentage du PIB sera beaucoup plus élevée dans les petits États insulaires. Par exemple, Nicholls et Tol (2006), estiment que les coûts de l'adaptation en Micronésie se situeront dans une fourchette de 5 % à 13.5 % du PIB selon différents scénarios pour les années 2080.

Tableau 2.3. Coûts de la protection côtière

Régions/Pays		Référence	Élévation du niveau de la mer envisagée	Niveau de protection (% littoral protégé, sauf indication contraire)	Coûts de protection (milliards USD)	% PIB ou PNB
Monde	Monde	Nicholls, 2007 <sup>1</sup>	8.9–9.1cm en 2030 (moyenne) ; max 44.4–52.7cm en 2080	Non disponible (n/d)	4-10.6	Non disponible (n/d)
		Tol, 2002	1 m	89 % <sup>8</sup>	10.55	n/d
		Tol <i>et al.</i> , 1998	1 m	88 % <sup>2</sup>	n/d	0.056 %PNB <sup>6</sup> (moyenne)
Europe et ex-URSS	OCDE Europe	Nicholls, 2007 <sup>1</sup>	8.9–9.1 cm en 2030 (moyenne) ; max 44.4–52.7 cm en 2080	n/d	0.62-1.79	n/d
	Europe	CE, 2007	Scénarios B2 (faible hausse du niveau de la mer) et A2 (forte hausse du niveau de la mer) pour 2020 et 2080	n/d	1.3-4.0 milliards EUR pour 2020 1.3-9.3 milliards EUR pour 2080	n/d
	OCDE-Europe CEE-ex-URSS	Tol, 2002	1 m	86 % 93 %	1.36 0.53	n/d
	Europe occidentale	Deke <i>et al.</i> , 2001	1 m	Total	1.76	0.02 %PIB <sup>6</sup>
	Europe du nord et occidentale	Tol <i>et al.</i> , 1998	1 m	0 <sup>2</sup>	n/d	0.02 %PNB <sup>6</sup>
	États baltes			0 <sup>2</sup>		0.08 %PNB <sup>6</sup>
	Nord Méditerranée Ex-URSS			16 % <sup>2</sup> 0 <sup>2</sup>		0.02 %PNB <sup>6</sup> 0.02 %PNB <sup>6</sup>
Pays-Bas Pologne	Tol <i>et al.</i> , 1998	1 m	95 % <sup>2</sup>	n/d	0.05 %PNB <sup>6</sup> 0.02 %PNB <sup>6</sup>	

Tableau 2.3. Coûts de la protection côtière (suite)

Régions/Pays		Référence	Élévation du niveau de la mer envisagée	Niveau de protection (% littoral protégé, sauf indication contraire)	Coûts de protection (milliards USD)	% PIB ou PNB
Amérique du Nord, centrale, Caraïbes	OCDE. Amérique du Nord	Nicholls, 2007 <sup>1</sup>	8.9–9.1 cm en 2030 (moyenne) ; max 44.4–52.7 cm en 2080	n/d	0.88-2.02	n/d
	OCDE - Amérique	Tol, 2002	1 m	77 %	0.83	n/d
	Amérique du Nord	Deke <i>et al.</i> , 2001	1 m	Total	1.4	0.02 % PIB <sup>5</sup>
	Amérique du Nord	Tol <i>et al.</i> , 1998	1 m	47 % <sup>2</sup>	n/d	0.02 % PNB <sup>6</sup>
	Amérique centrale			89 % <sup>2</sup>		0.23 % PNB <sup>6</sup>
	Antigua	Tol <i>et al.</i> , 1998	1 m	59 % <sup>2</sup>	n/d	0.32 % PNB <sup>6</sup>
Amérique du Sud / latine	Amérique latine	Nicholls, 2007 <sup>1</sup>	8.9–9.1 cm en 2030 (moyenne) ; max 44.4–52.7 cm en 2080	n/d	0.57-1.6	n/d
	Amérique latine	Tol, 2002	1 m	86 %	1.47	n/d
	Amérique latine	Deke <i>et al.</i> , 2001	1 m	Total	0.12	0.01 % PIB <sup>5</sup>
	Amérique du Sud, Atlantique	Tol <i>et al.</i> , 1998	1 m	88 % <sup>2</sup>	n/d	0.25 % PNB <sup>6</sup>
	Amérique du Sud, Pacifique			89 % <sup>2</sup>		0.01 % PNB <sup>6</sup>
	Guyane	Nicholls et Tol, 2006	20-35 cm en 2080s	n/d	n/d	0.1-0.4 % PIB <sup>7</sup>

Tableau 2.3. Coûts de la protection côtière (suite)

Régions/Pays		Référence	Élévation du niveau de la mer envisagée	Niveau de protection (% littoral protégé, sauf indication contraire)	Coûts de protection (milliards USD)	% PIB ou PNB
Afrique et Moyen-Orient	Afrique Moyen-Orient	Nicholls, 2007 <sup>1</sup>	8.9–9.1 cm en 2030 (moyenne) ; max 44.4–52.7cm en 2080	n/d	0.53-1.32 0.06-0.17	n/d
	Afrique Moyen-Orient	Tol, 2002	1 m	80 % 30 %	0.92 0.05	n/d
	Moyen-Orient et Afrique du Nord Afrique sub-saharienne	Deke <i>et al.</i> , 2001	1 m	Total	0.44 0.17	0.08 % PIB <sup>5</sup> 0.06 % PIB <sup>5</sup>
	Sud Méditerranée Afrique Atlantique Afrique. Océan Indien États du Golfe	Tol <i>et al.</i> , 1998	1 m	88 % <sup>2</sup> 89 % <sup>2</sup> 89 % <sup>2</sup> 79 % <sup>2</sup>	n/d	0.07 % PNB <sup>6</sup> 0.25 % PNB <sup>6</sup> 0.38 % PNB <sup>6</sup> 0.05 % PNB <sup>6</sup>
	Mozambique Guinée-Bissau	Nicholls et Tol, 2006	20-35 cm en 2080s	n/d	n/d	0.1-0.8 % PIB <sup>7</sup> 0-0.6 % PIB <sup>7</sup>
	Égypte	Tol <i>et al.</i> , 1998	1 m	-300 % <sup>3</sup>	n/d	0.45 % PNB <sup>6</sup>

Tableau 2.3. Coûts de la protection côtière (suite)

Régions/Pays		Référence	Élévation du niveau de la mer envisagée	Niveau de protection (% littoral protégé, sauf indication contraire)	Coûts de protection (milliards USD)	% PIB ou PNB
Asie	Asie en développement	Nicholls, 2007 <sup>1</sup>	8.9–9.1 cm en 2030 (moyenne) ; max 44.4–52.7 cm en 2080	n/d	0.80-2.18	n/d
	Asie du Sud et de Sud-est	Tol, 2002	1 m	93 %	3.05	n/d
	Asie, pays à planification centralisée			93 %	1.71	
	Asie de Sud-est	Tol <i>et al.</i> , 1998	1 m	89 % <sup>2</sup>	n/d	0.2 %PNB <sup>6</sup>
	Asie de l'Est			87 % <sup>2</sup>		0.06 %PNB <sup>6</sup>
	Asie, océan Indien			89 % <sup>2</sup>		0.52 %PNB <sup>6</sup>
	Petits pays insulaires, océan Indien			88 % <sup>2</sup>		0.72 %PNB <sup>6</sup>
	Asie-Pacifique OCDE	Deke <i>et al.</i> , 2001	1 m	Total		1.9
Asie-Pacifique	1.4					0.19 %PIB <sup>5</sup>
Chine	0.7					0.2 %PIB <sup>5</sup>
Inde	0.5					0.25 %PIB <sup>5</sup>
Maldives	Nicholls et Tol, 2006	20-35 cm en 2080s	n/d	n/d	0-0.2 %PIB <sup>7</sup>	
Vietnam					0-0.2 %PIB <sup>7</sup>	
Cambodge					0-0.1 %PIB <sup>7</sup>	
Singapour	Ng et Mendelsohn, 2005	0.2 et 0.86 m en 2100	Total		En USD de 2000 : 0.17-3.08 millions/ an (hausse mer 0.2-0.87 m)	n/d

Tableau 2.3. Coûts de la protection côtière (suite)

Régions/Pays		Référence	Élévation du niveau de la mer envisagée	Niveau de protection (% littoral protégé, sauf indication contraire)	Coûts de protection (milliards USD)	% PIB ou PNB
Pacifique	Pacifique-OCDE	Nicholls, 2007 <sup>1</sup>	8.9–9.1 cm en 2030 (moyenne) ; max 44.4–52.7 cm en 2080	n/d	0.39-1.08	n/d
	Pacifique-OCDE	Tol, 2002	1 m	95 %	0.63	n/d
	Grands pays insulaires Pacifique	Tol <i>et al.</i> , 1998	1 m	76 % <sup>2</sup>	n/d	0.17 %PNB <sup>6</sup>
	Petits pays insulaires Pacifique			88 % <sup>2</sup>		0.77 %PNB <sup>6</sup>
	Îles Marshall			90 % <sup>2</sup>		>7.04 %PNB <sup>6</sup>
	Micronésie	Nicholls et Tol, 2006	20-35 cm en 2080	85-99 %	n/d	5-13.5 %PIB <sup>7</sup>
	Palau			65-95 %		3.9- 9.1 %PIB <sup>7</sup>
	Tuvalu			75-98 %		0.9-2.2 %PIB <sup>7</sup>
	Îles Marshall			n/d		0.6-1.7 %PIB <sup>7</sup>
	Polynésie française			83-99 %		0.4-1.0 %PIB <sup>7</sup>
	Nauru			n/d		0.2-0.6 %PIB <sup>7</sup>
Nouvelle-Calédonie	43-93 %			0.2-0.4 %PIB <sup>7</sup>		
Papouasie-Nouvelle-Guinée	75-98 %			0.2-0.4 %PIB <sup>7</sup>		
Kiribati	0-75 %	0-1.2 %PIB <sup>7</sup>				

Tableau 2.3. Coûts de la protection côtière (suite)

Régions/Pays		Référence	Élévation du niveau de la mer envisagée	Niveau de protection (% littoral protégé, sauf indication contraire)	Coûts de protection (milliards USD)	% PIB ou PNB
Autres	Économies en transition	Nicholls, 2007 <sup>1</sup>	8.9–9.1 cm en 2030 (moyenne) ; max 44.4–52.7 cm en 2080	n/d	0.16-0.48	n/d

1. Cette étude estime les coûts de protection pour une hausse moyenne du niveau de la mer en 2030 et une hausse maximale du niveau de la mer en 2080 dans le cadre des scénarios A1B et B1. L'éventail de coûts indiqué ici correspond au minimum et au maximum dans les deux scénarios et pour les deux périodes.

2. Baisse en pourcentage du nombre de « personnes en danger » (population dans la zone de risque multipliée par la probabilité d'inondation par an).

3. Le nombre de personnes en danger s'accroît car l'adaptation permet aux populations de rester dans des zones qui seraient abandonnées en l'absence d'action.

4. Pourcentage du PIB en 1990, supposé constant chaque année entre 1990 et 2100. Valeurs en USD de 1990.

5. Pourcentage annuel non actualisé, à partir de l'hypothèse d'une durée de vie de 100 ans.

6. Coûts de protection en pourcentage du PIB courant au titre des quatre scénarios du SRES (*Special Report on Emission Scenarios*) (A1FI, A2, B1, B2) en 2080.

7. Ce niveau de protection correspond au niveau de protection médian des neuf régions prises en compte dans l'étude (les niveaux de protection sont donnés séparément pour chaque étude).

### *Limites des estimations de coûts*

Dans les études examinées, les coûts liés à l'élévation du niveau de la mer sont répartis en trois catégories : coûts des infrastructures de protection, coûts de la perte de terres sèches et coûts de la perte des zones humides. Il s'agit néanmoins d'une façon assez simpliste d'aborder les impacts du changement climatique dans les zones côtières, et les coûts et bénéfices associés à l'adaptation.

Plus précisément, les études de coûts présentent quatre limites essentielles. Premièrement, elles n'envisagent qu'un champ très étroit d'impacts du changement climatique et de types d'adaptation dans les zones côtières. Elles ne mentionnent en général qu'un seul impact : l'inondation des zones côtières et des zones humides. Elles méconnaissent ainsi d'autres conséquences comme l'intrusion d'eau salée dans les eaux de surface et les eaux souterraines, le risque accru de maladies, l'exposition plus grande aux marées de tempête et aux inondations. La prise en compte de ces considérations peut modifier considérablement le choix des stratégies optimales et les estimations des coûts de protection. Par exemple, Kirshen *et al.* (2006), démontrent que la prise en compte des dommages dus aux tempêtes (en plus de l'élévation moyenne du niveau de la mer) peut modifier de manière significative les coûts et les bénéfices des diverses mesures d'adaptation, et influencer sur le choix des stratégies optimales. Les auteurs ont modélisé les effets de la hausse du niveau de la mer et des marées de tempête, et estimé les coûts et les bénéfices potentiels de différentes mesures d'adaptation dans la région métropolitaine de Boston. Les résultats de cette étude montrent que les solutions optimales résident dans l'aménagement du territoire et la construction d'ouvrages de protection contre les inondations dans le cas d'une hausse moyenne du niveau de la mer, alors que la protection du littoral constituait la réponse optimale lorsque les risques de marées de tempête étaient pris en compte. Les études sur les coûts de l'adaptation ne tiennent pas compte en général des scénarios plus extrêmes de montée du niveau des eaux, qui se vérifieraient s'il y avait fonte des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique occidental.

Une seule étude (Nicholls *et al.*, 2005) envisage les conséquences sur le long terme des dommages climatiques et les coûts de protection résultant de la disparition de la calotte glaciaire de l'Antarctique occidental, qui pourrait faire monter le niveau des mers de cinq mètres. Les auteurs examinent un éventail très large de scénarios, qui vont d'une élévation de 0,5 mètres par siècle, à l'hypothèse la plus extrême (et peu probable) d'une montée supplémentaire de cinq mètres du niveau de la mer entre 2030 et 2130. Dans ces scénarios extrêmes, les coûts d'adaptation augmentent de façon spectaculaire (jusqu'à être multipliés par 30) et le niveau de protection



optimale baisse de 85 % à 50 %. En outre, les études n'envisagent qu'un ensemble limité de mesures d'adaptation ; les coûts ne sont calculés que pour des mesures de protection structurelles (comme la construction de digues), et pour le rechargement des plages dans certains cas. Cependant, il est très difficile de calculer les coûts de nombreuses autres solutions d'adaptation à l'élévation du niveau de la mer, comme l'aménagement du territoire et la réglementation de la construction, ce qui explique la raison pour laquelle elles ont été exclues de ces évaluations.

Deuxièmement, comme on l'a déjà indiqué, les estimations des coûts de protection s'appuient sur des études réalisées à partir de modèles qui cherchent à déterminer comment réduire les coûts totaux du changement climatique, c'est-à-dire les coûts de la protection et ceux des dommages résiduels résultant (en l'absence de protection) de la perte de ressources précieuses comme la terre. De toute évidence, les hypothèses sur les coûts des investissements de protection et la valeur économique des dotations menacées sont déterminantes pour les résultats définitifs. Ces deux paramètres se fondent sur des hypothèses-clés, – les coûts de protection sont généralement extrapolés à partir de projets locaux spécifiques, tandis que la valeur des dotations est souvent mal connue ou incomplète. Par exemple, selon une étude, les incertitudes sur la valeur des dotations peuvent se traduire par une différence de 17 % sur la protection des côtes, de 36 % sur la superficie de terres protégées et de 36 % sur les coûts directs à l'échelle mondiale (Darwin et Tol, 2001).

En outre, la valeur des dotations s'appuient sur l'hypothèse d'une valeur statique sans tenir compte des réalités d'un marché dynamique. Par exemple, Yohe *et al.* (1996) constatent que dans une situation où le secteur de l'immobilier est convaincu que le littoral ne sera pas protégé par les pouvoirs publics et que des terrains seront en définitive abandonnés, le risque d'élévation du niveau de la mer doit être internalisé et la propriété dépréciée en fonction de l'évolution de la situation et des informations nouvelles obtenues. À partir de ce raisonnement, les auteurs démontrent que des prévisions sur 30 ans, considérées comme suffisantes pour une adaptation efficace du marché de l'immobilier, réduiraient non seulement les niveaux optimaux de protection mais feraient aussi baisser de 22 % à 70 % le coût total de la montée du niveau de la mer (coûts des dommages et de la protection) dans les zones non protégées, pour une hausse d'un mètre dans cinq communautés côtières de l'est des États-Unis. Dans une autre étude qui couvre l'ensemble du littoral construit des États-Unis, Yohe et Schlesinger (1998) concluent que le coût de l'élévation du niveau de la mer serait réduit de 25 % à 33 % en moyenne si les marchés s'adaptaient de manière efficace. Cependant, une adaptation efficace des marchés ou des prévisions parfaites exigent des informations actualisées et complètes, sur lesquelles il

n'est pas réaliste de compter. La réalité se situera entre des estimations en myopie totale et en « prévision parfaite ».

Enfin, la plupart des études ne s'intéressent qu'aux coûts directs de la protection face à l'élévation du niveau de la mer, sans tenir compte du fait que le montant des investissements réalisés dans les structures de protection aura probablement des conséquences sur les marchés financiers, et que la diminution des ressources naturelles résultant de la perte de terres influera sans doute de façon négative sur les économies nationales. Par conséquent, l'élévation du niveau de la mer et les mesures appliquées pour y faire face auront probablement des effets macroéconomiques, sous forme de hausses des prix et de réorientations de la demande de ressources financières par exemple. Quelques études ont utilisé des modèles d'équilibre général calculable (EGC) pour évaluer l'impact macroéconomique de la perte de terres et de l'augmentation des investissements pour la protection des zones côtières (Darwin et Tol, 2001 ; Deke *et al.*, 2001 ; Bosello *et al.*, 2007). Bien qu'elles se fondent sur des hypothèses légèrement différentes<sup>3</sup> et comportent d'importantes limites (en particulier les incertitudes concernant les prévisions d'échanges et de croissance économique dans les décennies à venir), elles concluent toutes qu'il peut exister des divergences significatives entre les coûts directs et les pertes de bien-être, ainsi que dans la répartition régionale de ces coûts.

### ***Agriculture***

Le changement climatique influera sur l'agriculture de multiples façons. Les changements de température et de précipitations affecteront le calendrier et la durée des saisons de croissance ainsi que les rendements des cultures. Ils influenceront aussi sur les ressources en eau disponibles pour

- 
3. L'étude de Deke *et al.* (2001) est limitée aux coûts de la protection des côtes, et ne tient pas compte des terres perdues et de ses conséquences économiques plus générales. En outre, Deke *et al.*, de même que Darwin et Tol (2001), modélisent les investissements pour la protection des côtes sous forme de perte générale de capital productif, en ignorant la demande d'investissement induit en faveur de la protection des côtes, et surestiment ainsi les effets négatifs de l'élévation du niveau de la mer (Bosello *et al.*, 2007). À l'inverse, Bosello *et al.* (2007) modélisent explicitement la protection des côtes sous forme d'investissements supplémentaires (tenant compte ainsi de ses effets sur la demande) et supposent que l'investissement en faveur de la protection des côtes évince la consommation plutôt que d'autres investissements (Bosello *et al.*, 2007). Enfin, il faut noter que Deke *et al.* (2001) utilisent un modèle EGC dynamique tandis que Darwin et Tol (2001) et Bosello *et al.* (2007) emploient un modèle EGC statique.

l'agriculture. Simultanément, l'augmentation des concentrations en dioxyde de carbone dans l'atmosphère permettra d'améliorer l'efficacité de la gestion de l'eau et d'accroître les rendements de certaines cultures. Les changements qui affecteront la variabilité du climat, en particulier les changements d'intensité et/ou de fréquence des inondations, des sécheresses et des tempêtes devraient aussi influencer fortement sur la production agricole. Les rendements régionaux pourraient s'accroître aux latitudes moyennes et élevées, dans les conditions d'un réchauffement des températures inférieur ou égal à 3°C, mais baisser aux faibles latitudes quelle que soit la hausse de la température (GIEC, 2007b, chapitre 5). En Afrique, et en particulier dans les régions sub-sahariennes, la production agricole pourrait diminuer, et de plus en plus de populations connaîtraient un risque de faim (Yates et Strzepek, 1998 ; Parry *et al.*, 2004 ; Winter *et al.*, 1998 ; Fischer *et al.*, 2002). L'adaptation jouera donc un rôle particulièrement important en atténuant les impacts régionaux négatifs, et en maintenant la production des denrées alimentaires et leur disponibilité dans de nombreux pays en développement.

### *L'adaptation dans l'agriculture*

Le secteur agricole a une longue expérience de l'adaptation au climat. En général, ces mesures sont mises en œuvre au niveau de l'exploitation agricole par des décisions de production de court terme, portant par exemple sur la modification des dates de semis, des combinaisons de cultures ou de l'intensité de l'utilisation d'intrants comme les engrais. Cependant, ces décisions seront largement influencées par l'environnement économique, notamment par les conditions du marché et les politiques publiques. Les pouvoirs publics joueront un rôle important en procurant un environnement favorable à l'adaptation, particulièrement en stimulant la recherche et le développement, en diffusant l'information et en veillant à ce que les marchés et les conditions offertes soient favorables à une adaptation efficace et durable. Le tableau 2.4 présente certaines adaptations essentielles au niveau des exploitations et des pouvoirs publics.

Du fait de la complexité du secteur agricole et du nombre de décisions et d'acteurs en jeu, l'estimation des coûts et des bénéfices de l'adaptation est une tâche extrêmement difficile. Deux grandes catégories d'approches ont été utilisées : l'une s'appuie sur des modèles d'impact sur les cultures et s'intéresse aux effets possibles des changements de gestion sur les rendements, et l'autre se sert de la comparaison de zones géographiques pour examiner la relation entre les facteurs climatiques et la production agricole. Dans les deux cas, les travaux ont porté essentiellement sur l'évaluation des avantages des ajustements de pratiques agricoles supposés peu ou pas coûteuses. Ces estimations ont été effectuées aux niveaux des

exploitations agricoles, nationales, et mondiales. Cependant, les bénéfices obtenus ne sont pas également répartis selon les régions, les cultures ou les niveaux de changement climatique. Les estimations agrégées des coûts d'adaptation en agriculture sont relativement rares, bien qu'on dispose désormais d'estimations préliminaires du volume des investissements publics qui pourraient être nécessaires pour faciliter l'adaptation dans le secteur agricole.

Tableau 2.4. **Stratégies d'adaptation dans l'agriculture**

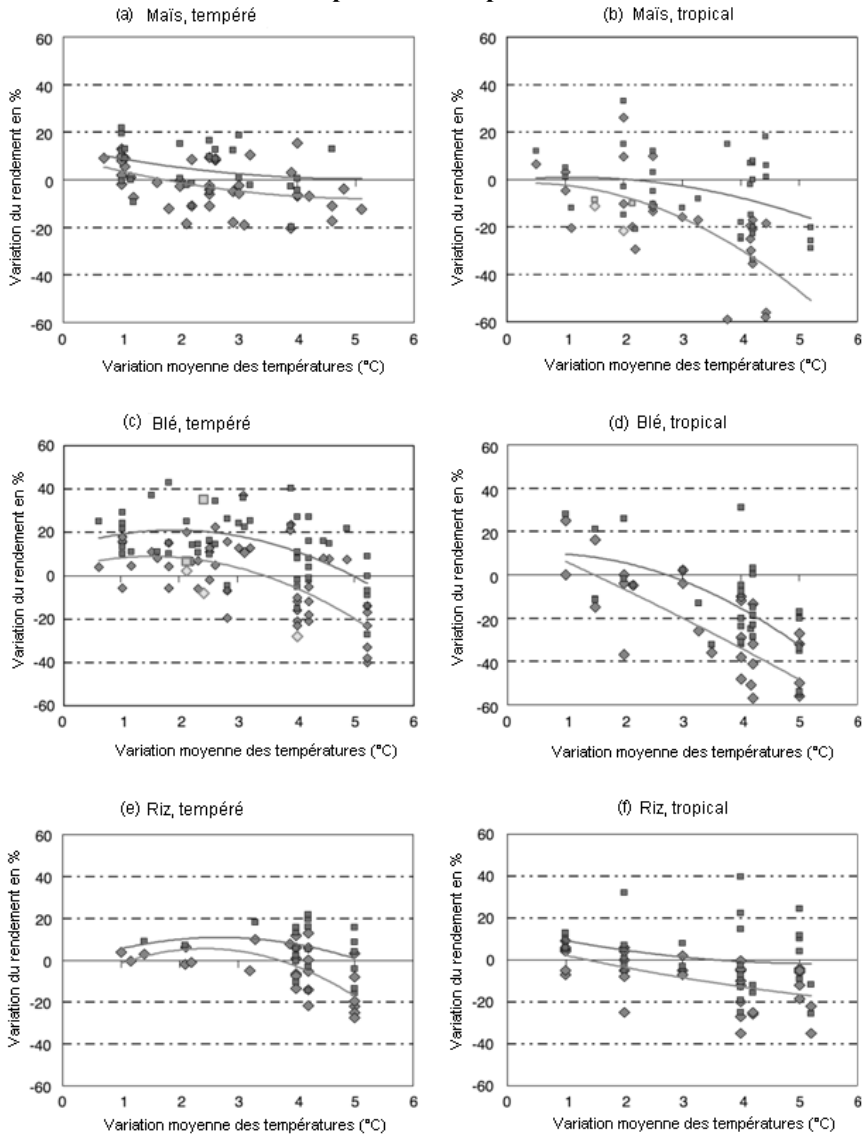
Exploitations agricoles	Pouvoirs publics
Assurance des récoltes et des revenus agricoles	Investissements dans la recherche et le développement (par exemple pour créer des cultivars résistants à la chaleur)
Diversification de la production	Promotion de l'adoption de nouvelles technologies et de pratiques nouvelles
Ajustement du calendrier d'exécution des activités	Soutien institutionnel à la diffusion de l'information sur le changement climatique et les possibilités d'adaptation (ex : services de vulgarisation et systèmes d'alerte rapide)
Migration (vers les villes ou vers d'autres régions rurales)	Promotion de l'utilisation rationnelle des ressources (assurer l'efficacité du marché par exemple)
Ajustement de l'intensité d'utilisation des intrants (ex : engrais, irrigation)	Révision des politiques pour créer un environnement favorable à une adaptation efficace et durable (ex : droits sur l'eau, politiques environnementales, politiques commerciales, accompagnement des pouvoirs publics au niveau national)
Adoption de nouvelles pratiques agricoles (favorables à la conservation des sols par exemple)	Expansion du commerce agricole, afin d'atténuer les effets de pénuries régionales de denrées alimentaires grâce à l'accès au marché international

### *Bénéfices et coûts de l'adaptation dans l'agriculture*

La littérature sur l'adaptation au changement climatique s'est largement penchée sur le secteur agricole. Les études les plus remarquables comprennent celles de Reilly *et al.* (1994), qui s'intéresse au changement climatique et à ses effets sur l'agriculture et sur l'économie mondiale ; l'étude de Darwin *et al.* (1995) qui s'est penchée sur les effets du changement climatique sur l'agriculture et l'économie mondiale ; ainsi que l'étude mondiale de Rosenzweig et Parry (1994), qui rend compte des effets et des avantages de l'adaptation en termes de production céréalière accrue et de sécurité alimentaire. Une conclusion générale que l'on peut tirer de ces études faites à l'échelle mondiale signale que des mesures d'adaptation relativement modestes peuvent considérablement compenser la baisse anticipée des rendements agricoles due au changement climatique. Rosenzweig et Parry (1994), en fondant leur étude sur la modélisation des

impacts sur les cultures, ont conclu que le recours à des mesures d'adaptation peu coûteuses pouvait compenser la baisse des rendements dans une fourchette comprise entre 37.5 % et 200 %. Darwin *et al.* (1995), en utilisant des comparaisons géographiques, ont calculé que les bénéfices mondiaux de l'adaptation représentaient entre 78 % et 90 % des impacts de départ. Toutefois, leur analyse de l'adaptation est relativement simpliste, et comporte des incertitudes importantes quant au potentiel réel de l'adaptation. Des études récentes proposent une analyse plus globale de l'adaptation, en assouplissant les postulats d'un changement climatique régulier et de la capacité des décideurs de faire des prévisions parfaites, ou encore en utilisant des scénarios de changement climatique à plus haute résolution spatiale. Tan et Shibasaki (2003), à l'aide d'un modèle d'étude des cultures fondé sur un SIG et permettant de modéliser les différences bioclimatiques entre et dans les régions, ont constaté que les bénéfices mondiaux résultant d'adaptations de faible coût se situaient dans une fourchette de 23 % à 48 %.

De nombreuses études évaluent aussi les bénéfices de l'adaptation pour différentes cultures et différentes régions. Le graphique 2.1 présente une synthèse de 69 études publiées concernant les conséquences du changement climatique sur les rendements des cultures de maïs, de blé et de riz (GIEC, 2007b, chapitre 5). Les mesures d'adaptation prises en compte dans ces études sont : la modification des dates de plantation, le changement dans la combinaison de cultures, et le passage d'une agriculture pluviale à une agriculture irriguée. Les courbes de régressions représentent les rendements agricoles sans adaptation (courbe claire et la plus basse sur le graphique), et avec adaptation (courbe foncée et plus haut dans le graphique). Dans ce graphique, les bénéfices de l'adaptation sont représentés par la différence entre ces deux courbes. Des résultats plus spécifiques provenant d'une sélection d'études sont récapitulés dans le tableau 2.5. Un message important véhiculé par ces diverses analyses montre que les ajustements effectués pour l'adaptation au niveau des exploitations agricoles apportent effectivement des bénéfices considérables. Toutefois, ces bénéfices ne se répartissent pas équitablement selon les régions, les types de récoltes, ou les niveaux de changement climatique. Certaines études tendent aussi à montrer que, même en l'absence de contraintes financières ou environnementales, les bénéfices potentiels de l'adaptation au changement climatique pourraient être considérablement réduits par la variabilité du climat, une information imparfaite et des différents processus de prise de décision.

Graphique 2.1. **Bénéfices de l'adaptation pour les cultures de céréales dans les régions tropicales et tempérées<sup>1</sup>**

1. Les bénéfices de l'adaptation sont représentés sur le graphique comme la différence entre la courbe des rendements basse (sans adaptation) et la courbe haute (avec des mesures d'adaptation peu coûteuses). Ces courbes sont calculées d'après la synthèse de 69 études publiées.

Source : Publié avec la permission du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat : Easterling, W.E. *et al.* (2007), « Food, Fibre and Forest Products. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability », Contribution du Groupe de travail II au Quatrième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, M.L. Parry *et al.* (éds.), *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 273-313.

Tableau 2.5. Évaluation quantitative des bénéfices de l'adaptation dans l'agriculture selon un choix d'études

Étude	Scénario climatique	Région	Adaptation	Impacts		Bénéfices de l'adaptation (en % des impacts)
				sans adaptation	avec adaptation	
Tan et Shibasaki, 2003	CGCM1 / en 2050	Asie Amérique du Nord Amérique du Sud Europe Australie Afrique	Modification des dates de plantation	Variation des rendements		33 % 48 % 38 % 43 % 27 % 23 %
				-12 %	-8 %	
				-23 %	-12 %	
				-29 %	-18 %	
				-23 %	-13 %	
				-26 %	-19 %	
-35 %	-27 %					
Butt <i>et al.</i> , 2005	CGCM, HADCM / en 2030	Mali	Variétés résistantes à la chaleur	Variation des rendements		63 %
				-8.8 %	-3.2 %	
			Changement des combinaisons de cultures	Variation du bien-être		29-33 %
			Variétés résistantes à la chaleur	n/d	n/d	33-34 %
			Adaptation du marché			58 %
			Adaptation complète			90-107 %
			Changement combinaisons de cultures	Baisse du risque de faim (RdF)		7-11 %
			Variétés résistantes à la chaleur	n/d	n/d	0-1 %
Adaptation du marché			7-14 %			
Adaptation complète			30-35 %			

Tableau 2.5. Évaluation quantitative des bénéfices de l'adaptation dans l'agriculture selon un choix d'études (suite)

Étude	Scénario climatique	Région	Adaptation	Impacts		Bénéfices de l'adaptation (en % des impacts)
				sans adaptation	avec adaptation	
Njie et al., 2005	HADCM3 / 2010-39	Gambie	Changement combinaisons de cultures Utilisation accrue d'engrais Irrigation Irrigation minimale/ de survie	Variation des rendements (kg/ha)		
					1 294	13 %
				1 141	1 517	33 %
					1 563	37 %
				1 247	9 %	
Yates et Strzepek, 1998	GDFL (600ppm/2060) UKMO (640ppm/2060) GISSA (630ppm/2060)  GDFL (600ppm/2060) UKMO (640ppm/2060) GISSA (630ppm/2060)	Égypte	Mesures d'adaptation de grande ampleur <sup>1</sup>	Variation du bien-être (%)		
				-4.25	2.85	167 %
				-4.60	-0.70	115 %
				0.50	4.50	800 %
				Variation du déficit commercial		
				44.0	30.5	31 %
				48.5	19.0	61 %
11.4	-5.7	150 %				



Tableau 2.5. Évaluation quantitative des bénéfices de l'adaptation dans l'agriculture selon un choix d'études (suite)

Étude	Scénario climatique	Région	Adaptation	Impacts		Bénéfices de l'adaptation (en % des impacts)
				sans adaptation	avec adaptation	
Reilly et al., 2001	IS92a (HaDCM, CGCM) 2030	États-Unis		Variation des rendements ( % )		
		Toutes cultures		12.6	18.3	45 %
		Cultures irriguées		7.5	13.8	84 %
		Céréales non irriguées		20.9	32.0	46 %
	2090	Fruits et légumes non irrigués	Modification des dates de plantation et des cultivars	22.4	62.7	1 %
		Toutes cultures		29.5	38.8	31 %
		Cultures irriguées		19.8	28.8	45 %
		Céréales non irriguées		32.0	53.8	68 %
Fruits et légumes non irrigués		62.7	63.6	1 %		

Tableau 2.5. **Évaluation quantitative des bénéfices de l'adaptation dans l'agriculture selon un choix d'études (suite)**

Étude	Scénario climatique	Région	Adaptation	Impacts		Bénéfices de l'adaptation (en % des impacts)
				sans adaptation	avec adaptation	
Adams <i>et al.</i> , 2003	Haute résolution RegCM (540ppmCO2)	États-Unis	Modification des dates de plantation et des cultivars	Variation des rendements		
		Cultures terres arides		4.3 %	15.4 %	262 %
		Cultures irriguées		9.3 %	11.6 %	26 %
		Déterministe		Bien-être		1061 %
	Stochastique2	-2.05		3.61	229 %	
	Faible résolution CSIRO (540ppmCO2)	États-Unis		Variation des rendements		
		Cultures terres arides		8.8 %	19 %	117.1 %
		Cultures irriguées		8.6 %	10.6 %	23.2 %
Déterministe		Bien-être		87 %		
Stochastique	3.05	5.69	112 %			
			3.51	7.43		

Tableau 2.5. **Évaluation quantitative des bénéfices de l'adaptation dans l'agriculture selon un choix d'études (suite)**

Étude	Scénario climatique	Région	Adaptation	Impacts		Bénéfices de l'adaptation (en % des impacts)
				sans adaptation	avec adaptation	
Stuczynski et al., 2000	GISS et GDFL (2xCO <sub>2</sub> )	Pologne	Changement de cultivars, de combinaisons de cultures et de pratiques de gestion	Variation de la production agricole		20–100 %
				-5 à -25 %	5 %	

1. Dont : modification importante des dates de plantation (>1 mois), augmentation des applications d'engrais, et nouveaux investissements d'irrigation (évolutions correspondant au niveau II d'adaptation de Rosenzweig et Parry 1994).

2. La version stochastique du modèle tient compte de la variabilité du climat.

Il faut noter que les études prévoient que les mesures d'adaptation auront des effets positifs très limités en Afrique. Une étude concernant l'agriculture malienne montre que les modifications des dates de plantation dans les exploitations ne permettent guère de compenser les impacts sur les rendements (Butt *et al.*, 2005). Une étude effectuée en Gambie présente cependant un tableau plus nuancé (Njie *et al.*, 2006). Elle prévoit que le changement climatique aura pour effet d'accroître légèrement les rendements de millet pendant la période 2010-39, mais que des mesures d'adaptation permettraient d'obtenir un accroissement beaucoup plus marqué. En particulier, l'utilisation d'engrais aurait pour effet d'augmenter les rendements de 33 % et l'irrigation de 37 %. À long terme (2060-90), les rendements de millet pourraient baisser (de près de 300 %) si les précipitations diminuaient pendant la période de récolte. Il faudrait alors procéder à d'importants investissements en capital physique pour l'irrigation. Une analyse coûts-bénéfices a été effectuée. Celle-ci a permis de conclure que l'irrigation, ne constituait pas une solution économiquement viable au niveau des exploitations agricoles.

En revanche, il n'existe pratiquement pas de travaux consacrés aux coûts de l'adaptation dans le secteur agricole. Comme on l'a déjà indiqué, cette lacune est en partie due à l'intérêt porté en priorité aux ajustements au niveau des exploitations, qui compensent en grande partie les effets du changement climatique sur les rendements, et qui sont supposés être peu coûteux. Cependant, la production agricole est fortement influencée par les politiques publiques et il faut veiller à ce que ces interventions créent un environnement propice à l'adaptation au niveau des exploitations. Celles-ci peuvent inclure la mise à disposition de biens publics (recherche sur des variétés résistantes à la sécheresse, prévisions climatologiques par exemple).

Une étude récente estime à 14.23 milliards USD par an les investissements complémentaires nécessaires dans l'agriculture, la foresterie et la pêche avant 2030 (McCarl, 2007). Trois types d'investissements en particulier sont évalués : investissements de recherche (par exemple, variétés de graines résistantes à la sécheresse), vulgarisation agricole et investissements dans le capital physique (infrastructures d'irrigation par exemple). Le niveau des investissements de l'an 2000 dans chacune de ces trois catégories a servi à établir des prévisions jusqu'en 2030, à partir de l'hypothèse selon laquelle leur croissance reste inchangée (soit en l'absence de changement climatique). Des hypothèses assez ponctuelles sont ensuite faites sur la hausse des investissements à prévoir d'ici l'an 2030 pour faire face au changement climatique. L'auteur suppose par exemple que les dépenses de recherche devront s'accroître de 10 % de plus pour trouver des réponses au changement climatique, sans indiquer explicitement les effets précis que ces investissements de recherche chercheraient à compenser, ni

comment cette évaluation des coûts a été effectuée. De même, les investissements en capital physique sont supposés s'accroître de 2 % à l'échelle mondiale (et les investissements de vulgarisation agricole de 10 % dans les pays en développement) pour répondre au changement climatique, bien que les justifications fournies soient elles aussi très limitées. Les coûts de l'adaptation ne sont donc pas calculés séparément. En fait, ils résultent directement de ces pourcentages supposés concernant la hausse des investissements, qui sont ensuite multipliés pour rendre compte de flux d'investissements de base de très grande ampleur. Ces défauts amènent à s'interroger sur la fiabilité des résultats.

### ***Ressources en eau***

Les changements de température et les variations des courbes de précipitations influenceront sur l'approvisionnement en eau. Les effets du changement climatique sur les précipitations sont assez incertains et très différents d'une région à l'autre. Ils affecteront de nombreux secteurs dépendants des ressources en eau, comme l'approvisionnement en eau potable, le traitement des eaux usées et l'agriculture. Les utilisations de la ressource sans prélèvement, comme la navigation ou la production hydroélectrique, en subiront aussi les effets. En outre, la qualité des eaux de rivière pourra aussi souffrir de la baisse des débits des cours d'eau, d'une hausse des températures et d'une plus forte concentration de matière organique due à des précipitations et à une érosion plus intenses. La moins bonne qualité de l'eau ainsi que les changements dans les débits des cours d'eau auront sans doute des conséquences sur la santé des écosystèmes. Dans le secteur de l'eau, l'adaptation doit reposer sur une combinaison de mesures agissant à la fois sur l'offre et la demande. Les mesures agissant sur l'offre sont de deux types : (i) renforcement de l'offre, par la construction de nouvelles infrastructures de stockage, la prospection et l'extraction d'eau souterraine, l'élimination des espèces envahissantes des réservoirs d'eau, la collecte d'eau de pluie et le transfert d'eau ; et (ii) exploitation de ressources d'eaux inutilisables grâce au dessalement, à la réutilisation des eaux usées et d'autres mesures. Parallèlement, les mesures concernant la demande visent à la réduire et à promouvoir une utilisation plus efficace de l'eau, par le recyclage, la modification des habitudes d'utilisation, l'importation des produits qui nécessitent d'importants prélèvements d'eau, un recours accru à une agriculture pluviale, une meilleure utilisation des marchés de l'eau et d'autres incitations économiques.

Bien que très limités, les travaux sur l'adaptation dans le secteur de l'eau couvrent un ensemble diversifié d'impacts et de mesures d'adaptation. Cette section fait le point sur les quelques études consacrées aux coûts et aux bénéfices des mesures d'adaptation en relation avec ces impacts, suivi

de l'analyse de l'unique étude sur les coûts des mesures d'adaptation au niveau mondial.

### *Estimations régionales et locales des coûts et bénéfices*

Des évaluations ont été faites sur les coûts et les bénéfices des mesures d'adaptation destinées à compenser les effets du changement climatique sur la disponibilité, la fiabilité et la qualité des ressources en eau. Aux États-Unis, Kirshen *et al* (2006) ont évalué la fiabilité des systèmes de l'alimentation en eau locaux et régional de l'agglomération de Boston dans des conditions de changement climatique. Pour ce faire, ils ont calculé la demande d'eau à partir de projections de croissance démographique et économique, associées à des scénarios d'alimentation en eau élaborés en fonction des impacts du changement climatique sur les précipitations et l'évapotranspiration. Dans le scénario de référence (absence d'adaptation au changement climatique), ils ont constaté que la fiabilité des systèmes locaux de distribution d'eau serait ramenée du niveau actuel de 100 % à moins de 80% d'ici 2100. Cette baisse pourrait cependant être compensée (modestement) par une gestion de la demande, tandis que la connexion des réseaux locaux au réseau régional principal de distribution d'eau permettrait d'améliorer fortement la fiabilité à presque 100 %. Les coûts de ces mesures n'ont pas été évalués. Cependant, la même étude examine les coûts des mesures d'adaptation nécessaires pour maintenir la qualité de l'eau de la rivière Assabet près de Boston. Dans ce cas précis, le changement climatique influe sur la qualité de l'eau en multipliant le nombre de sources diffuses de pollution, en augmentant la température des cours d'eau, et en abaissant encore les flux les plus bas. Les stratégies d'adaptation étudiées tiennent compte du coût supplémentaire nécessaire du traitement des eaux usées pour faire baisser l'apport de nutriments dans la rivière, ainsi que de la création de zones humides et de bassins d'infiltration contribuant à réduire les rejets des sources diffuses. Les résultats montrent que le changement climatique et la croissance démographique entraîneraient des coûts en capital se situant entre 30 millions et 39 millions USD, et des coûts d'exploitation annuels entre 300 000 et 600 000 USD pour le maintien des colonies aquatiques de l'Assabet. Sans ces changements, les coûts en capital nécessaires pour maintenir la qualité de l'eau s'élèveraient à 22.5 millions USD, avec des coûts d'exploitation annuels de 210 000 USD. La plupart de ces changements sont dus au changement climatique car cette région a déjà atteint un seuil de développement extrêmement élevé.

Il existe aussi des estimations des coûts d'adaptation des équipements de distribution d'eau au Canada. Dore et Burton (2001) ont évalué les coûts d'adaptation aux effets du changement climatique sur la distribution d'eau potable et la capacité de traitement des eaux usées. Le système de distribution d'eau sera probablement affecté par le changement climatique car les périodes et les caractéristiques régionales des précipitations risquent de changer. Comme on prévoit une augmentation des précipitations dans beaucoup de régions, l'approvisionnement en eau potable ne devrait pas être affecté. En revanche, de nombreuses régions devront faire face à des coûts d'adaptation, car les capacités de traitement et de stockage des eaux usées seront dépassées par l'augmentation des précipitations, et par conséquent, devront être augmentées. Les auteurs ont envisagé plusieurs stratégies d'adaptation : construire de nouvelles installations de traitement des eaux usées, améliorer l'efficacité des installations en place, ou accroître le nombre de bassins de rétention. Les résultats montrent que les coûts d'adaptation à Toronto pourraient atteindre 9.4 milliards CAD en tenant compte des phénomènes extrêmes.

Muller (2007) a utilisé une autre méthode et estimé que les coûts de l'adaptation des infrastructures urbaines de distribution d'eau en Afrique (sub-saharienne) devraient représenter entre 2 et 5 milliards USD par an. Cette étude repose sur trois hypothèses : (i) Les rendements fiables assurés par les barrages diminueront au même rythme que les débits des cours d'eau : une baisse de 30 % du débit moyen se traduira par une baisse de 30 % du rendement, tandis que le coût unitaire de l'eau augmentera de plus de 40 % ; (ii) dans les endroits où les déchets sont jetés dans les cours d'eau, la charge en polluants devra être réduite de 30 % si le débit baisse de 30 % ; en outre, comme le traitement nécessaire pour aboutir à des niveaux de pollution plus faibles coûte de plus en plus cher, le coût global du traitement des eaux usées pourrait doubler ; (iii) la production d'énergie se réduit proportionnellement au débit : une baisse de 30 % du débit entraîne une baisse de 30 % de la production d'électricité<sup>4</sup>. Ces montants représentent d'une part les coûts d'adaptation des infrastructures existantes, compris entre 1 050 millions USD et 2 650 millions USD ; et les coûts des

---

4. L'étude utilise les coûts unitaires établis à partir de différents projets pour calculer les coûts de l'adaptation des infrastructures urbaines de distribution d'eau existantes. Il est supposé que les coûts d'adaptation au changement climatique des nouvelles installations seront similaires à ceux des installations en place.

installations nouvelles d'autre part, qui pourraient s'élever entre 990 millions USD et 2 550 millions USD<sup>5</sup>.

À un niveau plus local, Callaway *et al.* (2006) fournissent des estimations des coûts et des bénéfices de l'adaptation de la gestion de l'eau du bassin de la rivière Berg en Afrique du Sud. Les mesures d'adaptation envisagées incluent la création d'un marché efficient de l'eau, et l'accroissement des capacités de stockage de l'eau par la construction d'un barrage. Compte tenu des effets du changement climatique sur la demande urbaine et agricole, ils ont estimé les coûts et les bénéfices des stratégies d'adaptation concernant le stockage et le marché de l'eau. L'impact actualisé du changement climatique dans les 30 années à venir coûterait selon leurs estimations de 13.5 milliards à 27.7 milliards ZAR. Les gains de bien-être résultant de l'adaptation des capacités de stockage au titre des droits d'affectation en vigueur sont estimés à 0.2 milliard ZAR environ, tandis que le renforcement des capacités de stockage associé à des marchés de l'eau efficients aboutirait à des gains compris entre 5.8 milliards et 7 milliards ZAR. Les auteurs ont évalué la robustesse des mesures d'adaptation prises et montré que, si les marchés de l'eau sont efficients, les coûts réels de l'inaction en terme de politique d'adaptation au changement climatique sont plus importants que les coûts de l'adaptation à un changement climatique qui ne se réaliserait pas.

Le changement climatique conduira sans doute à un recul rapide des glaciers, qui aura pour conséquence la rupture du cycle de l'eau dans de nombreux bassins fluviaux dépendant des glaciers, ce qui influera sur la régulation de la distribution d'eau et la disponibilité de cette ressource. Vergara *et al.* (2007) ont estimé les coûts éventuels d'adaptation au changement climatique à Quito (Équateur). Ils suggèrent que la ville devra procéder à une dérivation supplémentaire d'eau et à la construction de nouvelles infrastructures à un rythme accéléré pour faire face à une baisse de la disponibilité en eau à partir des sources habituelles, à cause du recul des

- 
5. Répartition des coûts d'adaptation des infrastructures de distribution d'eau déjà en place : 500 à 1 500 millions USD de coûts d'investissement pour le stockage de l'eau (équivalent annuel : 50-150 millions USD) ; 100-200 millions USD par an pour le traitement des eaux usées ; et 900-2 300 millions USD par an pour la production d'électricité. Répartition des coûts pour les nouvelles installations : 150-500 millions USD de coûts d'investissement pour le stockage de l'eau (soit 15-50 millions USD par an) ; 75-200 millions USD par an pour le traitement des eaux usées, en supposant qu'il concerne 100 millions de personnes en plus ; 900-2 300 millions USD par an pour la production d'électricité en supposant que la capacité installée aura doublé.



glaciers. Ils ont estimé que le surplus de valeur actualisée nette des investissements accélérés à effectuer dans les 20 années à venir s'élèverait à 100 millions USD environ, ce qui représente une hausse de 30 % par rapport aux infrastructures nécessaires dans le scénario « d'absence de changement climatique ».

Enfin, le changement climatique aura aussi des conséquences sur la gestion des inondations fluviales par le biais d'une augmentation des précipitations et des événements extrêmes, qui en toute vraisemblance altéreront les débits des cours d'eau. Une étude de cas a été menée par l'Agence européenne de l'environnement (AEE, 2007) sur les effets du changement climatique sur la gestion des inondations fluviales du Rhin. Il est prévu que le changement climatique ait un effet significatif sur le débit maximal d'un certain nombre de cours d'eau européens comme le Rhin. Des mesures destinées à gérer les inondations fluviales doivent non seulement prendre en compte les développements naturel et socio-économique de long terme, mais aussi les risques induits par le changement climatique. L'étude de l'AEE conclut que l'adaptation pourrait réduire les risques accrus d'inondations fluviales induits par le changement climatique, à des coûts relativement modestes. Les investissements optimaux dans des ouvrages de défense contre les inondations sont estimés à environ 1.5 milliards EUR, et les bénéfices significatifs qu'ils produiraient se chiffrent entre 39.9 milliards et 1.1 milliard EUR au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, notamment en réduisant les dommages matériels provenant des inondations supplémentaires induites par le changement climatique.

Dans l'ensemble, les travaux effectués sur l'adaptation de l'offre et de la demande d'eau aux effets du changement climatique au niveau régional restent trop rares et limités à des contextes particuliers pour permettre une évaluation générale des coûts. Néanmoins, ils permettent de tirer certaines conclusions. Dans les régions où une augmentation des précipitations est prévue, ce sont les questions de la gestion des inondations et du traitement des eaux usées qui risquent de devenir problématiques, et d'entraîner d'importantes dépenses supplémentaires d'adaptation. En revanche, dans les régions qui connaîtront une baisse des précipitations ou des ressources en eau résultant du recul des glaciers, il sera très intéressant d'investir pour accroître les capacités de stockage et faire en sorte que la répartition de l'eau soit plus efficiente. Il faudra cependant étudier les difficultés d'accès au marché des populations urbaines pauvres et les conséquences sociales qui en résultent. Pour une bonne alimentation en eau potable, la diversification des sources d'approvisionnement par l'interconnexion des réseaux de distribution peut aussi être avantageuse. Le maintien de la qualité de l'eau des rivières risque de présenter des coûts très élevés pour les pouvoirs publics.

### *Coûts mondiaux*

Il n'existe qu'une seule évaluation des coûts d'adaptation des ressources en eau à l'échelle mondiale (Kirshen, 2007). Celle-ci donne une estimation des coûts mondiaux d'adaptation liés aux infrastructures complémentaires liées à la gestion de l'eau qui seront nécessaires en 2030<sup>6</sup> compte tenu de la demande totale d'eau, actuelle et future, dans quatre secteurs (domestique urbain/commercial, irrigation, domestique rural et industriel), et des ressources en eau de plus de 200 pays. Les coûts ont été évalués sur quatre types d'infrastructures principales de gestion de l'eau : des réservoirs de stockage complémentaire en surface et des puits souterrains pour renforcer la capacité de stockage des réservoirs et puits existants, ainsi que des usines de dessalement et des technologies de récupération d'eau pour faire face aux situations de pénurie d'eau. Cette étude compare la demande d'eau de différents secteurs pour les années à venir aux ressources en eau disponibles. Puis, elle détermine les infrastructures de production supplémentaires nécessaires, selon une législation internationale qui limiterait les prélèvements d'eau en 2050 à 40 % des ressources domestiques totales et disponibles en eau<sup>7</sup>. Dans le cas où un pays aurait des besoins de prélèvement en eau largement couverts par ses ressources nationales disponibles (et qui se trouverait donc en conformité avec la législation mentionnée), les coûts des réservoirs et puits supplémentaires nécessaires sont évalués. Il est supposé que les besoins en eau doivent être satisfaits dans l'ordre qui suit : besoins domestiques/commerciaux, industriels et agricoles (irrigation). Si une nation ne peut se conformer à la législation internationale parce qu'elle se trouve dans une situation de pénurie d'eau, c'est-à-dire que les prélèvements dépasseraient 40 % des flux annuels moyens, elle doit recourir (par ordre de priorité) au dessalement pour les besoins domestiques/commerciaux, et à la réutilisation des eaux usées traitées pour les besoins de l'irrigation. Les coûts de mise en œuvre de ces

- 
6. La période étudiée s'étend jusqu'à 2030. Toutefois, comme les investissements dans les ressources en eau sont faits avec un amortissement sur 20 ans, la période de prévision s'étend jusqu'à 2050. On part aussi de l'hypothèse que les nations sont prêtes à faire des planifications précoces pour répondre au changement climatique. Par conséquent, les estimations de l'offre et de la demande nationales en eau sont celle de 2050.
  7. L'auteur suppose qu'il existera une norme internationale fixant les utilisations sans prélèvement de la ressource à 60 % au moins des flux annuels moyens, étant donné que de nombreux bassins versants subissent aujourd'hui des prélèvements excessifs. Par conséquent, 40 % au maximum des flux annuels moyens peuvent servir à des utilisations avec prélèvement de la ressource.

technologies sont ensuite évalués et ajoutés à ceux des réservoirs et des puits complémentaires nécessaires. Mais même en utilisant toutes ces sources possibles, certaines nations devront faire face à des pénuries d'eau, et devront compter sur de l'eau virtuelle pour répondre à leurs besoins.

L'auteur de cette évaluation conclut que les coûts d'adaptation dans le secteur de l'eau atteindront 531 milliards USD environ jusqu'en 2030. Cependant, ces coûts incluent les mesures d'adaptation aux évolutions économiques aussi bien que climatiques. Les coûts d'adaptation au changement climatique ne sont pas isolés des autres investissements à effectuer. D'après les estimations, l'Amérique du Nord et l'Europe auraient besoin ensemble de 80 milliards USD, soit 15 % des coûts totaux d'adaptation ; dans les pays en développement, c'est-à-dire essentiellement l'Asie et l'Afrique, ce montant atteindrait 451 milliards USD (85 %).

L'analyse de Kirshen (2007) a par conséquent été modifiée et publiée par la CCNUCC (2007), qui évalue la totalité des coûts d'adaptation mondiaux à 898 milliards USD pour la période jusqu'en 2030. Ces coûts consolidés prennent en compte deux facteurs qui ne l'ont pas été dans l'analyse de Kirshen (2007) : (i) l'augmentation des coûts de stockage de l'eau dans les réservoirs de surface et souterrains, car les meilleurs lieux sont déjà occupés ; et (ii) la demande d'irrigation non satisfaite. La version consolidée de la CCNUCC estime aussi que les coûts des mesures d'adaptations mises uniquement en place afin de répondre aux effets changement climatique représente 25% des coûts totaux, soit 225 milliards USD pour la période jusqu'en 2030, ce qui équivaut à environ 11 milliards USD par an.

La méthode analytique de cette évaluation est logique et assez détaillée, mais elle comporte des limites importantes. Premièrement, les estimations de coûts n'intègrent pas les coûts d'exploitation et d'entretien. Deuxièmement, les montants des coûts des différentes mesures sont empiriques, et en général fondés sur des situations propres aux États-Unis, et l'extrapolation de ces chiffres à d'autres régions s'appuie uniquement sur les différences régionales des coûts<sup>8</sup>. Troisièmement, et c'est peut-être le point le plus important, l'étude tient compte de l'évolution vers une utilisation plus efficiente de l'eau, mais elle ne calcule que les coûts des solutions d'adaptation adoptées du côté de l'offre (comme les investissements en infrastructures de stockage) sans estimer explicitement les coûts des mesures

---

8. Alors que tous les coûts ont été extrapolés, le facteur de démultiplication utilisé est celui tiré des données sur l'irrigation, car elles étaient les seules données disponibles.

destinées à agir sur la demande, comme la promotion des pratiques autochtones d'utilisation durable de l'eau, un recours accru à une agriculture pluviale ou un recours plus important à des marchés de l'eau et autres incitations économiques. La prise en compte de ces mesures pourrait abaisser significativement les coûts d'adaptation.

### *Demande d'énergie*

Les études consacrées aux coûts d'adaptation dans le secteur de l'énergie envisagent uniquement la hausse de la demande d'énergie pour la climatisation en été et la baisse des besoins de chauffage en hiver. D'un point de vue de couverture géographique, la littérature sur le sujet est en grande partie limitée aux États-Unis. La demande d'énergie pour la climatisation (qui va s'accroître) est couverte par l'électricité, alors que les gains résultant de la baisse de la demande de chauffage en hiver se répartissent entre plusieurs sources d'énergie. Estimer s'il y aura des coûts ou bénéfices nets grâce aux mesures d'adaptation dépend des hypothèses faites sur l'évolution future des parcs immobiliers.

Rosenthal *et al.* (1995), au moyen d'une approche par le bas, ont conclu que l'économie des États-Unis enregistrerait un gain net, c'est-à-dire une réduction nette de la consommation d'énergie, de 5.3 milliards USD (en USD de 1990), à partir de l'hypothèse d'une hausse d'un degré de la température en 2010. De leur côté, Morrison et Mendelsohn (1999), s'appuyant sur une approche par le haut, ont étudié les effets du changement climatique sur la demande d'énergie des États-Unis en les désagrégeant par secteur et par type d'énergie et de combustible. Leur estimation des coûts d'adaptation nets (c'est-à-dire de la hausse des dépenses d'énergie) est comprise entre 1.93 milliard et 12.79 milliards USD (en USD de 1990) à l'horizon 2060. La différence entre ces résultats et le bénéfice net calculé par Rosenthal *et al.* (1995), qui s'explique en partie par les horizons temporels différents choisis dans les deux études, et par les hypothèses plus optimistes de l'étude ayant une approche par le haut sur les possibilités d'économies d'énergie.

Les estimations de coûts ou de gains nets de l'adaptation dans le secteur de l'énergie sont également sensibles aux hypothèses formulées sur l'évolution des parcs immobiliers. Morrison et Mendelsohn (1999) ainsi que Mendelsohn (2003) établissent une distinction entre les scénarios qui incluent ou non le risque climatique dans les caractéristiques de construction

des bâtiments<sup>9</sup>. Les deux études concluent que la prise en compte de l'évolution des caractéristiques de construction fait significativement augmenter les coûts d'adaptation, puisque les bâtiments construits à l'avenir auront des capacités accrues de climatisation. À l'horizon 2060, les analystes estiment que les changements apportés aux bâtiments et aux caractéristiques de construction augmenteront le coût de l'adaptation de 2.98 milliards USD à 8.57 milliards USD (en USD de 1990) selon le scénario économique choisi. Sailor et Pavlova (2003) parviennent à des conclusions similaires. Pour la ville de Buffalo (États-Unis), ils indiquent que les deux tiers de la hausse estimée de la consommation d'énergie résultent de la croissance du marché de la climatisation. Une étude plus récente de Mansur *et al.* (2005) examine l'impact du changement climatique sur la demande d'énergie, mais aussi sur les choix entre les types d'énergie. Les auteurs concluent que le changement climatique conduit à une réorientation en faveur de l'électricité, car c'est la première source d'énergie des appareils de climatisation. Compte tenu de cette évolution, ils estiment que l'augmentation nette des dépenses d'énergie des États-Unis sera comprise entre 4 et 9 milliards USD (de 1990) en 2050 et entre 16 milliards et 39.8 milliards USD (de 1990) en 2100, selon l'ampleur du changement climatique.

Quelques conclusions générales peuvent être tirées des travaux sur les coûts de l'énergie. Premièrement, les études constatent pour la plupart que les coûts d'adaptation résultant de l'utilisation accrue de la climatisation seront supérieurs aux gains liés à la baisse de la demande de chauffage, du moins aux États-Unis. Deuxièmement, il n'a pas encore été effectué d'évaluation systématique des effets de l'évolution de la variabilité du climat, ni de l'influence des forces du marché sur la demande d'énergie à travers l'évolution des prix. Enfin, le bilan qui s'établira entre l'augmentation de la consommation de climatisation et la baisse de celle du chauffage ne sera pas le même selon les régions et les pays. À l'exception de Cartalis *et al.* (2001) qui fournissent des estimations concernant le sud-est de la Méditerranée, les évaluations des coûts d'adaptation dans le secteur de l'énergie sont rares en dehors des États-Unis. Toutefois, une étude récente s'est penchée sur les coûts d'investissements dans des infrastructures

---

9. Morrison et Mendelsohn (1999, p. 218) ont inclus des caractéristiques de construction sensibles au changement climatique comme les matériaux de construction, les efforts de conservation, le choix des appareils de chauffage et de climatisation et des autres appareils consommateurs d'énergie, ainsi que certains aspects de la structure des bâtiments tels que le nombre de chambres, de portes et de fenêtres.

productrices d'énergie supplémentaires qui seraient nécessaires pour répondre à la demande additionnelle pour la climatisation dans la région de Paris (Hallegatte *et al.*, 2007). Des analystes ont aussi entamé de nouveaux travaux sur les effets qu'auront des étés plus chauds et des hivers plus doux à l'échelle mondiale, sans donner pour l'instant d'estimation empirique des coûts d'adaptation (Di Cian *et al.*, 2007).

### ***Autres secteurs : infrastructures, tourisme et santé publique***

En plus des zones côtières, de l'agriculture, des ressources en eau et de la demande d'énergie examinées dans les sections précédentes, trois domaines ont fait l'objet de quelques estimations des coûts et des bénéfices de l'adaptation. Il s'agit des infrastructures, du tourisme (d'hiver) et de la santé publique.

#### *Infrastructures*

Les infrastructures sont considérées comme faisant partie des solutions d'adaptation dans de nombreux secteurs sensibles aux conditions climatiques. Elles constituent aussi des actifs de grande valeur, particulièrement exposés et sensibles au changement climatique, autant par leur longue durée de vie que par le fait que les effets du changement climatique se feront progressivement sentir de façon de plus en plus prononcée. Par conséquent, les coûts d'adaptation des infrastructures peuvent se décomposer en deux aspects interdépendants mais différents : (i) les coûts des solutions relatives aux infrastructures et visant l'adaptation des secteurs sensibles aux conditions climatiques ; et (ii) les coûts de protection des infrastructures elles-mêmes face aux effets du changement climatique. En ce qui concerne le premier aspect, les estimations des coûts d'adaptation concernant les zones côtières, les ressources en eau, l'énergie et l'agriculture (dans une certaine mesure) sont en fait des coûts d'infrastructure. Cela inclut les coûts des structures de protection sur les zones côtières, des infrastructures de stockage ou d'irrigation pour l'agriculture ou l'alimentation en eau, ainsi que les infrastructures de distribution d'énergie, qui ont déjà été examinées.

Quant au deuxième aspect, il a fait l'objet d'estimations de coûts dans des contextes locaux très spécifiques, comme le rehaussement d'un mètre de la construction du Pont de la Confédération du Canada par rapport aux plans prévus, afin de prendre en compte la hausse du niveau de la mer, ou encore, la surélévation de l'usine de traitement des déchets de Deer Island dans le port de Boston, là aussi pour tenir compte de la hausse du niveau de la mer (GIEC, 2007b, chapitre 17). Les montants précis des coûts indiqués dans de

telles études, extrêmement importants lors de la planification du projet, ne constituent pas des informations pertinentes à un niveau plus général.

Autrement, quelques études seulement essaient de fournir des informations plus globales. Une étude canadienne calcule les coûts de deux types d'adaptation en relation avec les infrastructures : les coûts de conversion du réseau routier canadien actuel (résistant aux conditions hivernales et au gel) vers des routes adaptées à toutes les conditions météorologiques pour tenir compte de la hausse des températures ; et les investissements visant à agrandir les capacités des réservoirs d'eau de pluie et des installations de traitement des eaux usées (Dore et Burton, 2001). Les coûts totaux de ces mesures seraient compris entre 3.5 milliards et 12 milliards CAD en 2100. Une étude plus récente a été consacrée aux coûts d'adaptation des infrastructures publiques à cinq effets du changement climatique en Alaska : fonte du permafrost, élévation du niveau de la mer, érosion accélérée du littoral, fréquence accrue des inondations et risques plus importants d'incendies. Les auteurs estiment que le coût total de la réparation et du remplacement nécessaire des 16 000 éléments d'infrastructures pour s'adapter à ces impacts d'ici 2030 pourra atteindre 6.1 milliards USD, soit 20 % de plus que le niveau des investissements du scénario de référence (Larsen *et al.*, 2007). Par opposition à ces deux études qui ont une approche par le bas et regroupent des données d'ordre microéconomique, une troisième étude qui elle adopte une approche par le haut, estime les coûts mondiaux d'adaptation des infrastructures compris entre 7.8 milliards et 130 milliards USD en 2030 (Satterthwaite, 2007).

### *Tourisme (d'hiver)*

Les études sur les coûts d'adaptation au changement climatique dans le secteur du tourisme se sont majoritairement concentrées sur le tourisme hivernal et sur l'industrie du ski. Le tourisme d'hiver est le secteur le plus sensible, car les sports d'hiver pourraient devenir impraticables dans certaines régions. L'étude de Agrawala (2007) et de Bosello *et al.* (2007) portent sur les mesures d'adaptation dans le secteur du tourisme d'hiver et certains des coûts des adaptations technologiques. Les mesures d'adaptation observées parmi les opérateurs du secteur des sports d'hiver sont de deux types : technologiques et comportementales. À ce jour, les acteurs du tourisme des Alpes européennes semblent avoir une préférence pour les mesures d'adaptation technologique. Il en existe quatre types principaux : le remodelage du paysage et la création de pistes ; le déplacement à des altitudes supérieures et sur les pentes exposées au nord ; le ski sur glacier ; et l'enneigement artificiel. L'adaptation des comportements peut porter sur les pratiques des exploitants, les outils financiers, les nouveaux modèles d'entreprise ou la diversification des activités. Les estimations de coûts sont

rares, mais certaines adaptations technologiques ont été chiffrées de manière ponctuelle, en particulier l'enneigement artificiel. Le coût des adaptations de comportements ne sont pas disponibles car ces mesures sont complexes et difficiles à chiffrer.

Certaines mesures d'adaptation, comme la protection des glaciers par des bâches blanches, sont relativement peu coûteuses (3 EUR/m<sup>2</sup>), mais d'autres, comme le déplacement des pistes à des altitudes plus élevées et l'enneigement artificiel, peuvent l'être beaucoup plus. Par exemple, Mathis *et al.* (2003), ont conduit une étude sur des projets d'aménagements des domaines skiables en Suisse, et ont constaté que le projet de développement de pistes skiables en haute montagne coûterait entre 25 et 30 millions EUR. En France, pour la saison 2003-04, les coûts d'investissement dans l'équipement de production de neige artificielle ont atteint 60 millions EUR. Cependant, les investissements dans des équipements neufs concernent rarement des installations entièrement nouvelles, mais plutôt l'agrandissement ou l'amélioration d'installations existantes. Les coûts d'exploitation pour cette même saison en France se sont élevés à 9.4 millions EUR.

Les coûts de production de la neige artificielle se répartissent entre les coûts d'investissement, d'exploitation et d'entretien. Le coût indiqué pour la production d'un mètre cube de neige n'est pas toujours le même. Ainsi, l'Association autrichienne des remontées mécaniques indique que ce coût oscille entre 1 EUR et 5 EUR, alors qu'une autre étude estime que les coûts sont compris entre 3 EUR et 5 EUR (CIPRA, 2004). Cette étude estime aussi qu'enneiger artificiellement une superficie d'un hectare revient à 136 000 EUR. En Suisse, les coûts d'exploitation s'échelonnent entre 19 000 et 32 000 EUR par kilomètre. Dans le canton du Valais par exemple, ils ont été estimés à 33 000 EUR par kilomètre. Cependant, entre les hivers normaux et les hivers où l'enneigement est faible, la différence n'est que de 2 000 EUR.

Toutefois, ces adaptations ne sont pas forcément durables à long terme, et peuvent aussi générer des externalités négatives. Par exemple, il n'est sans doute pas soutenable de skier sur les glaciers, étant donné que 75 % des glaciers des Alpes suisses auront probablement disparu d'ici 2050, et que les Alpes pourraient perdre la quasi totalité de leurs glaciers d'ici 2100. D'autres adaptations sont susceptibles d'avoir des effets préjudiciables sur l'environnement. Les interventions de bulldozers et d'excavatrices, l'installation de remontées mécaniques, la mise en place de canons à neige et l'accroissement de la production de neige artificielle peuvent être très destructeurs pour l'environnement, laisser des « cicatrices » sur le paysage alpin, influencer sur les ressources en eau et augmenter la consommation d'énergie (et par voie de conséquence, augmenter les émissions de gaz à



effet de serre) (Abegg *et al.* 2007). Ces effets sur l'environnement n'ont pas été envisagés dans les études de coûts, et peuvent en augmenter significativement le montant.

### *Santé publique*

Il existe quantité d'études consacrées aux conséquences du changement climatique sur la santé publique<sup>10</sup> d'une part, et sur les coûts et les bénéfices des prestations de services de santé d'autre part. Or, les informations concernant spécialement les coûts et les bénéfices de l'adaptation dans ce secteur sont encore embryonnaires. Une seule étude fournit des coûts d'adaptation au changement climatique dans le secteur de la santé (Ebi, 2007). Celle-ci estime les coûts d'adaptation directs dans une approche par le bas : elle considère les coûts de traitement du nombre supplémentaire de malades de trois effets possibles du changement climatique sur la santé (maladies diarrhéiques, malnutrition et paludisme). À l'échelle mondiale, ces coûts seraient compris entre 4 milliards et 5 milliards USD en 2030<sup>11</sup>, et concerneraient surtout les pays en développement<sup>12</sup>. L'étude propose aussi une estimation élevée des coûts, comprise entre 11 milliards et 12.6 milliards USD, mais aucune explication complémentaire n'est fournie.

Cette étude isole clairement les coûts uniquement liés au changement climatique, mais comporte d'importantes limites. Par exemple, elle ne tient

- 
10. Voir par exemple le projet PESETA coordonné par l'Institut d'étude sur les technologies prospectives, qui est un centre conjoint de recherches de la Commission européenne, <http://peseta.jrc.es/index.html>.
  11. Ces chiffres ont été établis comme suit. Premièrement, les données sur l'incidence annuelle en 2002 des maladies diarrhéiques, de la malnutrition et du paludisme proviennent de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), pour 14 sous-régions du monde. Les données concernant les effets du changement climatique sur la santé ont ensuite été isolées à partir des résultats sanitaires dus à d'autres facteurs au moyen du risque relatif associé au changement climatique en 2030. En supposant que le nombre de cas enregistrés pour la période actuelle resterait constant jusqu'en 2030, on l'a multiplié par les facteurs de risque de changement climatique pour obtenir le nombre de cas supplémentaires dus au changement climatique. Enfin, les cas supplémentaires ont été multipliés par le coût à l'unité de chaque traitement.
  12. Tous les cas de malnutrition et de paludisme sont supposés concerner uniquement des pays en développement. Les pays développés enregistrent entre 1 % et 5 % des cas de maladies diarrhéiques, qui correspondraient à des coûts totaux d'adaptation compris entre 22 millions et 111 millions USD (CCNUCC, 2007).

pas compte des coûts de mise en place des nouvelles infrastructures nécessaires qui peuvent être élevés, surtout dans les pays en développement.

Plus généralement, il est difficile de chiffrer les investissements d'infrastructures de santé publique qui peuvent être nécessaires pour faire face au changement climatique, en les distinguant clairement de ceux qu'exigent les évolutions sociales et démographiques. En outre, dans le domaine de la santé publique, la limite entre les conséquences du changement climatique et les efforts d'adaptation n'est pas tout à fait claire. En effet, les coûts de traitement des maladies sensibles à l'évolution des conditions climatiques pourraient aussi être comptabilisés dans les impacts du changement climatique et dans les coûts de l'adaptation (réactive). Par conséquent, les hypothèses de départ auraient une influence déterminante sur les estimations finales des coûts et des bénéfices de l'adaptation.

### **Estimations multisectorielles au niveau national**

Les évaluations sectorielles des coûts et des bénéfices de l'adaptation permettent de mieux comprendre le processus d'adaptation, mais elles risquent de présenter peu d'intérêt pour les planificateurs au niveau macroéconomique, qui ont plutôt besoin d'informations fournissant une valeur globale de l'adaptation au changement climatique. Il s'agit d'un domaine d'analyse qui se développe rapidement sur deux fronts : au niveau national, grâce aux estimations de coûts des actions prioritaires de plusieurs des pays les moins avancés (PMA) ; et au niveau mondial, grâce aux organisations internationales et à des agences qui ont fourni des estimations des coûts mondiaux de l'adaptation. On trouvera dans cette section une évaluation des résultats des estimations multisectorielles des coûts d'adaptation réalisées au niveau national. Les résultats des estimations mondiales sont analysés dans la section suivante.

Au niveau national, de nombreuses évaluations des coûts liés aux besoins d'adaptation ont été entreprises récemment au moyen d'un processus conduit par les parties prenantes dans le cadre des programmes d'action nationaux d'adaptation (PANA). Ces programmes d'action sont établis par les PMA au titre de la Convention cadre des Nations unies sur le changement climatique (CCNUCC). Les PMA définissent ainsi des activités prioritaires pour répondre à leurs besoins urgents et immédiats d'adaptation au changement climatique. Les programmes d'action sont rédigés à partir d'une approche par le bas, et donnent la première place aux contributions des collectivités locales considérées comme une source d'information importante. La mise en place des PANA repose sur la reconnaissance des capacités d'adaptation limitées des PMA leur permettant de faire face aux effets néfastes du changement climatique. Pour répondre aux besoins

urgents d'adaptation des PMA, les PANA utilisent une approche centrée sur le renforcement des capacités d'adaptation à la variabilité du climat et aux phénomènes climatiques extrêmes actuels, qui, en retour, devra permettre de faire face aux effets négatifs du changement climatique. Les PANA doivent comporter une liste des activités d'adaptation prioritaires dont le report risquerait d'accroître la vulnérabilité du pays, ou d'entraîner une majoration ultérieure des coûts. L'analyse des coûts présentée dans les paragraphes suivants recouvre les 23 PANA soumis à la fin de l'année 2007<sup>13</sup>.

### *Estimations des coûts des projets prioritaires*

Il est évident que le processus des PANA ainsi que les résultats finaux font intervenir de nombreux éléments, dont une grande partie a déjà été analysée (voir par exemple l'étude de Osman-Elasha et Downing, 2007). L'accent est mis ici sur les informations relatives aux coûts des mesures d'adaptation prioritaires, que les PANA doivent présenter. Pour les besoins de cette analyse, les projets prioritaires évalués ont été répartis en huit catégories : agriculture, eau, phénomènes extrêmes, zones côtières, santé, infrastructures, écosystèmes, et mesures intersectorielles (encadré 2.1).

#### Encadré 2.1. Description des huit secteurs/catégories choisis

##### **Agriculture**

Projets en rapport avec la sécurité alimentaire, l'irrigation, les productions végétales et animales, l'agroforesterie et dans une moindre mesure, l'aquaculture et la pêche. Projets de lutte contre l'érosion des sols et de reboisement destinés à accroître la productivité des sols.

##### **Eau**

Projets visant à répondre aux problèmes d'approvisionnement en eau et d'assainissement ; à promouvoir la gestion intégrée des ressources en eau ; à améliorer la gestion de l'eau et réduire les risques de pénurie d'eau ; à atténuer la pression exercée sur les ressources en eau ; à développer les infrastructures d'alimentation en eau, l'évacuation des eaux, les techniques de collecte d'eau de pluie, les techniques de traitement et de dessalement de l'eau dans les zones côtières ; et à faciliter l'accès des populations sédentaires et pastorales aux ressources en eau.

13. Bangladesh, Bhoutan, Burundi, Cambodge, Comores, République démocratique du Congo, Djibouti, Érythrée, Guinée, Haïti, Kiribati, Lesotho, Madagascar, Malawi, Mauritanie, Niger, Rwanda, Samoa, Sénégal, Soudan, Tuvalu, Tanzanie, Zambie.

**Phénomènes extrêmes**

Projets prévoyant la conception de systèmes d'alerte précoce, la construction de digues de protection contre les inondations et des mesures visant à mieux préparer les communautés aux catastrophes naturelles et à renforcer leurs capacités réactives .

**Zones côtières**

Projets de protection des zones côtières par la construction et le renforcement d'ouvrages de défense et de chaussées surélevées, mise en place d'une gestion intégrée des zones côtières et de plantation de mangroves.

**Santé**

Projets visant à davantage sensibiliser les populations aux maladies comme le paludisme, à améliorer les installations médicales et lutter contre les maladies vectorielles (par la vaporisation des zones de reproduction par exemple), en particulier dans les zones rurales, et à améliorer la qualité de l'eau et des installations sanitaires pour réduire l'incidence des maladies transmises par l'eau.

**Infrastructures**

Projets de développement des infrastructures de communication et de télécommunications, de renforcement de la stabilité des bâtiments et de mise en conformité avec les normes de construction, pour faire face aux effets possibles des phénomènes climatiques extrêmes.

**Mesures intersectorielles**

Projets de grande envergure et/ou ayant des objectifs et des bénéfices multisectoriels (entrerait dans cette catégorie un projet visant à accroître la productivité des cultures, à améliorer la qualité de l'eau et à réduire les risques sanitaires).

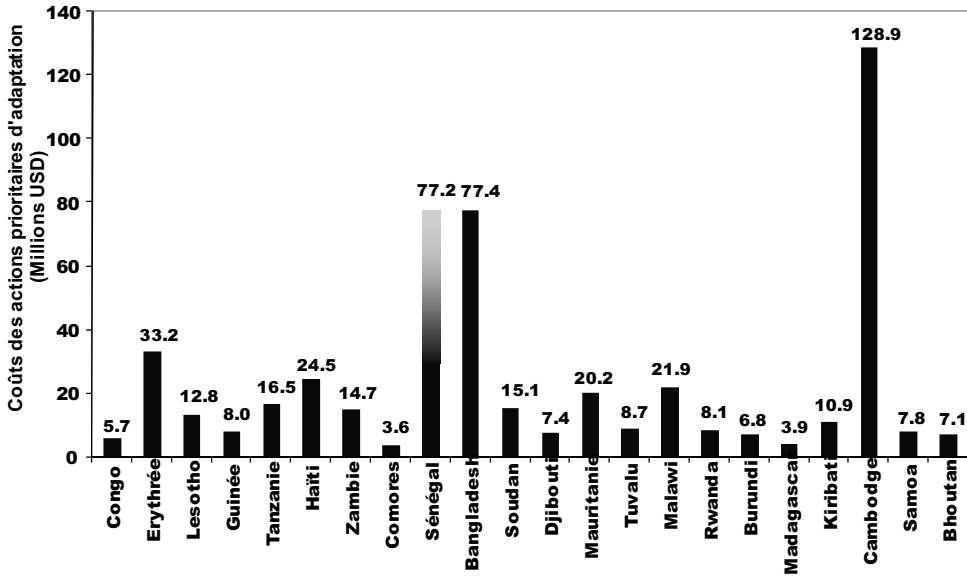
**Écosystèmes**

Projets impliquant la protection des ressources naturelles, telles que les récifs coralliens et les forêts, pour la conservation des habitats naturels et de la biodiversité.

Les coûts totaux de l'ensemble des projets prioritaires définis dans les 22 PANA s'élèvent à environ 472 millions d'USD. Alors que la majorité des projets ne fournissent qu'une estimation ponctuelle des coûts, seulement un projet de protection des zones côtières, celui du Sénégal, indique une fourchette de coûts, allant de 16 à 64 millions USD. Si l'on se fonde sur le plafond maximal de la fourchette, le coût total des projets des 22 PANA atteindrait 520.2 millions USD. Les pays dont les projets représentent les coûts les plus élevés sont le Cambodge (128.9 millions USD), suivi du Bangladesh et du Sénégal (77.4 millions et 77.2 millions USD

respectivement). Les estimations de coûts de la plupart des PANA sont cependant comprises entre 5 millions et 20 millions d'USD, comme le montre le graphique 2.2.

Graphique 2.2. Coûts totaux des actions d'adaptation prioritaires définies dans les PANA

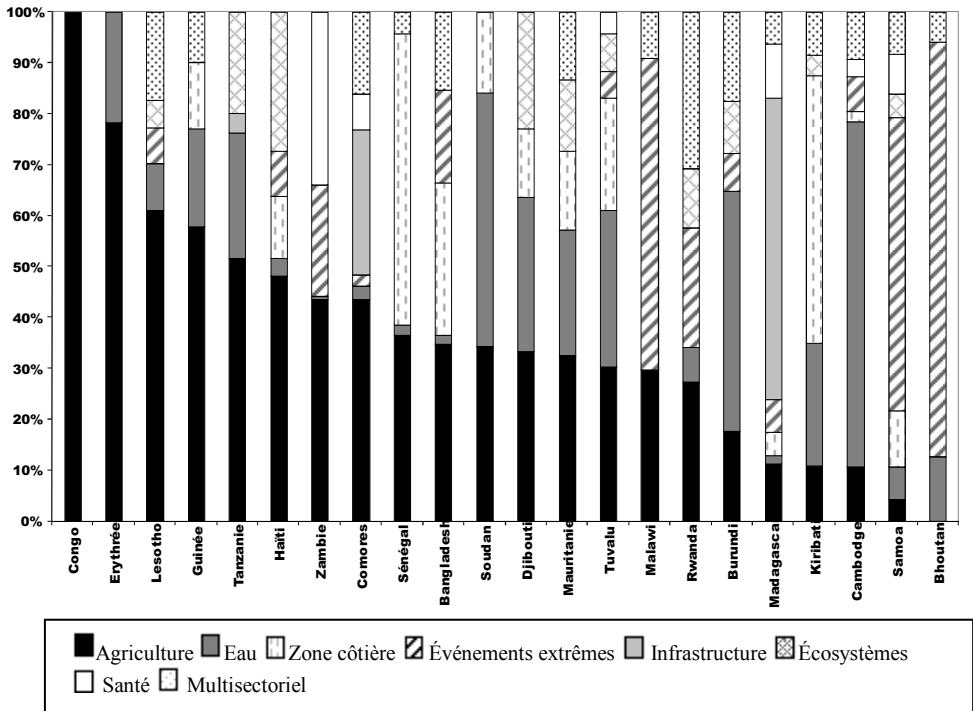


D'autres informations sont fournies par la répartition des coûts d'adaptation en fonction de la classification sectorielle décrite dans l'encadré 2.1. Ces résultats sont présentés dans le graphique 2.3<sup>14</sup>. Pour la plus grande partie des pays, les coûts les plus élevés sont observés dans l'agriculture. Sur les 14 des 22 pays ayant présenté des PANA, les coûts

14. Comme la présentation, la description et l'établissement des coûts des projets varient d'un pays à l'autre, on a supposé que les coûts, les fonds ou les budgets estimés représentaient la totalité des coûts des projets. En outre, seulement quelques pays indiquent de quel secteur relève chaque projet ; dans d'autres cas, les projets sont classés dans des catégories spéciales définies en fonction du jugement subjectif des auteurs. Cette classification comporte néanmoins un certain degré d'incertitude, car les projets peuvent appartenir à un ou plusieurs secteurs. Le problème de la définition de limites claires entre les secteurs peut avoir des effets considérables sur les coûts totaux sectoriels et le poids relatif de chaque secteur dans les estimations de coûts totaux.

d'adaptation du secteur agricole représentent ainsi au moins 30 % des coûts totaux d'adaptation. L'eau est également un secteur prioritaire et les projets portant sur l'agriculture et sur l'eau correspondent à 60 % des coûts totaux d'adaptation indiqués dans les PANA. Par ailleurs, beaucoup de pays attribuent des coûts élevés aux projets prioritaires visant à faire face aux phénomènes extrêmes, ces coûts représentant ainsi plus de la moitié des coûts des projets prioritaires de pays comme le Samoa et le Malawi. Les coûts signalés s'échelonnent de 32 500 USD pour un projet de remise en état des habitats côtiers à Madagascar, à 45 millions USD pour un projet du Cambodge visant à renforcer la sécurité alimentaire, en augmentant les quantités d'eau disponible et en réduisant les risques de mauvaises récoltes.

Graphique 2.3. Répartition des coûts d'adaptation par secteur dans chaque pays



## *Discussion*

Malgré la diversité des contextes géophysiques et sociaux, les pays qui ont développé les PANA ont identifié de nombreuses et similaires priorités d'adaptation. En général, elles impliquent le développement des aptitudes techniques et la prise de conscience de la nécessité de s'adapter, des études pour établir les bases des conséquences du changement climatique et de l'adaptation, l'amélioration de la circulation de l'information qui pourrait faciliter l'adaptation (comme par exemple des alertes précoces aux catastrophes naturelles), développer des activités alternatives à celles qui seraient particulièrement exposées au changement climatique, l'amélioration des infrastructures existantes (comme celles de la protection civile) ainsi que le développement de nouvelles infrastructures (comme des réservoirs d'eau par exemple) (Njie, 2008).

En principe, les PANA présentent l'avantage de se fonder sur des propositions de projets et des activités concrètes, conçues à partir d'une approche par le bas et faisant intervenir une grande variété d'acteurs. Les priorités et les projets d'adaptation devraient donc être plus réalistes et mieux correspondre aux réalités sur le terrain, que les hypothèses abstraites et simplifiées figurant dans les études ayant une approche par le haut. La lecture des PANA fait apparaître de nombreuses priorités d'adaptation « atypiques » qui ne pouvaient être mises en évidence que dans le cadre de processus conduits par les parties prenantes. Par exemple, le PANA des Comores établit comme une priorité un projet intitulé « Brève conservation du poisson sous glace visant à réduire les pertes après capture, dues à une température élevée ». Le projet est justifié par la détérioration et la réduction des prises, dues à la hausse de la température et de l'absence de techniques de conservation. Ce problème peut influencer sur le marché des fruits de mer, ainsi que sur les risques de maladies diarrhéiques dues à la consommation de poisson avarié. Ces priorités d'adaptation auraient probablement été oubliées dans des analyses théoriques.

Par rapport aux estimations sectorielles examinées, les PANA se distinguent de façon frappante par le coût élevé qu'ils attribuent aux adaptations prioritaires du secteur agricole. En effet, la plupart des études de modélisation concernant l'agriculture concluent (ou supposent) que des mesures d'adaptation aux coûts très faibles pourront aboutir à d'importantes améliorations des rendements. Les actions prioritaires répertoriées dans les PANA concernent essentiellement les moyens de subsistance dans les zones rurales, et les méthodes à utiliser pour adapter les moyens de subsistance des paysans dépendants de l'agriculture. En outre, les PANA définissent plusieurs activités de lutte contre l'érosion des sols et d'amélioration de la fertilité des terres. Ces activités diffèrent beaucoup de celles qui sont

mentionnées dans les études théoriques au niveau des exploitations agricoles présentées dans la section précédente. Peut-être faut-il en conclure que les études de modélisation adoptent un point de vue trop étroit sur les besoins d'adaptation dans le secteur agricole. Pour les ménages ruraux, l'adaptation ne se limitera pas à des ajustements modestes et à l'adoption de cultures mieux adaptées, mais exigera de profonds changements de l'économie et une diversification des moyens de subsistance. Ces changements nécessiteront un soutien financier des pouvoirs publics. Les mesures de lutte contre l'érosion des sols, d'amélioration de la fertilité des terres et de gestion des ressources naturelles seront nécessaires pour adapter le secteur agricole au réchauffement climatique, et requerront des dépenses financières importantes.

Les PANA présentent de toute évidence des points forts considérables et donnent des informations intéressantes sur les besoins d'adaptation. Cependant, en ce qui concerne la question des coûts d'adaptation, les données fournies par les PANA restent très limitées. En effet, les analyses des estimations de coûts contenues dans ces documents ne sont généralement étayées par aucune justification ni aucune source. Par exemple, 9<sup>15</sup> des 22 PANA ne donnent aucune explication au sujet des coûts totaux des projets prioritaires. Dans d'autres cas, les PANA signalent seulement que les coûts ont été établis à partir de projets anciens et/ou en cours, sans rendre compte de l'analyse correspondante. En outre, il existe un nombre important de facteurs qui peuvent conduire à une sous-estimation ou à une surestimation des coûts d'adaptation dans les PANA. Parmi eux y figurent des hypothèses simplifiées concernant la variation des prix des intrants du projet selon la localisation géographique de celui-ci, et l'omission ou une estimation inadéquate des coûts engendrés par des situations imprévues ainsi que des retards dans la mise en application (Njie, 2008). Ces estimations peuvent donc donner une indication des priorités relatives des parties prenantes, mais pas nécessairement des coûts effectifs de la mise en œuvre des mesures proposées.

## Estimations multisectorielles mondiales

Alors que pendant longtemps, aucune estimation empirique n'a été menée pour estimer les coûts mondiaux de l'adaptation dans des secteurs multiples, six évaluations ont clairement cherché à évaluer cet aspect entre mi-2006 et fin 2007.

- 
15. Bangladesh, Cambodge, Comores, Haïti, Kiribati, Guinée, Mauritanie, Rwanda et Zambie.



De nombreux facteurs ont contribué à cet intérêt croissant pour les coûts mondiaux d'adaptation. Premièrement, ces estimations peuvent servir à établir des programmes de travail et à attirer l'attention sur l'adaptation. Deuxièmement, elles peuvent guider les donateurs internationaux qui cherchent à renforcer la résistance au changement climatique dans le cadre de projets et d'activités de développement. Enfin, dans le contexte des négociations internationales sur le changement climatique, elles peuvent alimenter les débats sur les besoins d'adaptation des pays en développement.

Ces études sont les suivantes, dans l'ordre chronologique de publication : le Cadre d'investissement pour les énergies propres et le développement de la Banque mondiale ; le rapport Stern ; le quatrième rapport d'évaluation du Groupe de travail II du GIEC ; les études du financement de l'adaptation d'Oxfam ; celle de la CCNUCC ; et le Rapport sur le développement humain du PNUD. Toutes, à l'exception de celle du GIEC, comportent des estimations chiffrées spécifiques des coûts d'adaptation (tableau 2.6).

Même si l'on dispose ainsi de cinq études différentes sur les coûts d'adaptation au niveau mondial, seulement deux sont à peu près indépendantes. La première estimation est celle effectuée par la Banque mondiale pour le « Cadre d'investissement pour les énergies propres et le développement » (*Investment and Financial Flows to Address Climate Change*, 2006), modifiée ensuite dans le rapport Stern (2006), et qui est aussi la principale source d'information des évaluations d'Oxfam (2007) et du PNUD (2007). La deuxième estimation est celle qui a été réalisée par la CCNUCC pour son « Analyse des flux d'investissement et de financement existants et prévus pour l'élaboration d'une réponse internationale efficace et appropriée au changement climatique » (2007)<sup>16</sup>. La plupart des estimations de coûts sont par conséquent reliées entre elles (elles reprennent les résultats des estimations précédentes comme les bases de leur propre analyse) et ne sont pas pleinement indépendantes. On observe en outre une tendance à la hausse des coûts d'adaptation à chaque estimation successive.

---

16. Les estimations de coûts de la CCNUCC dans d'autres secteurs s'appuient globalement sur une approche indépendante, mais son estimation des coûts d'adaptation des infrastructures se fonde sur les hypothèses de coûts formulées dans l'étude de la Banque mondiale.

Tableau 2.6. Estimations des coûts d'adaptation à l'échelle mondiale

Évaluation	Coûts d'adaptation	Horizon temporel	Pays pris en compte	Secteurs	Observations sur les méthodes ou les sources
Banque mondiale (2006)	9–41 milliards USD/an	Période actuelle	Pays en développement	Non spécifiés (probablement tous les secteurs bénéficiaires d'APD, d'IDE et d'IIB)	Estimation fondée sur des analyses de l'OCDE et de la Banque mondiale sur les flux officiels exposés au risque climatique. Coûts du renforcement de la résistance au changement climatique pris en compte dans l'analyse.
Rapport Stern (2006)	4–37 milliards USD/an	Période actuelle	Pays en développement	Non spécifiés (probablement tous les secteurs bénéficiaires d'APD, d'IDE et d'IIB)	Actualisation de l'étude de la Banque mondiale accompagnée de modifications mineures.
Oxfam (2007)	Au moins 50 milliards USD/an	Période actuelle	Pays en développement	Non spécifiés (probablement tous les secteurs bénéficiaires d'APD, d'IDE, d'IIB et d'interventions des ONG)	Étude de la Banque mondiale, et estimations de coûts extrapolés à partir des PANA et des projets des ONG.
PNUD (2007)	86–109 milliards USD/an	2015	Pays en développement	Non spécifiés (probablement tous les secteurs bénéficiaires d'APD, d'IDE et d'IIB)	Étude de la Banque mondiale et estimation des coûts relatifs aux objectifs d'adaptation des programmes et de réduction de la pauvreté et de renforcement des dispositifs d'intervention en cas de catastrophe.

Tableau 2.6. Estimations des coûts d'adaptation à l'échelle mondiale (suite)

Évaluation	Coûts d'adaptation	Horizon temporel	Pays pris en compte	Secteurs	Observations sur les méthodes ou les sources
CCNUCC (2007)	28–67 milliards USD/an	2030	Pays en développement	Agriculture, foresterie et pêche ; ressources en eau ; santé humaine ; zones côtières ; infrastructures	Évaluation chiffrée détaillée d'adaptations spécifiques concernant les ressources en eau, la santé et les zones côtières. Évaluation moins détaillée sur les coûts pour l'agriculture, les infrastructures et les écosystèmes.
CCNUCC (2007)	49–171 milliards USD/an	2030	Monde	Agriculture, foresterie et pêche ; ressources en eau ; santé humaine ; zones côtières ; infrastructures	Évaluation plus abstraite sur les infrastructures. Les coûts d'adaptation des infrastructures se confondent en partie avec ceux qui concernent les zones côtières et les ressources en eau.

### *L'évaluation de la Banque mondiale (2006) et les estimations dérivées*

L'étude de la Banque mondiale s'appuie sur trois ensembles de flux financiers dans les pays en développement : l'aide publique au développement (APD) et les financements assortis de conditions privilégiées, estimés à 100 milliards USD par an ; l'investissement direct étranger (IDE), estimé à 160 milliards USD par an ; et l'investissement intérieur brut (IIB), estimé à 1 500 milliards USD par an.

D'après cette étude, 40 % de l'APD, 10 % de l'IDE et 2 à 10 % de l'IIB sont exposés aux effets du changement climatique. Dans le cas de l'APD, cette constatation repose sur des études antérieures de la Banque mondiale et de l'OCDE<sup>17</sup>. Dans le cas de l'IDE et de l'IIB, en revanche, il s'agit d'un postulat qui ne renvoie à aucune analyse. Cette situation est particulièrement préoccupante, d'autant que le montant de l'IIB (1 500 milliards USD par an, soit 15 fois plus que l'APD) dépasse de très loin tous les autres investissements. Par conséquent, toute modification de la sensibilité de l'IIB aux risques climatiques peut faire varier fortement l'estimation finale des coûts totaux d'adaptation. En outre, les coûts d'amélioration de la résistance aux effets du changement climatique de ces investissements sensibles sont supposés compris entre 10 % et 20 % de l'engagement financier dans les trois cas. Toute modification de ces hypothèses influencerait considérablement sur les coûts totaux d'adaptation. Les coûts se situent alors dans la fourchette de 9-41 milliards USD par an. L'étude ne chiffre pas les gains (en termes de réduction des dommages) résultant des investissements d'adaptation.

Le rapport Stern (2006) ne procède pas à une nouvelle estimation des coûts d'adaptation, mais fournit une actualisation des estimations de la

---

17. L'influence du changement climatique sur l'APD s'appuie en partie sur l'analyse de l'OCDE qui a conclu que, pour tous les pourcentages compris entre 12-26 % et 50-65 % des flux officiels au Bangladesh, en Égypte, en Tanzanie, en Uruguay, au Népal et à Fidji, l'APD pouvait être affectée par les risques climatiques. L'analyse ne concernait cependant que ces six pays et l'extrapolation à tous les bénéficiaires de l'APD est problématique. En outre, la « sensibilité au risque climatique » dans le cadre de cette définition très large ne signifie pas nécessairement qu'il faudra procéder à des investissements d'adaptation. Comme le précise le rapport de l'OCDE, « le fait qu'une activité figure dans la catégorie "concernée par le risque climatique" ne signifie pas automatiquement qu'elle doit être repensée en fonction du changement climatique » (van Aalst et Agrawala, 2005, p.66.).

Banque mondiale. Suivant la même méthode, il suppose que 20 % de l'APD, 10 % de l'IDE et de 2 à 10 % de l'IIB sont sensibles aux risques climatiques. En ce qui concerne les coûts, le rapport Stern élargit à 5-20 % la fourchette des investissements exposés au risque climatique correspondant aux coûts d'adaptation, qui était de 10-20 % dans le Cadre d'investissement de la Banque mondiale. Selon ces hypothèses de départ, les coûts d'adaptation se situent entre 4 milliards et 37 milliards USD par an. Il n'explique pas les raisons du choix de cette fourchette de pourcentages de sensibilité des différents flux financiers aux risques climatiques, ni les hypothèses sur lesquelles repose l'estimation des coûts d'adaptation qui représenteraient 5 % à 20 % des flux financiers exposés au risque climatique.

Les chiffres donnés dans le Cadre d'investissement de la Banque mondiale forment aussi la base de l'évaluation des coûts d'Oxfam (2007). Oxfam y ajoute cependant trois éléments : accroissement des coûts des projets des organisations non-gouvernementales (ONG) au niveau des communautés ; accroissement des coûts des besoins d'adaptation des gouvernements des pays en développement ; et prise en compte de coûts d'adaptation qui ne figurent pas dans l'étude de la Banque mondiale (de même que les éléments ci-dessus). Ces ajouts portent l'estimation des coûts d'adaptation d'Oxfam à « au moins 50 milliards USD par an » pour les pays en développement.

Il est possible que certains des coûts soient comptabilisés deux fois dans l'évaluation d'Oxfam. Il est difficile de déterminer par exemple si les interventions au niveau des communautés ne sont pas (au moins en partie) prises en compte dans l'APD et l'IIB, déjà comptabilisés tous les deux séparément. Ainsi, au moins l'une des trois interventions au niveau des communautés mentionnées à titre d'exemple dans le rapport a été financée par un donneur bilatéral (et relève donc plutôt de l'APD). Deuxièmement, c'est à partir d'un faible nombre d'estimations ponctuelles que le rapport extrapole les coûts au niveau mondial. Par exemple, les estimations de coûts de trois projets en faveur de communautés locales servent de base à la détermination d'une évaluation des coûts par habitant, qui est ensuite étendue aux 2.8 milliards de personnes pauvres qui vivent avec moins de deux dollars par jour dans le monde, à partir de l'hypothèse selon laquelle 40 % d'entre eux auront besoin de bénéficier du même type de projet d'adaptation communautaire à un moment ou à un autre. De même, les estimations de coûts des besoins d'adaptation immédiats figurant dans 13 PANA sont d'abord normalisés (par rapport à la population, au PIB ou à la superficie du pays) et portés à l'échelle de tous les PMA dans un premier temps, puis à tous les pays en développement. Cette extrapolation est d'autant plus problématique que les coûts qui servent de point de départ

n'ont pas été bien justifiés (voir dans la section précédente la partie sur les estimations nationales).

L'étude de la Banque mondiale et la méthode utilisée servent aussi d'informations de base à l'évaluation du PNUD (2007), qui définit les objectifs annuels des investissements d'adaptation nécessaires pour 2015. Le calcul des coûts d'adaptation repose sur trois éléments : coûts de protection des investissements de développement face aux effets du changement climatique, coûts d'adaptation des stratégies de réduction de la pauvreté dans la cadre du changement climatique et coûts accrus de renforcement des interventions en cas de catastrophe. Le coût de protection des investissements de développement contre les effets du changement climatique dans les pays en développement jusqu'en 2015 se fonde sur une actualisation de l'étude de la Banque mondiale effectuée à l'aide de données de 2007 concernant l'APD<sup>18</sup>, l'IDE<sup>19</sup> et l'IIB<sup>20</sup>. La proportion de l'APD sensible au risque climatique est ramenée du niveau initial de 40 % indiqué par la Banque mondiale à 17-33 %, tandis que les pourcentages correspondants de l'IDE et de l'IIB restent les mêmes. Comme le rapport Stern, le PNUD suppose que l'adaptation représentera entre 5 et 20 % des flux financiers totaux exposés aux risques climatiques.

Le PNUD estime que les coûts globaux de protection des investissements contre les risques climatiques se situeront entre 5 milliards et 67 milliards USD par an, avec une moyenne de 30 milliards USD par an. Enfin, il fixe un objectif de « 44 milliards USD par an au moins » pour les investissements de développement de la résistance au changement climatique<sup>21</sup>. Il tient compte aussi des « coûts nécessaires pour renforcer les programmes de protection sociale et accroître l'aide dans d'autres domaines clés » et pour lequel un objectif de « 40 milliards USD par an au moins » en 2015<sup>22</sup> a été fixé. Enfin, il suppose que l'aide bilatérale et multilatérale prévue pour renforcer le système d'intervention en cas de catastrophe

- 
18. Estimée à 107 milliards USD par an.
  19. Estimé à 281 milliards USD par an.
  20. Estimé à 2724 milliards USD par an.
  21. Ce chiffre repose sur l'hypothèse que les besoins de financement de l'adaptation des pays en développement représenteront 0.1 % du PIB des pays développés (niveau approximatif enregistré en 2005 sur la base de la méthode de la Banque mondiale).
  22. Ce montant représenterait 0.5 % du PIB des pays à revenu faible et intermédiaire inférieur.

augmentera de 2 milliards USD par an d'ici 2015. Additionnant ces coûts, le rapport propose une estimation approximative minimale des coûts d'adaptation, de 86 milliards USD par an. Cependant, ce chiffre limite l'estimation minimale des coûts de protection contre les effets du changement climatique à 44 milliards USD par an, alors que l'estimation inférieure effective (fournie dans le même rapport) est de 5 milliards USD par an. Si le chiffre de 5 milliards USD par an est pris comme estimation minimale des investissements de protection contre les effets du changement climatique, l'estimation minimale totale des coûts d'adaptation est de 47 milliards USD par an.

### ***Coûts d'adaptation dans l'analyse des flux d'investissement et de financement de la CCNUCC (2007)***

La CCNUCC analyse les flux d'investissements et de financement de l'adaptation au changement climatique dans cinq secteurs : agriculture, foresterie et pêche ; ressources en eau ; santé humaine ; zones côtières ; et infrastructures. Les résultats ont été examinés pour l'année 2030, sur les bases d'un scénario de référence et d'un scénario de réduction de gaz à effet de serre à l'échelle mondiale et au niveau des pays en développement<sup>23</sup>. Les calculs de la CCNUCC indiquent que les coûts totaux d'adaptation d'ici à 2030 dans ces cinq secteurs se situeraient entre 49 et 171 milliards USD par an à l'échelle mondiale, dont 28 à 67 milliards USD par an concernant les pays ne faisant pas partie de l'annexe I (CCNUCC, 2007). Cela correspond en tout à une fourchette allant de 0.2 à 0.8% des flux d'investissements mondiaux, ou encore celle de 0.06 à 0.21% du PIB prévu pour l'année 2030 (Smith, 2007).

L'analyse de la CCNUCC est plus approfondie que les estimations examinées dans la partie traitant des estimations sectorielles. En particulier, elle décrit plus précisément les activités spécifiques dont le coût est évalué. Les analyses sectorielles des coûts suivent des méthodes différentes, en raison de la nature des adaptations spécifiques nécessaires dans certains secteurs, et aussi des caractéristiques des travaux sur lesquels elles s'appuient. Ces analyses sont examinées plus en détail dans la section consacrée aux estimations sectorielles. L'analyse des coûts est plus

---

23. Les « pays en développement » correspondent ici aux parties ne faisant pas partie de l'annexe I de la CCNUCC. L'analyse de la Banque mondiale sur les coûts de la protection contre le risque climatique dans les pays en développement (examinée plus haut) se référerait aux bénéficiaires de l'APD. Les deux catégories se recoupent mais ne coïncident pas complètement.

approfondie et mieux justifiée dans certains secteurs que dans d'autres (en particulier pour les zones côtières et les ressources en eau).

Dans les estimations multisectorielles générales de l'analyse de la CCNUCC, les coûts d'adaptation des infrastructures attirent l'attention car ils représentent la fourchette la plus large, et leur limite supérieure est dix fois plus élevée (ou davantage) que les coûts des autres secteurs. Sur les 171 milliards USD de l'estimation haute des coûts annuels mondiaux d'adaptation en 2030, 130 milliards USD sont attribués aux infrastructures (Smith, 2007). De même, pour les pays en développement, les coûts des infrastructures représentent 41 milliards USD des 67 milliards USD de l'estimation haute des coûts d'adaptation, en 2030 également. Cependant, les coûts des infrastructures ne sont pas calculés dans l'étude (Satterthwaite, 2007). En fait, celle-ci reprend le pourcentage de 5-20 % que représenterait l'adaptation dans les investissements totaux d'infrastructures d'après les hypothèses de la Banque mondiale. D'autres parties de l'évaluation de la CCNUCC (agriculture et ressources en eau par exemple) s'appuient aussi sur des pourcentages qui sont supposés représenter les coûts d'adaptation, qui sont ensuite appliqués à des montants d'investissements de base très élevés, afin de déterminer les montants des coûts d'adaptation en USD. Il existe de même des problèmes de sous-évaluation, dus aux impacts et aux adaptations considérés de manière très limitative, ainsi qu'à la double comptabilisation des investissements. Par exemple, le coût des infrastructures est chiffré séparément, et fait en même temps partie intégrante des adaptations des secteurs des zones côtières, de l'eau et de l'agriculture.

### ***Évaluation générale des estimations multisectorielles au niveau mondial***

Bien qu'elles puissent être utiles au débat général sur l'adaptation et son financement, les estimations multisectorielles disponibles comportent d'importantes limites. Il s'est produit une convergence très rapide et prématurée autour des estimations initiales, qui sont très sensibles aux hypothèses formulées. Deux hypothèses particulières se dégagent : (i) le pourcentage des actifs/flux susceptibles d'être exposés au risque climatique ; et (ii) le pourcentage des coûts supplémentaires de renforcement de la résistance au changement climatique de ces actifs exposés. Il n'existe que très peu d'analyses, voire aucune, sur ces deux paramètres, de sorte que les hypothèses formulées prennent une importance décisive, compte tenu de l'ampleur des investissements de base auxquels ces pourcentages sont appliqués.



En outre, les estimations des coûts mondiaux d'adaptation ne sont en général pas directement mises en relation avec des activités spécifiques d'adaptation, et les bénéfices apportés par les investissements d'adaptation ne sont pas expliqués. Il se pose aussi des problèmes de double comptabilisation, et de projections faites à l'échelle mondiale à partir de données très limitées (et souvent locales). En même temps, de nombreux secteurs et adaptations n'ont pas été inclus dans ces estimations. Les études des coûts d'adaptation au niveau mondial ont aussi eu tendance à se servir des hypothèses formulées dans les études antérieures, et ne se fondent pas véritablement sur une analyse indépendante. C'est pourquoi, même sur un ordre de grandeur, il est peut-être prématuré de parler d'un « consensus » sur les coûts mondiaux d'adaptation, et de s'y référer pour guider les décisions internationales sur le financement de l'adaptation.

La présente analyse se rallie par conséquent à l'avis plus prudent émis dans le Quatrième rapport d'évaluation du GIEC, selon lequel « il n'existe pas à l'heure actuelle d'estimations complètes et multisectorielles des coûts et des bénéfices de l'adaptation au niveau mondial » (GIEC, 2007b ; chapitre 17, p. 719.).

## Conclusions

Ce chapitre fournit une évaluation critique des coûts et des bénéfices de l'adaptation dans des secteurs-clés sensibles au changement climatique, et une évaluation intersectorielle aux niveaux local/régional, national et mondial. Les informations disponibles sur les coûts d'adaptation au niveau sectoriel sont assez abondantes. En particulier, de nombreux travaux ont été publiés sur les coûts d'adaptation dans les zones côtières. Dans le secteur agricole, d'autres travaux ont été consacrés à la quantification des bénéfices des stratégies d'adaptation, mais les informations fournies sur les coûts de ces mesures restent limitées. La couverture géographique des évaluations consacrées aux zones côtières et à l'agriculture est assez complète. En revanche, les informations sur les autres secteurs pris en compte dans ce rapport sont plus restreintes et fragmentaires. Les travaux consacrés à l'énergie ne concernent jusqu'à présent que les États-Unis, et on ne dispose que d'informations sporadiques, et pour une grande partie limitées à l'échelon local, sur les coûts et les bénéfices de l'adaptation dans les secteurs de l'eau, de la santé publique, du tourisme et des infrastructures.

Les études sur les coûts d'adaptation des zones côtières montrent que la protection des côtes nécessite des investissements considérables, mais que les coûts totaux de protection ne représentent qu'un faible pourcentage du PIB de chaque pays, souvent inférieur à 0.1 %. La situation est cependant très variable selon les régions, et la part des coûts de protection dans le PIB

peut être beaucoup plus élevée pour certains petits États insulaires. Dans le secteur agricole, les études mondiales montrent généralement que des mesures d'adaptation relativement modestes peuvent compenser en grande partie les baisses de rendement qui devraient résulter du changement climatique. On constate que les ajustements au niveau des exploitations agricoles apportent des avantages importants, mais qu'ils ne sont pas également répartis sur toutes les régions. En ce qui concerne le secteur de l'eau, les travaux de recherche semblent indiquer que, dans les régions où une hausse des précipitations est anticipée, c'est le traitement des eaux usées qui pourra poser des problèmes et entraîner des coûts élevés d'adaptation des infrastructures publiques. A l'opposé, dans les régions où les précipitations baisseront, et où les ressources en eau disponibles diminueront suite au recul des glaciers, les investissements effectués dans l'agrandissement des capacités de stockage et une plus grande efficacité de la distribution d'eau prendront une grande valeur. Dans le secteur de l'énergie, la plupart des études effectuées aux États-Unis concluent que les coûts de l'utilisation accrue de la climatisation seront plus élevés que les gains résultant de la baisse de la demande de chauffage. Dans les autres secteurs, il n'existe que quelques estimations isolées des coûts et des bénéfices de l'adaptation.

Les études globales et multisectorielles des coûts d'adaptation sont relativement récentes. On trouve des évaluations nationales des coûts d'adaptation dans les PANA des pays les moins avancés. Les PANA répertorient les activités d'adaptation en partant d'une approche par le bas qui fait intervenir une grande diversité des parties prenantes, et sont donc à mieux de rendre compte des priorités sur le terrain. En outre, les PANA ont permis de définir certaines priorités d'adaptation « atypiques » que les études plus théoriques n'envisagent pas. Cependant, les PANA ne concernent que les actions d'adaptation prioritaires et ne donnent pas d'indication sur le type d'adaptation nécessaire à long terme. Les actions prioritaires répertoriées peuvent aussi refléter les considérations des parties prenantes présentes lors de l'établissement du plan d'action, et ne pas correspondre véritablement à toutes les mesures exigées. En outre, le lien entre l'action d'adaptation et l'importance de la réduction des dommages obtenue n'est pas indiqué avec précision dans les PANA. Enfin, on peut se demander si les actions prioritaires définies faciliteront réellement l'adaptation au changement climatique à long terme.

Les estimations globales et multisectorielles des coûts d'adaptation au niveau mondial sont très récentes. Elles indiquent que l'adaptation au changement climatique à l'échelon mondial coûtera plusieurs milliards de dollars par an. Bien qu'elles puissent être utiles au débat général sur l'adaptation et son financement, les estimations multisectorielles disponibles

comportent de très importantes limites. Très rapidement, il y a eu un consensus prématuré autour des estimations initiales, qui sont très sensibles aux hypothèses formulées au départ. Dans la plupart des cas, les estimations des coûts d'adaptation dans le monde ne sont pas directement mises en relation avec des activités spécifiques d'adaptation, et les bénéfices apportés par les investissements d'adaptation ne sont pas expliqués. Il se pose aussi des problèmes de double comptabilisation, et d'extrapolation à l'échelle mondiale à partir de données très limitées (et souvent locales). En même temps, de nombreux secteurs et adaptations n'ont pas été inclus dans ces estimations. Pour toutes ces raisons, il peut être trompeur de s'en tenir aux indications données par les chiffres qui ressortent des rapports coûts-bénéfices de l'adaptation sans prêter suffisamment attention aux hypothèses sur lesquelles reposent chacune des études empiriques.

L'analyse des coûts et des bénéfices de l'adaptation au niveau sectoriel, national et mondial soulève d'autres problèmes fondamentaux. L'adaptation est un concept assez flou dont les contours n'ont pas encore été clairement définis. Déterminer avec certitude ce qui est ou non du domaine de l'adaptation reste difficile, et cette ambiguïté risque d'affecter sensiblement le calcul des coûts. Par exemple, faut-il inclure dans l'adaptation uniquement les actions qui réduisent le risque climatique, ou envisager aussi celles qui renforcent la capacité d'un système à y faire face ? S'il s'agit à la fois de réduire les risques et de renforcer les capacités, on peut s'attendre à une forte hausse des coûts, car l'ensemble des actions prises en compte sera beaucoup plus vaste.

En outre, il est difficile de distinguer l'adaptation au risque climatique seul de l'adaptation à tous les risques. Les pratiques agricoles, l'aménagement du territoire ou la conception des infrastructures, par exemple, peuvent prendre en compte des considérations climatiques pour le présent et l'avenir, mais en isoler les coûts risque d'être impossible car les décisions prises dépendent aussi de nombreux autres facteurs (souvent plus importants). Dans le secteur de l'eau, les coûts correspondent souvent à des mesures d'adaptation justifiées par l'évolution démographique et économique comme par le changement climatique. En outre, on ajoute un élément supplémentaire de complexité en voulant séparer les coûts de l'adaptation à la variabilité du climat d'une part et au changement climatique d'autre part, car les situations d'adaptation sont rarement aussi clairement définies que, par exemple, la construction d'une nouvelle portion de digue assurant une protection contre la hausse du niveau de la mer due au changement climatique.

La plupart des études n'ont qu'une vision très limitée des formes que peuvent prendre les effets du changement climatique. Par exemple, les études sur l'adaptation des zones côtières considèrent uniquement

l'inondation des zones côtières et des zones humides, et laissent ainsi de côté d'autres conséquences comme l'infiltration d'eau salée dans les eaux de surface et les eaux souterraines, le risque accru de maladies, l'exposition plus grande aux marées de tempête et aux inondations. En outre, beaucoup d'études n'envisagent pas tout l'éventail des risques et s'intéressent seulement à l'évolution des moyennes, en ignorant les extrêmes. Par exemple, la plupart des études sur les coûts de protection des zones côtières, centrées sur l'élévation progressive du niveau de la mer, ne tiennent pas compte des risques de marées de tempête ou des scénarios extrêmes de hausse du niveau de la mer. Le type d'impact envisagé influe non seulement sur les coûts d'adaptation mais aussi sur le choix des stratégies optimales d'adaptation. La prise en compte des événements extrêmes en plus des évolutions moyennes fera sans doute beaucoup augmenter les coûts.

En même temps, les estimations de coûts d'adaptation sont aussi extrêmement sensibles au choix des mesures. Les études s'intéressent pour la plupart à des mesures d'adaptation « structurelles », plus faciles à chiffrer que d'autres mesures, par exemples celles de type « comportemental ». Les études sur les zones côtières, par exemple, sont axées sur les mesures structurelles de protection comme la construction de digues, sans mentionner les possibilités de mesures non structurelles comme la planification de l'utilisation des sols et la mise en place de réglementations de la construction. Dans le secteur de l'eau, les études de coûts sont centrées sur les interventions du côté de l'offre, comme la construction de réservoirs, de barrages et d'installations de traitement des eaux usées, et moins sur les mesures susceptibles d'agir sur la demande, comme la promotion d'une utilisation rationnelle de l'eau par le recyclage, la modification des habitudes de consommation, l'utilisation accrue des marchés de l'eau et d'autres incitations financières et économiques.

De telles adaptations des comportements peuvent sensiblement contribuer à abaisser le coût global de l'adaptation. Elles peuvent aussi favoriser l'internalisation des risques climatiques pour le présent et l'avenir, dans le processus de prise de décision et de choix. Les instruments économiques, en particulier les mécanismes du marché et les mécanismes réglementaires ont un rôle très important à jouer en la matière, et font l'objet du chapitre 3.

## Références

- Abegg, B., S. Agrawala, F. Crick et A. de Montfalcon (2007), « Effets des changements climatiques et adaptation dans le tourisme d'hiver », S. Agrawala (éd.), *Changements climatiques dans les Alpes européens : Adapter le tourisme d'hiver et la gestion des risques naturels*, OCDE, Paris, pp. 25-63.
- Adams, R.M., B.A. McCarl et L.O. Mearns. (2003), « The Effect of Spatial Scale of Climate Change Scenarios on Economic Assessments: An Example from US Agriculture », *Climatic Change* 60, pp. 131-148.
- AEE (Agence européenne de l'environnement) (2007), « Climate Change: The Cost of Inaction and the Cost of Adaptation », rapport technique de l'AEE, n° 13/2007.
- Agrawala, S. (éd.) (2007), *Changements climatiques dans les Alpes européens : Adapter le tourisme d'hiver et la gestion des risques naturels*, OCDE, Paris.
- Aalst, M. Van et S. Agrawala (2005), « Analyse des activités soutenues par les donateurs et des plans nationaux », S. Agrawala (éd.), *Contre vents et marées : Les politiques de développement face au changement climatique*, OCDE, Paris, pp. 65-91.
- Banque mondiale (2006), *Investment Framework for Clean Energy and Development*, Banque mondiale, Washington, DC.
- Bosello, F., R. Roson et R.S.J. Tol (2007), « Economy-wide Estimates of the Implications of Climate Change: Sea Level Rise », *Environmental and Resource Economics* 37, pp. 549-571.
- Butt, A.T., *et al.* (2005), « The Economic and Food Security Implications of Climate Change in Mali », *Climatic Change* 68, pp. 355-378.

- Callaway, J.M., *et al.* (2006), « The Berg River Dynamic Spatial Equilibrium Model: A New Tool for Assessing the Benefits and Costs of Alternatives for Coping With Water Demand Growth, Climate Variability, and Climate Change in the Western Cape », document de travail de l'AIACC n° 31, The AIACC Project Office, International START Secretariat, Washington, DC, p. 41, disponible en ligne sur : [www.aiaccproject.org](http://www.aiaccproject.org).
- Cartalis, C., *et al.* (2001), « Modifications in Energy Demand in Urban Areas as a Result of Climate Changes: An Assessment for the Southeast Mediterranean Region », *Energy Conversion and Management* 42(14), pp. 1647-1656.
- CCNUCC (Convention Cadre des Nations Unies pour le Changement Climatique) (2007), « Investment and Financial Flows to Address Climate Change », papier préliminaire sur l'analyse des investissements et des flux financiers existants et anticipés pertinents au développement d'une réponse internationale efficace et adaptée au changement climatique, p. 273.
- CE (Commission européenne) (2007), « Limiting Global Climate Change to 2 Degrees Celsius – The Way Ahead for 2020 and Beyond », Analyse d'impact, document de travail de l'équipe de la Commission, janvier.
- CIPRA (2004), « Kunstliche Beschneigung im Alpenraum – ein Hintergrundbericht », [www.alpmedia.net](http://www.alpmedia.net).
- Darwin, R.F. et R.S.J. Tol. (2001), « Estimates of the Economic Effects of Sea Level Rise », *Environmental and Resource Economics* 19, pp. 113-129.
- Darwin, R.F., *et al.* (1995), « World Agriculture and Climate Change: Economic Adaptations », Agricultural Economic Report n° 703, United States Department of Agriculture, Economic Research Service, Washington, DC, p. 86.
- Deke, O., *et al.* (2001), « Economic Impact of Climate Change: Simulations with a Regionalized Climate-Economy Model », document de travail de Kiel n° 1065, Kiel Institute of World Economics.
- Di Cian, E., E. Lanzi and R. Roson (2007), « The Impact of Temperature Change on Energy Demand: A Dynamic Panel Analysis », document de travail de FEEM n° 46.
- Dore, M. et I. Burton (2001), « The Costs of Adaptation to Climate Change in Canada: A Stratified Estimate by Sectors and Regions – Social Infrastructure », Climate Change Laboratory, Brock University, St. Catharines, Ontario.

- Ebi, K. (2007), « Health Impact of Climate Change », un rapport pour la Division de support financier et technique du Secrétariat du CCNUCC, [http://unfccc.int/cooperation\\_and\\_support/financial\\_mechanism/financial\\_mechanism\\_gef/items/4054.php](http://unfccc.int/cooperation_and_support/financial_mechanism/financial_mechanism_gef/items/4054.php).
- Fischer, G., M. Shah et H. van Velthuisen (2002), « Climate Change and Agricultural Vulnerability », IIASA, p. 152.
- GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental pour l'Etude du Climat) (2007a), « Climate Change 2007: The Physical Science Basis », Contribution du Groupe de travail II au *Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, « Chapter 10: Global Climate Projections », Cambridge University Press, Cambridge.
- GIEC (2007b) « Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability », Contribution du Groupe de travail II au *Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, « Chapter 5: Food, Fibre and Forest Products », pp. 273-313 ; et « Chapter 17: Assessment of Adaptation Practices, Options, Constraints and Capacity », pp. 717-743, Cambridge University Press, Cambridge.
- Hallegatte, S., J-C. Hourcade et P. Ambrosi (2007), « Using Climate Analogues for Assessing Climate Change Economic Impacts in Urban Areas », *Climatic Change* 82(1-2), pp. 47-60.
- Kirshen, P. (2007), « Adaptation Options and Cost in Water Supply », un rapport pour la Division de support financier et technique du Secrétariat du CCNUCC, [http://unfccc.int/cooperation\\_and\\_support/financial\\_mechanism/financial\\_mechanism\\_gef/items/4054.php](http://unfccc.int/cooperation_and_support/financial_mechanism/financial_mechanism_gef/items/4054.php).
- Kirshen, P., M. Ruth et W. Anderson (2006), « Climate's Long-Term Impacts on Urban Infrastructures and Services: The Case of Metro Boston », M. Ruth, K. Donaghy et P.H. Kirshen (éds.), *Climate Change and Variability: Local Impacts and Responses*, chapitre 7, Edward Elgar Publishers, Cheltenham, United Kingdom.
- Larsen, P., *et al.* (2007), « Estimating Future Costs for Alaska Public Infrastructure at Risk from Climate Change », Institute for Social and Economic Research.
- Mansur, E.T., R. Mendelsohn et W. Morrison (2005), « A Discrete-Continuous Choice Model of Climate Change Impacts on Energy », Social Science Research Network, document de travail de la Yale School of Management n° ES-43, Yale University, New Haven, CT, p. 41.

- Mathis, P., D. Siegrist et R. Kessler (2003), « Neue Skigebiete in der Schweiz? Planungsstand und Finanzierung von touristischen Neuerschliessungen unter besonderer Berücksichtigung der Kantone », Berne.
- McCarl, B. (2007), « Adaptation Options for Agriculture, Forestry and Fisheries », un rapport pour la Division de support financier et technique du Secrétariat du CCNUCC, [http://unfccc.int/cooperation\\_and\\_support/financial\\_mechanism/financial\\_mechanism\\_gef/items/4054.php](http://unfccc.int/cooperation_and_support/financial_mechanism/financial_mechanism_gef/items/4054.php).
- Mendelsohn, R. (2003), « The Impact of Climate Change on Energy Expenditures in California », C. Thomas et R. Howard (éds.), *Global Climate Change and California: Potential Implications for Ecosystems, Health, and the Economy*, Appendix XI, Sacramento, CA, p. 35.
- Morrison, W. et R. Mendelsohn (1999), « The Impact of Global Warming on US Energy Expenditures », R. Mendelsohn et J. Neumann (éds.), *The Impact of Climate Change on the United States Economy*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 209-236.
- Muller, M. (2007), « Adapting to Climate Change: Water Management for Urban Resilience », *Environment and Urbanization* 19(1), pp. 99-112.
- Ng, W.S. et R. Mendelsohn (2005), « The Impact of Sea Level Rise on Singapore », *Environment and Development Economics* 10, pp. 201-215.
- Nicholls, R.J. (2007), « Adaptation Options for Coastal Areas and Infrastructure: An Analysis for 2030 », un rapport pour la Division de support financier et technique du Secrétariat du CCNUCC, [http://unfccc.int/cooperation\\_and\\_support/financial\\_mechanism/financial\\_mechanism\\_gef/items/4054.php](http://unfccc.int/cooperation_and_support/financial_mechanism/financial_mechanism_gef/items/4054.php).
- Nicholls, R.J. et R.S.J. Tol (2006), « Impacts and Responses to Sea-Level Rise: A Global Analysis of the SRES Scenarios over the Twenty-first Century », *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 364, pp. 1073-1095.
- Nicholls, R.J., R.S.J. Tol et N. Vafeidis (2005), « Global Estimates of the Impact of a Collapse of the West Antarctic Ice Sheet: An Application of FUND », [www.fnu.zmaw.de/fileadmin/fnu-files/publication/working-papers/waisglobalwp.pdf](http://www.fnu.zmaw.de/fileadmin/fnu-files/publication/working-papers/waisglobalwp.pdf).
- Njie, M. (2008), « Costing Priority Adaptations: A View from NAPAs », papier présenté lors de l'Atelier de travail des experts de l'OCDE sur les Aspects économiques de l'adaptation, 7-8 avril, Paris.



- Njie, M., *et al.* (2006), « Making Economic Sense of Adaptation in Upland Cereal Production Systems in The Gambia », document de travail de l'AIACC n°37, International START Secretariat, Washington, DC, disponible en ligne sur : [www.aiaccproject.org/working\\_papers/working\\_papers.html](http://www.aiaccproject.org/working_papers/working_papers.html).
- Oppenheimer, M., *et al.* (2007), « Climate Change: The Limits of Consensus », *Science* 14, pp. 1505-1506.
- Osman-Elasha, B. et T. Downing (2007), « National Adaptation Programmes of Action: Lessons Learned in Africa », *Tiempo* 65, pp. 19-21.
- Oxfam (2007), « Adapting to Climate Change: What's Needed in Poor Countries, and Who Should Pay », Papier d'introduction d'Oxfam n° 104. p. 47.
- Parry, M.L., *et al.* (2004), « Effects of Climate Change on Global Food Production under SRES Emissions and Socio-economic Scenarios », *Global Environmental Change* 14 (1), pp. 53-67, [www.sciencedirect.com/science/journal/09593780](http://www.sciencedirect.com/science/journal/09593780).
- PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement) (2007), « Fighting Climate Change: Human Solidarity in a Divided World », Human Development Report 2007/2008, Palgrave Macmillan, New York, p. 399.
- Reilly, J., N. Hohmann et S. Kane (1994), « Climate Change and Agricultural Trade: Who Benefits, Who Loses? », *Global Environmental Change* 4, pp. 24-36.
- Reilly, J., J. Graham et J. Hrubovcak (2001) *Agriculture: The Potential Consequences of Climate Variability and Change for the United States*, Cambridge University Press.
- Rosenthal, D.H., H.K. Gruenspecht et E. Moran (1995), « Effects of Global Warming on Energy Use for Space Heating and Cooling in the United States », *Energy Journal* 16(2), pp. 77-96.
- Rosenzweig, C. et M.L. Parry (1994), « Potential Impact of Climate Change on World Food Supply », *Nature* 367, pp. 133-138.
- Sailor, D.J. et A.A. Pavlova (2003), « Air Conditioning Market Saturation and Long-Term Response of Residential Cooling Energy Demand to Climate Change », *Energy* 28, pp. 941-951.

- Satterthwaite, D. (2007), « Adaptation Options for Infrastructure in Developing Countries », un rapport pour la Division de support financier et technique du Secrétariat du CCNUCC, [http://unfccc.int/cooperation\\_and\\_support/financial\\_mechanism/financial\\_mechanism\\_gef/items/4054.php](http://unfccc.int/cooperation_and_support/financial_mechanism/financial_mechanism_gef/items/4054.php).
- Smith, J.B. (2007), « Preliminary Estimates of Additional Investment and Financial Flows Needed for Adaptation in 2030 », papier présenté lors du Dialogue sur les actions de coopération de long terme, Vienne, 28 août, [http://unfccc.int/files/cooperation\\_and\\_support/financial\\_mechanism/application/pdf/adaptation\\_presentation\\_joel\\_smith.pdf](http://unfccc.int/files/cooperation_and_support/financial_mechanism/application/pdf/adaptation_presentation_joel_smith.pdf).
- Stern, N. (2006), « The Economics of Climate Change », *The Stern Review*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Stuczynski, T., *et al.* (2000), « Adaptation Scenarios of Agriculture in Poland to Future Climate Changes », *Environmental Monitoring and Assessment* 61(1), pp. 133-144.
- Tan, G. et R. Shibasaki (2003), « Global Estimation of Crop Productivity and the Impacts of Global Warming by GIS and EPIC Integration », *Ecological Modelling* 168(3), pp. 357-370.
- Tol, R.S.J. (2002), « Estimates of the Damage Costs of Climate Change, Part 1: Benchmark Estimates », *Environmental and Resource Economics* 21(1), pp. 47-73.
- Tol, R.S.J., S. Fankhauser et J.B. Smith (1998), « The Scope for Adaptation to Climate Change: What Can We Learn from the Impact Literature? », *Global Environmental Change* 8(2), pp. 109-123.
- Vergara, W., *et al.* (2007), « Economic Impacts of Rapid Glacier Retreat in the Andes », *EOS Transactions American Geophysical Union* 88(25), pp. 261-268.
- Winters, A.P., *et al.* (1998), « Economic and Welfare Impacts of Climate Change on Developing Countries », *Environmental and Resource Economics* 12, pp. 1-24.
- Yates, D.N. et K.M. Strzepek (1998), « An Assessment of Integrated Climate Change Impacts on the Agricultural Economy of Egypt », *Climatic Change* 38, pp. 261-287.
- Yohe, G.W. et M.E. Schlesinger (1998), « Sea-Level Change: The Expected Economic Cost of Protection or Abandonment in the United States », *Climatic Change* 38, pp. 447-472.
- Yohe, G.W., *et al.* (1996), « The Economic Costs of Sea Level Rise on US Coastal Properties », *Climatic Change* 32, pp. 387-410.

## Chapitre 3

### Instruments économiques visant l'incitation à l'adaptation

Samuel Fankhauser, Shardul Agrawala, David Hanrahan,  
Gregory Pope, Jerry Skees, Chris Stephens et Shamina Yasmine

*L'adaptation au changement climatique se réalisera par des milliers d'actions de la part des ménages, des entreprises, des pouvoirs publics et de la société civile. Ce chapitre met en évidence les possibilités que des politiques adéquates et avisées présentent pour canaliser l'action privée, et la transformer en une force pour accélérer l'adaptation au changement climatique. Ce chapitre concentre l'analyse sur trois instruments : l'assurance, les marchés environnementaux et les partenariats public-privés. Pendant longtemps, l'assurance a été un instrument privilégié de répartition des risques. Cependant, avec la multiplication des dommages dus au changement climatique, l'assurance deviendra une activité incertaine et risquée. Des politiques publiques seront nécessaires afin de résoudre ce problème, comme par exemple à travers le financement public de mesures d'adaptation permettant de réduire le risque ou encore par le partage des risques les plus extrêmes avec des assureurs du domaine privé. Toutefois, les pouvoirs publics ne doivent pas proposer des subventions pour les risques systémiques, car cela pourrait à tort maintenir les activités qui deviennent de moins en moins viables à cause des changements du climat. Les marchés environnementaux et l'allocation de prix aux ressources naturelles jouent un rôle primordial dans la préservation de notre écosystème, et ce, même s'il n'y avait pas de changement climatique. Ils incitent les propriétaires à préserver les biens naturels et les consommateurs à les utiliser avec modération. Du point de vue de l'adaptation au changement climatique, les marchés environnementaux et la fixation d'un prix sur les ressources naturelles servent deux objectifs différents. Ils rendent le système naturel plus résistant en atténuant les pressions de base sur l'écosystème. Ensuite, ces instruments permettent de donner une valeur monétaire aux mécanismes d'adaptation fournis par les écosystèmes. Le développement de la résistance des infrastructures au changement climatique sera la mesure d'adaptation la plus coûteuse et requerra des efforts financiers et administratifs considérables de la part des gouvernements. Les PPP peuvent également jouer un rôle dans la recherche et le développement, ainsi que dans le progrès des technologies d'adaptation.*

## Introduction

L'adaptation se composera de milliers d'actions des ménages, des entreprises, des pouvoirs publics et de la société civile. Afin d'assurer la soutenabilité de l'adaptation au changement climatique ces agents devront internaliser dans leurs décisions les risques climatiques actuels et anticipés, ainsi que les incertitudes qui y sont associées. Malgré une longue expérience dans le domaine de la gestion de la variabilité climatique, beaucoup de sociétés et de secteurs témoignent d'une adaptation à un niveau encore élémentaire, même au climat actuel. (GIEC, 2007 ; chapitre 17). De plus, s'il existe aujourd'hui plusieurs exemples d'adaptation au changement climatique sur le long terme, les progrès réalisés se situent davantage au stade de la planification qu'à celui de la mise en œuvre concrète, que ce soit dans les pays en développement ou dans les pays développés.

Les progrès en la matière se heurtent à plusieurs obstacles. Le plus important est celui des coûts de l'adaptation et des ressources financières que ces derniers nécessitent. Dans ce contexte, le débat s'est concentré sur l'estimation et l'allocation des coûts de l'adaptation ainsi que des moyens à mettre en œuvre pour dégager des fonds publics à cette fin. Ce qui a beaucoup moins attiré l'attention sont les barrières institutionnelles, et en particulier, le rôle du marché et des mécanismes réglementaires dans la facilitation de l'adaptation. Or, cet aspect est crucial car la majorité des actions sont entreprises par des acteurs privés, et aussi parce que l'ampleur de l'enjeu de l'adaptation va bien au-delà des budgets publics disponibles pour y faire face.

Alors que certaines adaptations procureront des bénéfices publics telle que la protection des zones côtières face à l'élévation du niveau de la mer, certaines autres entraîneront des bénéfices privés qui ne profiteront qu'aux entreprises et aux individus, ou à un consortium d'agents privés (Lecocq et Shalizi, 2007). Pour les individus ou les groupes d'individus l'intérêt privé devrait être une incitation suffisante pour mettre en œuvre des mesures d'adaptation qui réduisent leur vulnérabilité. A l'instar des activités des marchés, ces actions n'ont pas à être dirigées de manière centralisée par une autorité publique. En effet, cela serait contreproductif et éventuellement impossible. Cependant, comme dans le cas des marchés, les pouvoirs publics sont amenés à mettre en place un environnement propice, qui permette aux agents privés de prendre au moment opportun des décisions d'adaptation efficaces et étayées. Lorsque les initiatives privées échouent en raison d'externalités négatives ou d'autres défaillances de marché, les pouvoirs publics peuvent aussi avoir à assurer l'adaptation sous la forme d'un bien public. Inversement, l'échelle et/ou l'efficacité de nombreuses activités d'adaptation généralement entreprises par les pouvoirs publics

pourraient être accrues au moyen d'une collaboration avec le secteur privé. Ici aussi, il peut se révéler nécessaire de mettre en place certains mécanismes pour catalyser cette collaboration et s'assurer qu'elle aboutisse aux résultats souhaités.

L'objet du présent chapitre est de porter le débat au-delà de l'estimation des coûts de l'adaptation, vers une réflexion sur les instruments économiques à la disposition des pouvoirs publics pour la promouvoir. L'expression « instruments économiques » est employée ici de manière générique pour désigner les mécanismes permettant d'atteindre l'effet recherché à partir de moyens économiques ou juridiques. Comme dans d'autres domaines de la politique environnementale, ces instruments peuvent être axés sur l'utilisation des marchés, sur la création de marchés, de réglementations et de dispositifs juridiques, et sur la mobilisation du public. La seule nuance est que, en ce qui concerne l'adaptation, l'effet recherché soit la réduction des impacts préjudiciables (ou le renforcement des effets bénéfiques) dus au changement climatique.

Le présent chapitre est structuré de la manière suivante. La section suivante établit le cadre d'analyse étudiant le rôle des instruments économiques dans le contexte de l'adaptation. La nature des activités d'adaptation y est décrite, suivie par une analyse des impacts typiques du changement climatique ainsi que des stratégies d'adaptation dans certains secteurs clés sensibles au climat. Cela permet d'identifier les principaux instruments économiques qui pourraient être employés pour faciliter l'adaptation. Ensuite, trois instruments pouvant jouer un rôle clé dans l'adaptation sont analysés : l'assurance, les signaux-prix et les marchés environnementaux, et les partenariats public-privés (PPP). L'assurance est un instrument couramment utilisé dans le cadre des mesures d'adaptation dans un certain nombre de secteurs, notamment dans l'agriculture. Les signaux-prix et les marchés environnementaux peuvent quant à eux être essentiels pour l'adaptation en ce qui concerne de nombreuses ressources naturelles sensibles au climat, dont l'eau et les écosystèmes. Enfin, les PPP sont susceptibles de jouer un rôle déterminant dans le financement des infrastructures et dans l'amélioration de leur résistance au changement climatique, où les coûts d'adaptation sont disproportionnellement élevés, mais aussi dans la recherche et le développement de nouvelles technologies d'adaptation. Ces trois instruments sont examinés respectivement dans les trois sections suivantes. Y sont étudiés leur nature et leur utilisation actuelle, leurs atouts et leurs limites, ainsi que leur portée dans le cadre de l'adaptation. La section finale présente quelques conclusions.

## Champ d'application des instruments économiques relatifs à l'adaptation

Le processus d'adaptation au climat et au changement climatique est complexe et comporte plusieurs facettes. Il porte sur tous les aspects de la société et se compose d'une multitude d'ajustements des comportements, des structures et des technologies. De ce fait, il est difficile de donner une description analytique juste de l'adaptation, et plusieurs typologies ont été élaborées pour classifier les activités d'adaptation. Par exemple, les mesures d'adaptations ont été classifiées selon le moment choisi de l'adaptation (anticipée par opposition à réactive), selon sa portée (court terme par opposition à long terme, échelle locale par opposition à échelle régionale), son intention (spontanée par opposition à planifiée ; passive par opposition à active), et l'agent qui s'adapte (privé par opposition à public ; société par opposition à système naturel).

Dans le but d'examiner les instruments économiques, tels que définis ci-dessus, il convient d'adopter la classification suivante des possibilités génériques d'adaptation, exposée par le GIEC dans son troisième rapport d'évaluation (GIEC, 2001, chapitre 18, d'après Burton, 1996) :

- **La prise en charge des pertes.** Les pertes doivent être prises en charge lorsque la population concernée n'a pas la capacité de réagir autrement (par exemple les collectivités extrêmement pauvres) ou lorsque les coûts des mesures d'adaptation sont jugés trop élevés par rapport au risque ou aux préjudices anticipés.
- **Le partage des pertes.** Il s'agit de répartir les pertes au sein d'une communauté plus large. Cette répartition se pratique aussi bien dans les sociétés traditionnelles que dans les sociétés modernes. Dans les sociétés traditionnelles, les pertes sont typiquement redistribuées entre tous les membres d'une même famille, entre habitants d'un village ou d'une collectivité de taille similaire. Dans les sociétés modernes plus complexes, le partage des pertes passe par les assurances, par les secours, la remise en état et la reconstruction financés par les fonds publics.
- **La modification de la menace.** Dans le cas de certains risques, il est possible de maîtriser la menace environnementale elle-même dans une plus ou moins grande mesure (prévention des inondations, par exemple).
- **La prévention des effets.** Un des ensembles de mesures d'adaptation couramment employé se compose de dispositions visant à prévenir les effets du changement climatique. Ces mesures

peuvent être regroupées en cinq catégories : (i) mesures structurelles/technologiques ; (ii) mesures législatives/instruments réglementaire ; (iii) mesures institutionnelles/administratives ; (iv) instruments de marché ; et (v) activités *in situ*.

- **Le changement d'utilisation.** Lorsque la menace du changement climatique rend la poursuite d'une activité économique impossible ou extrêmement risquée, il peut être envisagé de changer l'utilisation. Les terres agricoles peuvent par exemple être reconverties en terres inondées pour protéger les zones côtières.
- **Le changement de la localisation.** Une autre réponse consiste à déplacer les activités économiques. Nombreux sont ceux qui envisagent, par exemple, le déplacement de grandes cultures et de zones agricoles des régions où l'aridité et la température augmenteront vers des régions aujourd'hui plus fraîches et qui pourraient devenir plus propices à la culture de certains végétaux à l'avenir.
- **La recherche.** Le processus d'adaptation peut être alimenté par la recherche sur les nouvelles technologies et de nouvelles méthodes d'adaptation, par exemple dans l'agriculture (nouveaux cultivars) et dans le secteur de la santé (nouveaux traitements pour les maladies liées au changement climatique).
- **Encourager les changements de comportement par l'éducation, l'information et la réglementation.** Un autre type d'adaptation consiste à diffuser les connaissances au moyen de l'éducation et de campagnes publiques d'information, dans le but de faire évoluer les comportements.

L'identification des instruments économiques particuliers qui facilitent ces stratégies génériques d'adaptation nécessite des précisions supplémentaires quant aux spécificités des impacts auxquels sont exposés les différents secteurs ainsi que sur les stratégies d'adaptation potentielles. En partant des principales répercussions du changement climatique à travers quelques secteurs clés, le tableau 3.1 répertorie les grandes mesures d'adaptation entrant dans les catégories générales énumérées ci-dessus. La dernière colonne du tableau décrit les instruments économiques que les pouvoirs publics peuvent utiliser pour faciliter les adaptations respectives.

Le tableau 3.1 montre que, en principe, divers instruments économiques sont à même de faciliter l'adaptation dans plusieurs secteurs. Bien entendu, il est conçu pour illustrer le propos et ne vise pas à l'exhaustivité. Néanmoins, dans de nombreux secteurs, certains des instruments qu'il présente sont pertinents notamment :

- **systèmes d'assurance** (majorité des secteurs),
- **signaux-prix / marchés** (par exemple, eau et écosystèmes),
- **partenariats public-privé** (par exemple, protection contre les inondations, protection des littoraux et eau),
- **microfinance** (par exemple, agriculture et extrêmes météorologiques),
- **incitations réglementaires** (par exemple, normes de construction et aménagement de zones),
- **incitations en faveur de la recherche et développement** (par exemple, agriculture et santé).

Les sections qui suivent examinent plus en détail les trois premiers de ces cinq instruments, à savoir les systèmes d'assurance, les signaux-prix et marchés environnementaux, et les partenariats public-privé. L'accent y est mis en particulier sur la description et l'application actuelle de chacun de ces instruments, sur leurs atouts et leurs limites, ainsi que sur les possibilités et les conditions d'application dans le contexte des problèmes particuliers que soulève le changement climatique.

## Partage des risques et assurances

L'assurance (ou le partage des risques) a été utilisée depuis des siècles pour faire face à la variabilité du climat et aux risques météorologiques. Le partage des risques doit son succès au souci de l'efficacité économique, à l'aversion pour le risque et au sens de la solidarité face aux épreuves difficiles. C'est aussi un commerce profitable. Le secteur des assurances est un domaine essentiel des marchés financiers modernes. C'est également un secteur qui a d'ores et déjà été contraint d'évoluer pour tenir compte de nouveaux types de risques environnementaux. À mesure que le climat évolue et que les données météorologiques historiques perdent leur pertinence, ce secteur devra imaginer de nouvelles méthodes pour partager les risques avec les non-sinistrés, tout en encourageant les populations exposées à s'adapter au nouvel environnement.



Tableau 3.1. Impacts du climat, options d'adaptation et instruments économiques

Secteur	Principaux impacts	Options d'adaptation	Instruments d'action envisageables
Agriculture	Diminution des rendements mondiaux de certaines cultures comme le riz, le blé, le maïs et le soja, avec des baisses particulièrement prononcées dans les zones tropicales proches des seuils de température et dans les zones arides ou semi-arides. Impacts directs et indirects (dus à la qualité et la quantité des aliments et de l'eau) sur les animaux d'élevage (santé, croissance, production de lait et de laine, fertilité). Surcroît de ravageurs, de plantes adventives et de maladies. Il existe aussi des impacts positifs, comme l'augmentation de la productivité de certaines cultures sous l'effet du CO <sub>2</sub> ou l'allongement des périodes de culture aux latitudes élevées.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partage des pertes : assurance récolte</li> <li>• Prévention des pertes (structurelles, technologiques) : investissements dans des équipements nouveaux</li> <li>• Prévention des pertes (fondées sur les règles du marché) : élimination des distorsions de marché (par exemple, tarification de l'eau)</li> <li>• Prévention des pertes (fondées sur les règles du marché) : libéralisation des échanges de produits agricoles pour amortir les pertes à l'échelle régionale</li> <li>• Changement d'utilisation, changement de cultures, de la date des semis, de la conduite des cultures</li> <li>• Recherche : développement de variétés résistantes à la chaleur et à la sécheresse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signaux-prix / marchés</li> <li>• Instruments d'assurance</li> <li>• Microfinance (par exemple, pour financer les dépenses d'équipement)</li> <li>• Incitations en faveur de la RD</li> </ul>

Tableau 3.1. Impacts du climat, options d'adaptation et instruments économiques (suite)

Secteur	Principaux impacts	Options d'adaptation	Instruments d'action envisageables
Zones côtières	Inondations, crues, et dommages causés par les tempêtes en présence de surcotes marines et effets de remous ; disparition de zones humides ; érosion ; infiltration d'eau salée dans les eaux de surface et souterraines ; élévation du niveau des nappes souterraines et obstruction du drainage.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prévention des pertes (structurelles, technologiques) : défense côtière / digues maritimes ; ouvrages de défense contre les marées de tempête ; amélioration des systèmes de drainage, ouvrages de défense contre l'infiltration d'eau salée</li> <li>Prévention des pertes (activités <i>in situ</i>) : gestion des sédiments ; rechargement des plages ; protection des parcs d'habitation (zones humides et mangroves)</li> <li>Prévention des pertes (institutionnelles, administratives) : aménagement du territoire</li> <li>Changement de localisation : relocalisation ; zones non constructibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incitations réglementaires (aménagement de zones)</li> <li>Signaux-prix / marchés (primes d'assurance différenciées ; évaluation économique des écosystèmes)</li> <li>Mécanismes de financement (PPP ou fonds privés pour des dispositifs de défense côtière)</li> </ul>
Santé	Augmentation des pressions thermiques et de la mortalité liée à la chaleur, particulièrement dans les villes et pendant les vagues de chaleur ; diminution des décès en hiver ; modification de la prévalence des maladies transmises par l'eau telles que la malaria ou la dengue. Les événements météorologiques extrêmes auront également des effets sur la santé (voir ci-dessous).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prévention des pertes (structurelles, technologiques) : climatisation, normes de construction</li> <li>Prévention des pertes (institutionnelles, administratives) : amélioration de la santé publique ; programmes de lutte contre les vecteurs de maladies ; programmes d'éradication des maladies</li> <li>Recherche : RD dans le domaine des vecteurs de maladies, des vaccins, et de l'éradication des maladies</li> <li>Éducation/comportement : modification des comportements (pauses au travail, hydratation)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incitations en faveur de la RD</li> <li>Incitations réglementaires (codes de construction, par exemple)</li> <li>Assurances</li> </ul>

Tableau 3.1. Impacts du climat, options d'adaptation et instruments économiques (suite)

Secteur	Principaux impacts	Options d'adaptation	Instruments d'action envisageables
Ressources en eau	Modification du volume, du moment et de la qualité des flux ; accroissement de la variabilité des précipitations ; débits de pointe en hiver au lieu du printemps ; pénuries d'eau plus fréquentes et plus graves ; inondations après des crues abondantes ; dégradation de la qualité de l'eau due à la salinisation, hausse de la température, diminution du débit dans certaines zones (augmentation dans d'autres).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prévention des pertes (structurelles, technologiques) : réduction des déperditions (lutte contre les fuites ; équipements de plomberie économiseurs d'eau) ; augmentation des capacités (nouveaux réservoirs, installations de désalinisation)</li> <li>• Prévention des pertes (institutionnelle, administrative) : allocation de droits sur l'eau (par exemple, usages domestiques par opposition aux usages agricoles) ; gestion des risques pour contrer la variabilité des précipitations</li> <li>• Prévention des pertes (fondée sur les règles du marché) : autorisation de prélèvement, tarification de l'eau</li> <li>• Éducation/comportement : utilisation rationnelle de l'eau, récupération de l'eau de pluie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signaux-prix / marchés (tarification de l'eau, échanges de permis)</li> <li>• Incitations réglementaires (interdiction d'arrosage, etc.)</li> <li>• Mécanismes de financement (adaptation des conditions des PPP au secteur de l'eau)</li> </ul>

Tableau 3.1. Impacts du climat, options d'adaptation et instruments économiques (suite)

Secteur	Principaux impacts	Options d'adaptation	Instruments d'action envisageables
Écosystèmes	Modification de l'abondance, de la distribution et de la santé des espèces ; migrations (par exemple, stocks de poissons, oiseaux) ; modification des comportements (par exemple, nidification plus précoce) ; disparition d'espèces incapables de se déplacer ou trop lentes à s'adapter.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prise en charge des pertes : amélioration de la résilience des écosystèmes (par exemple, réduction des tensions de bases existantes)</li> <li>• Prévention des pertes (législatives, réglementaires) : protection des habitats (réduction des tensions existantes, par exemple)</li> <li>• Prévention des pertes (institutionnelles, administratives) : modification de la gestion des ressources naturelles (par exemple, gestion durable de la pêches et des forêts) ; politique environnementale</li> <li>• Prévention des pertes (fondées sur les règles du marché) : écotourisme, marché des services écologiques</li> <li>• Changement de localisation : faciliter la migration des espèces (par exemple, corridors de migration)</li> <li>• Recherche : sélection et modification génétiques dans les systèmes aménagés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signaux-prix / marchés (par exemple, marchés d'écosystèmes)</li> <li>• Incitations réglementaires (par exemple, aménagement de zones, normes environnementales)</li> <li>• Microfinance (par exemple, écosystèmes)</li> <li>• Incitations en faveur de la RD</li> </ul>
Établissements humains et activité économique	Disfonctionnement des infrastructures; réorientation des flux touristiques (canicules estivales, enneigement insuffisant, élévation du niveau de la mer); migrations / changement de la dynamique des populations; hausse de la demande d'énergie due à la climatisation, mais baisse de la demande de chauffage en hiver.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partage des pertes : assurances, produits dérivés climatiques</li> <li>• Prévention des pertes (structurelles, technologiques) : amélioration de la résistance de l'habitat et de l'infrastructure aux événements climatiques</li> <li>• Changement délocalisation : zonage, décisions de localisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incitations réglementaires (normes de construction)</li> <li>• Signaux-prix / marchés (par exemple, primes d'assurance subordonnées à l'adaptation)</li> <li>• Systèmes d'assurance</li> <li>• Mécanismes de financement (adaptation des PPP aux infrastructures)</li> </ul>

Tableau 3.1. Impacts du climat, options d'adaptation et instruments économiques (suite)

Secteur	Principaux impacts	Options d'adaptation	Instruments d'action envisageables
Événements météorologiques extrêmes	Augmentation de la fréquence et de la gravité des événements météorologiques extrêmes tels que les ouragans, les inondations et les tempêtes. Dommages causés aux infrastructures et au parc de logements ; interruption de l'activité économique ; effets directs sur la santé dus aux décès et blessures ; effets indirects sur la santé dus à la contamination de l'eau et aux mauvaises conditions sanitaires.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Partage des pertes : assurances; étalement du risque au-delà du secteur des assurances (par exemple, au moyen d'obligations catastrophes)</li> <li>Prévention des pertes (structurelles, technologiques) : barrages contre les inondations ; amélioration de la résistance de l'habitat et de l'infrastructure aux inondations/tempêtes, parc immobilier Prévention des pertes (institutionnelles, administratives) : systèmes d'alertes précoces ; amélioration de la gestion des catastrophes</li> <li>Changement de lieu : aménagement de zones, décisions de localisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Systèmes d'assurance</li> <li>Signaux-prix / marchés (par exemple, primes d'assurance conditionnées à l'adaptation).</li> <li>Incitations réglementaires (codes de construction, aménagement de zones)</li> <li>Mécanismes de financement (fonds privés ou PPP pour les structures de protection)</li> </ul>

Du point de vue de la politique publique, le problème est de déterminer si ces ajustements assureront une couverture suffisante et une juste allocation des risques. La présente section passe en revue les défis que l'adaptation pose dans le secteur des assurances.

### *Portée des produits existants*

L'**assurance classique fondée sur l'indemnisation**, couvre l'assuré contre la perte d'un actif (une récolte ou un logement). Elle est aussi appliquée depuis longtemps aux risques liés aux conditions météorologiques. L'une des principales faiblesses de ce produit réside dans l'aléa moral engendré par les produits fondés sur l'indemnisation. Bien que la méthode doive se traduire par le versement d'une indemnisation approximative à la perte réelle, par un effet pervers, l'assuré est incité à ne pas réduire les risques qu'il court dès lors qu'il est conscient que les dommages seront couverts par une police fondée sur le sinistre. Dans de telles circonstances l'assuré peut freiner l'adaptation ou même promouvoir la maladaptation. De plus, l'assurance classique se caractérise par une asymétrie de l'information. Ceci se produit lorsque l'une des deux parties dispose d'informations plus abondantes ou de meilleure qualité. Il en résulte un déséquilibre du pouvoir de négociation, ce qui peut entraîner une sous-estimation ou une surestimation du risque. Enfin, le règlement des sinistres est un processus long et coûteux.

Pour remédier à certains de ces problèmes d'autres options plus adaptées qui permettent de mieux répondre aux risques liés au changement climatique ont été créées. Comme un grand nombre de conditions météorologiques peuvent faire l'objet de mesures quantitatives (précipitations, température, vitesse du vent, etc.), l'assurance peut être déclenchée par un scénario météorologique chiffré et prédéterminé. Outre ces seuils de déclenchement « paramétriques », les assureurs ont aussi créé des options liées à des indices, afin de calculer les indemnités en fonction des seuils de « préjudice industriel » et de « préjudice modélisé ».

Les **assurances indexées** réduisent l'aléa moral, du fait que le paiement et le dommage effectif ne soient pas directement liés. Comme l'assuré perçoit une indemnisation indépendamment du préjudice qu'il a subi, l'incitation à prévenir et à atténuer le risque est préservée. Puisqu'il n'est pas nécessaire d'évaluer ou de vérifier les dommages effectifs, les coûts de transaction sont réduits et l'indemnisation devient plus rapide. Les bénéfices sont particulièrement intéressants lorsque l'on conçoit des systèmes destinés aux assurés des pays en développement exposés à des risques d'événements météorologiques catastrophiques.

En outre, les assurances indexées peuvent faciliter le transfert du risque aux marchés financiers par le biais de la standardisation des contrats. En subordonnant les contrats à des informations publiées, les asymétries caractéristiques des assurances classiques sont réduites, ce qui encourage une participation plus importante. Enfin, les assurances indexées inciteront le renforcement des systèmes de mesure météorologique et de mise au point de modèles plus sophistiqués. Le tableau 3.2 présente une trentaine de systèmes d'assurances indexées mis en place dans des pays en développement ces dernières années.

Le désavantage inhérent à l'assurance indexée est l'absence de relation entre l'indemnisation prédéterminée, et le préjudice réel. Ce « risque de base » résulte en une absence de corrélation entre la prime et l'indemnité versée qu'il devient difficile de corriger compte tenu de l'imprévisibilité croissante du climat. En outre, les seuils de déclenchement fondés sur un indice « paramétrique » ne couvrent qu'une seule cause potentielle de dommages, par exemple des précipitations insuffisantes provoquant une sécheresse laissant l'assuré sans protection face aux autres causes de sinistre, comme la mauvaise qualité des semences par exemple. Aussi, alors que le marché des assurances indexées reste immature, de nouvelles évolutions sont nécessaires pour encourager le secteur privé à une plus grande participation. L'une de ces évolutions réside dans la création de seuils de déclenchement hybrides, fondés sur plusieurs types de paramètres dans un contrat ou une tranche. Ceux-ci peuvent être employés dans des contrats multirisques où chaque risque est rattaché à un seuil d'indice différent. Alternativement, les seuils de déclenchement hybrides peuvent inclure l'application de différents types de seuils de manière séquentielle, dans l'optique de déterminer la perte résultant d'un événement couvert.

**Les dérivés climatiques** sont des instruments financiers qui peuvent être utilisés dans le cadre d'une stratégie de gestion des risques associés à des conditions météorologiques défavorables ou inattendues. Cet instrument de marché couvre les événements peu coûteux et hautement probables, et les contrats les plus courants s'appuient sur des indices de température. Il peut aussi couvrir les risques liés aux pluies, aux chutes de neige et aux tempêtes. C'est historiquement la première forme d'assurance indexée, dans laquelle le versement d'indemnités est lié à la survenue d'un événement météorologique donné. Il a été estimé qu'en 2002, l'économie des États-Unis était sensible aux conditions météorologiques à hauteur d'un milliard USD, ce qui présume des débouchés potentiels colossaux pour le marché de ces nouveaux instruments de couverture.

Tableau 3.2. **Produits indexés de transfert du risque dans les pays à faible revenu**

Pays	Événement à risque	Structure du contrat	Indice	Cible	Situation	Source
Bangladesh	Sécheresse	Assurance indexée liée aux emprunts	Précipitations	Petits riziculteurs	En cours de mise au point. Lancement d'un projet pilote prévu en 2008.	Barnett and Mahul, 2007
Caraïbes : Mécanisme d'assurance contre les risques liés aux catastrophes	Cyclones et séismes	Contrats d'assurance indexés avec partage des risques	Données indexées de la NOAA et de l'USGS	Gouvernement des pays des Caraïbes	Mis en œuvre en 2007.	Barnett et Mahul, 2007 Isom, 2007
Chine	Précipitations intermittentes de faible intensité	Assurance indexée	Nombre de jours de précipitations et de tempêtes	Petits producteurs de pastèques	Mis en œuvre à Shanghai en juin 2007. Les primes sont subventionnées à hauteur de 40 %.	Barnett et Mahul, 2007
Éthiopie	Sécheresse	Assurance indexée	Précipitations	Opérations du PAM en Éthiopie	7 millions USD assurés en 2006. Contrat non renouvelé en 2007 faute de soutien des donateurs.	Skees <i>et al.</i> , 2006 Syroka et Wilcox, 2006
	Sécheresse	Assurance indexée	Précipitations	Petits exploitants	Pilote en 2006, actuellement désactivé en raison de ventes limitées.	Barnett, Barret et Skees, 2008
	Sécheresse	Dérivé climatique	Données satellites et météorologiques	ONG	Mis en œuvre en 2007.	Swiss Re, 2007
Honduras	Sécheresse		Précipitations		En cours de mise au point.	Syroka, 2007
Inde	Sécheresse et inondation	Assurance indexée liée aux emprunts et proposée directement aux agriculteurs.	Précipitations	Petits exploitants	Démarré avec un pilote en 2003. Les produits d'assurance indexée sont désormais proposés par les secteurs public et privé.	Monuamorn, 2007 Ibarra et Syroka, 2006
Kazakhstan	Sécheresse	Assurance indexée sur le programme MPC	Précipitations	Grandes et moyennes exploitations	En cours de mise en point.	Barnett et Mahul, 2007



Tableau 3.2. Produits indexés de transfert du risque dans les pays à faible revenu (suite)

Pays	Événement à risque	Structure du contrat	Indice	Cible	Situation	Source
Kenya	Sécheresse	Dérivé climatique	Données satellites et météorologiques	ONG	Mis en œuvre en 2007.	O'Hearne, 2007
Malawi	Sécheresse	Assurance indexée liée aux emprunts	Précipitations	Producteurs d'arachides membres de la NASFAM.	Projet pilote démarré en 2005. 2 500 polices vendues pendant la saison pilote de 2006. Volume des primes : 7 000 USD.	Alderman et Haque, 2007 Leftley et Mapfumo, 2006
Mali	Sécheresse	Dérivé climatique	Données satellites et météorologiques	ONG	Mis en œuvre en 2007.	Swiss Re, 2007
Maroc	Sécheresse	Assurance indexée	Précipitations	Petits exploitants	Le marché n'est pas intéressé compte tenu de la tendance à la baisse des précipitations.	Barnett et Mahul, 2007 Skees <i>et al.</i> , 2001 Stoppa et Hess, 2003
Mexique	Catastrophes naturelles touchant les petits exploitants, essentiellement les sécheresses	Assurance indexée	Précipitations, vitesse du vent et températures	Autorités des États pour le secours aux sinistrés. Soutient le FONDEN.	Projet pilote démarré en 2002. Appliqué dans 26 des 32 États. Actuellement, 28 % (2,3 millions ha) des terres non irriguées sont couverts.	Agroasemex, 2006a Skees <i>et al.</i> , 2006
	Grands séismes	Obligation catastrophe indexée et contrats d'assurance indexée	Intensité sur l'échelle de Richter	Autorités mexicaines, pour soutenir le FONDEN.	Créé en 2006. Les obligations catastrophes rapportent 160 millions USD. Couverture de l'assurance indexée jusqu'à 290 millions USD.	Wenner, 2007 Cardenas, 2006
Mongolie	Pertes importantes de bétail en raison de mauvaises conditions météorologiques	Assurance indexée, ventes directes aux éleveurs	Mortalité du bétail par hectare	Éleveurs nomades	Deuxième saison d'essai achevée en 2007 ; participation de 14 %.	Mahul et Skees, 2005 Skees et Enkh-Amgalan, 2002

Tableau 3.2. **Produits indexés de transfert du risque dans les pays à faible revenu (suite)**

Pays	Événement à risque	Structure du contrat	Indice	Cible	Situation	Source
Nicaragua	Sécheresse et précipitations surabondantes	Assurance indexée	Précipitations	Producteurs d'arachides	Lancé en 2006.	Barnett et Mahul, 2007 Syroka 2007
Pérou	Inondations, pluies torrentielles dues à El Niño	Assurance indexée	Anomalies de l'ENSO dans l'océan Pacifique	Institutions financières rurales	Proposé.	USAID, 2006 Skees, Hartell et Murphy, 2007
	Sécheresse	Assurance indexée liée aux emprunts	Indice de rendement par hectare	Producteurs de coton	Proposé.	Carter, Boucher et Trivelli, 2007
Sénégal	Sécheresse	Assurance indexée liée à l'assurance rendement	Précipitations et rendement des cultures	Petits exploitants	Proposé.	Barnett et Mahul, 2007 Swiss Re, 2007
Tanzanie	Sécheresse	Assurance indexée liée aux emprunts	Précipitations	Petits producteurs de maïs	Projet pilote mis en œuvre en 2007.	Barnett et Mahul, 2007 Swiss Re, 2007
Thaïlande	Sécheresse	Assurance indexée liée aux emprunts	Précipitations	Petits exploitants	Projet pilote mis en œuvre en 2007.	Barnett et Mahul, 2007 Manuamorn, 2006
Ukraine	Sécheresse	Assurance indexée	Précipitations	Petits exploitants	Mis en œuvre en 2005, actuellement interrompu en raison de ventes limitées.	Barnett et Mahul, 2007 Skees, Hess et Ibarra, 2002
Vietnam	Inondations pendant la récolte du riz	Assurance indexée liée aux emprunts	Niveau des cours d'eau	La banque agricole d'État et, au final, les petits riziculteurs	En cours de mise au point, un contrat d'assurance pour interruption de l'activité est à l'étude au sein de la banque agricole d'État.	Skees, Hartell et Murphy, 2007

Les dérivés climatiques ont plus de dix ans d'existence. Malgré une diminution du nombre des contrats entre 2006 et 2007, le volume et la valeur des transactions restent supérieurs aux niveaux atteints avant 2006, et avec la prise de conscience du changement climatique, les marchés financiers continueront vraisemblablement à fonder leurs produits sur la variabilité croissante des conditions météorologiques. En particulier, les entreprises du secteur de l'énergie recourent à ce type de produits dérivés pour se couvrir contre les conséquences des écarts de température par rapport aux moyennes saisonnières. Les dérivés climatiques ont également un potentiel de développement dans d'autres secteurs dont les profits subissent les effets du climat, comme l'agriculture, le commerce de détail, le secteur des loisirs et l'industrie du bâtiment. Pour proposer à ces nouveaux clients des produits commercialisables, le marché s'est diversifié, passant des contrats indexés sur les températures aux dérivés des précipitations (pluie et neige) et du vent. Étant donné la situation générale du marché, il est probable que se multiplient les échanges et les stratégies de corrélation avec d'autres marchés. Il existe notamment une forte demande potentielle venant des entreprises désireuses de couvrir les risques liés à leurs émissions de gaz à effet de serre. Le lien étroit entre conditions météorologiques, production d'énergie, et donc d'émissions, encouragera les producteurs d'électricité à structurer des transactions conjuguant dérivés carbone et dérivés climatiques.

**Obligations catastrophes (cat bonds).** A mesure que s'est accentuée la distorsion entre les indemnisations et les primes, les assureurs ont été amenés à réaliser qu'ils ne disposent pas à eux seuls de ressources suffisantes pour faire face à des sinistres de grande envergure. Pour maintenir l'offre d'une protection contre les événements extrêmes, ils détiennent la possibilité de mobiliser des fonds supplémentaires sur les marchés financiers en titrisant une partie du risque sous la forme d'obligations, qui peuvent être placées auprès d'investisseurs à la recherche de rendements élevés. Les cat bonds sont des obligations de ce type, qui transfèrent une partie du risque des assureurs aux investisseurs. Les coupons se constituent généralement d'un taux de référence assorti d'une prime de risque appropriée, mais, une fois le seuil de déclenchement atteint (franchissement d'un niveau de pertes prédéterminé ou d'un indice donné), l'investisseur perd une partie prédéfinie du capital investi et l'assuré reçoit un versement dépendant de l'ampleur de ses pertes ou de l'indice atteint. Les obligations catastrophes sont principalement utilisées dans les pays développés, mais la Banque mondiale étudie actuellement la possibilité de les introduire dans les pays en développement.

**Autres instruments.** Deux instruments sont actuellement à l'étude dans l'optique d'une application aux risques climatiques : la mise en commun de réserves de liquidités et le **dédommagement au titre de la dette**. La **mise en commun de réserves de liquidités** est actuellement testée sous la forme d'une autoassurance collective par la Banque centrale des Caraïbes orientales, qui accumule des contributions obligatoires des gouvernements membres. Ces réserves pourraient être utilisées pour obtenir des prêts en cas de catastrophes naturelles. Le **dédommagement au titre de la dette** est appliqué dans le cadre du « *Commonwealth and Smaller States Disaster Management Scheme* ». Il offre une assurance aux pouvoirs publics des pays exposés aux risques de manière à ce qu'ils puissent continuer d'assurer le service de leur dette au lendemain d'une catastrophe naturelle, sur la base d'une prime uniforme de 1 % de la valeur assurée (Burton *et al.*, 2006).

### *Incidences sur l'adaptation*

Le changement climatique aura pour effet immédiat d'accroître la demande de produits d'assurance. Avec l'accentuation de la variabilité du climat, la réduction des risques deviendra de plus en plus attractive. Néanmoins, le changement climatique fera également augmenter le coût des polices d'assurances, ce qui ferait fléchir tout ou partie du surcroît de la demande. La plus grande variabilité du climat et la multiplication des événements extrêmes entraîneront une hausse des pertes anticipées ainsi que des indemnités. Les compagnies d'assurance répercuteront ces coûts supplémentaires sur leurs clients chaque fois que possible. De plus, parce que les statistiques historiques et les calculs de probabilité des pertes n'est plus fiable en raison de l'incertitude du changement climatique, l'assurance sera plus risquée, au moins à court terme. Les assureurs chercheront une compensation à ce risque supplémentaire.

Désireux de réduire les risques liés au changement climatique et de tirer un avantage commercial de ce phénomène, le secteur de l'assurance sera confronté à un double défi. Pour commencer, les assureurs auront besoin de nouveaux capitaux et devront trouver le moyen de répartir les risques au-delà de leur propre secteur d'activité qui est relativement restreint. Ceci sera nécessaire pour financer des indemnités plus élevées en moyenne et pour faire face à des indemnités de pointe plus fréquentes et plus prononcées suite à des événements extrêmes. Dans le passé les obligations catastrophes ont déjà été utilisées pour étaler plus largement le risque d'assurance dans le secteur financier. En réalité, ces obligations ont spécifiquement été conçues à cet effet et, à ce titre, elles pourraient être amenées à jouer un rôle de plus en plus important à mesure que le climat

change. Certaines entreprises pourraient quant à elles opter pour des fusions ou des « émissions de droits »<sup>1</sup> afin d'accroître leur assise financière.

Le deuxième défi pour le secteur de l'assurance consiste à améliorer l'exactitude et la précision des données sur les dangers ainsi que les projections de l'impact du changement climatique. Bien que les compagnies commencent à employer des modèles de simulation pour estimer les pertes probables, la tarification des primes reste basée sur des séries historiques, qui ne représentent plus une référence fiable pour les futurs sinistres liés aux conditions météorologiques. Toutefois, le développement d'une compréhension analytique des risques associés au changement climatique futur est extrêmement difficile. Une évaluation précise des risques requiert non seulement la connaissance des impacts physiques du changement climatique à l'échelon régional (précipitations, températures, vitesse du vent, fréquence et intensité des événements extrêmes), mais aussi ceux des évolutions socioéconomiques et des mesures d'adaptation qui affectent la densité d'assurance et la vulnérabilité future. Les compagnies d'assurance s'adresseront à des organismes publics (universités, services météorologiques et laboratoires de recherche) pour obtenir les informations nécessaires sur le climat et des données sur la vulnérabilité. Certaines des recherches indispensables pourraient être financées par les compagnies d'assurance ou bien menées conjointement avec leurs équipes de recherche internes. Par exemple, dans les Alpes européennes où le changement climatique a des conséquences sur un certain nombre d'événements naturels dangereux, les compagnies d'assurance commencent à examiner leur impact sur le prix de leur produit, et, dans un cas particulier, une compagnie finance le développement de scénarios de changement climatique (Jetté-Nantel et Agrawala, 2007). Or, malgré l'amélioration des capacités de prévision météorologiques, la nature extrêmement variable des changements climatiques pose une vraie difficulté à l'identification de tendances climatiques. Le défi que cela pose pour la tarification des polices d'assurance est illustré par le cas des précipitations au Sahel, dans l'encadré 3.1.

- 
1. Moyens de dégager des capitaux propres qui permettent aux entreprises d'offrir à leurs actionnaires courants le droit d'acquérir un nombre précis d'actions supplémentaires à un prix attractif et défini lors d'une période spécifiée.

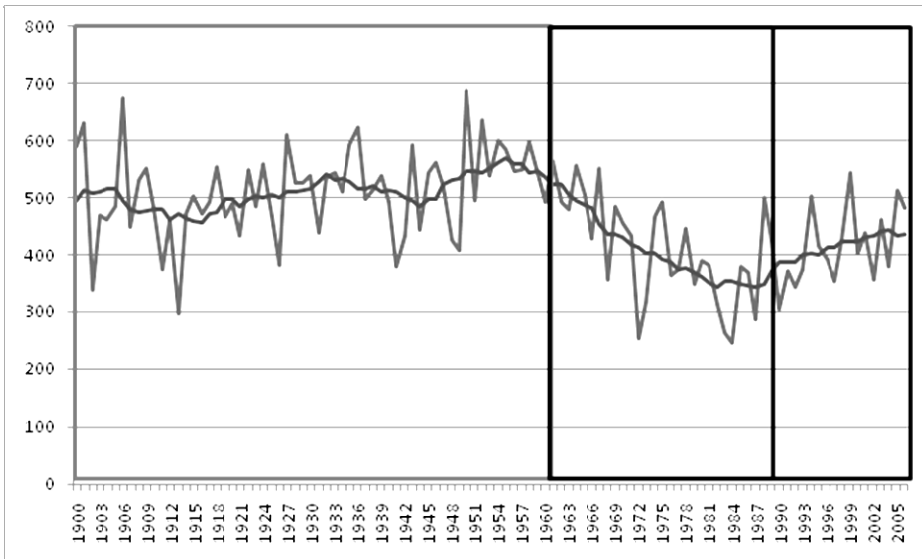
### Encadré 3.1. Variabilité des précipitations et le problème de la fixation du montant des primes d'assurance

L'assurance indexée passe de plus en plus fréquemment pour l'outil permettant de faire face aux risques induits par le changement climatique dans les pays en développement. Il faut cependant faire preuve de circonspection avant d'affirmer qu'elle est la solution appropriée à ce problème. En théorie, le processus de fixation du montant des primes des assurances indexées sur les conditions climatiques reflète le degré d'exposition au risque : plus l'exposition est forte, plus le montant de la prime d'assurance est élevé. La transmission de cette information à l'assuré potentiel le renseigne sur les coûts des risques et peut l'inciter à procéder aux adaptations nécessaires.

Néanmoins, fixer le prix du risque climatique futur est extrêmement difficile et le montant des primes est souvent déterminé en fonction de données historiques relatives à un indice (par exemple les précipitations). Or, les tendances passées n'annoncent pas nécessairement celles à venir. De plus, la prévision est d'autant plus complexe que les relevés historiques de certaines données météorologiques peuvent faire état de tendances divergentes d'une période à l'autre, ce qui n'est pas rare dans le cas des précipitations. Dans ces circonstances, selon la période à laquelle on se réfère, le montant des primes peut varier de manière importante et envoyer des signaux très différents concernant les mesures d'adaptation à prendre.

Une illustration est fournie par l'exemple des précipitations dans le Sahel. Elles se sont établies autour d'une moyenne de 500 mm entre 1900 et le début des années 1960, ont ensuite diminué progressivement jusqu'au milieu des années 80, et sont depuis reparties à la hausse (graphique ci-dessous).

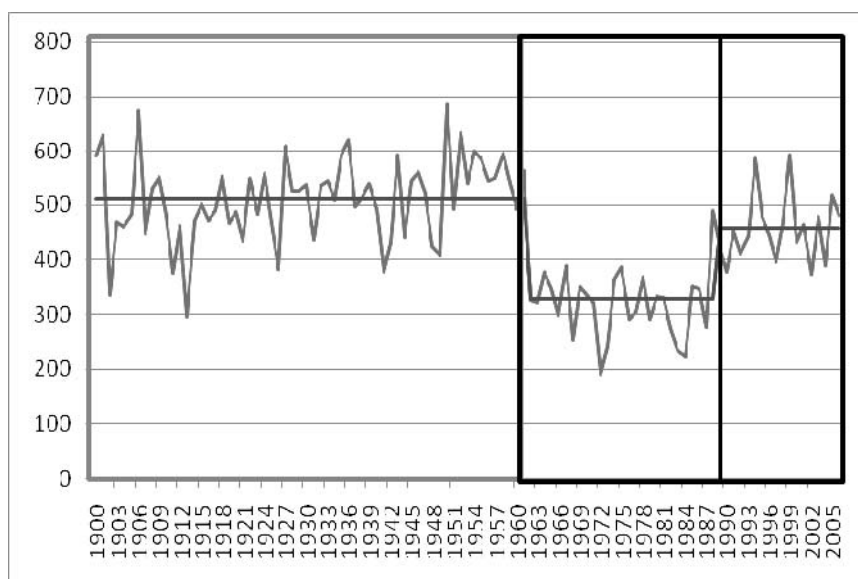
**Précipitations dans le Sahel de 1900 à 2006**



Imaginons qu'il s'agisse d'assurer la principale culture de la région qui requiert 400 mm de précipitations par an. Si un agriculteur a besoin d'un contrat le couvrant contre les pluies inférieures à 400 mm, voici comment l'assureur pourra procéder pour fixer le montant de la prime selon la période considérée (1900-61, 1962-89 et 1990-2006), comme indiqué dans la figure ci-dessus. En 1962, le relevé historique (1900-61) fait état d'une légère tendance à la hausse, centrée autour de 500 mm de pluies. En revanche, en 1990, la série temporelle allant de 1962-89 témoigne d'une diminution qui va jusqu'à 350 mm. Enfin, en 2007, les données récentes (1990-2006) attestent de nouveau une modeste tendance à la hausse.

Un assureur ne pouvant utiliser que des données représentées par chaque panel de la figure ci-dessus, ajusterait ces données en tenant compte de la tendance. La figure ci-dessus illustre ce type d'ajustement permettant de distinguer variations cycliques et tendance des précipitations en recentrant la variance des données autour de la moyenne prévue en chaque fin de période. La souscription d'une police d'assurance contre les précipitations inférieures à 400 mm par an serait viable seulement si on considère les précipitations moyennes centrées en fin de la première et en fin de la troisième période. Clairement, cette souscription ne serait pas soutenable pour la seconde période qui dégage des précipitations moyennes centrées de 310 mm par an pour la période allant de 1961 à 1989. Fondée sur ces informations, une telle police d'assurance devrait anticiper des versements d'indemnités annuelles, ce qui n'est certainement pas soutenable pour l'assureur.

### Variations des précipitations annuelles dans le Sahel autour de la moyenne



### Enseignements importants

L'étude de cas du Sahel est un cas particulier qui souligne deux caractéristiques déterminantes pour le choix de mécanismes de tarification des assurances. D'abord il montre les limites de l'usage d'informations historiques comme une référence à la détermination des primes d'assurances lorsque le paramètre indexé est fortement variable. Ensuite l'exemple de la seconde période considérée

allant de 1962 à 1989 suggère que l'assurance peut ne pas être une solution viable à la nécessité de partager les risques si les mesures de tendance centrale dégagent une tendance régulière. Dans le cas présent, l'assurance ne constitue manifestement pas une solution adaptée si le point de référence est 1990. Pendant les années 1970 et 1980 la région connaissait alors une forte tendance au dessèchement, ce qui se serait traduit par des primes très élevées. Dans cette situation les subventions publiques aux primes d'assurance pour donner aux ménages l'accès aux polices d'assurance auraient défavorisé l'adaptation de ces derniers aux nouvelles conditions climatiques, augmentant ainsi les risques de long terme des ménages. Par conséquent, si les variations moyennes dans les données météorologiques sont irrégulières au point de faire dévier la tendance centrale, il est probable que l'assurance ne soit pas une solution adaptée à la problématique du partage des risques liés au changement climatique. D'autre part, essayer de financer les coûts de l'assurance dans ce cas ne ferait que retarder l'adaptation puisque ceci serait encore plus coûteux et perçu comme une subvention directe aux exploitants.

*Note* : Les figures ont été créées par GlobalAgRisk, Inc. (2008) à partir de données du « International Research Institute for Climate and Society », Columbia University.

Du point de vue de l'action publique, le principal problème est de savoir si les mesures d'adaptation prises par le secteur de l'assurance aboutissent à un résultat « optimal » en termes de disponibilité, de niveau de couverture, et de distribution des risques. Idéalement, les tarifs des produits d'assurance suivant les principes de la concurrence enverraient au marché un signal précis quant au coût économique des risques climatiques. Les entreprises et les ménages réagiraient à ce signal en protégeant leurs lieux de travail ou leur logement contre ce risque (pour réduire les primes) ou bien, si la prime était jugée trop élevée, en s'installant dans des lieux à risque faible. Le mécanisme de marché permettrait dans ce scénario idéal d'atteindre un niveau efficace de couverture et incidemment, une certaine adaptation résiduelle.

Dans la réalité, cela est peu probable. Plusieurs facteurs font obstacle à la réalisation des résultats théorique. Premièrement, tant que les impacts du changement climatique sont incertains, les compagnies d'assurance elles-mêmes avertissent au risque, surfacturent le risque climatique ou refusent de couvrir des risques traditionnellement assurables. Deuxièmement, les contraintes financières, l'inertie et des facteurs culturels empêchent les personnes de s'adapter véritablement à court terme, notamment dans le cas où la réponse optimale serait de déménager. Troisièmement, la couverture d'assurance n'est en aucun cas universelle. Parmi les ménages démunis, et en particulier dans les pays pauvres, elle peut être fragmentaire.

L'action des pouvoirs publics peut être nécessaire pour répondre à ces imperfections du marché. Elle peut, par exemple, prendre la forme de mesures d'adaptation financées par les pouvoirs publics visant à réduire les risques (donc les primes) à un niveau acceptable (c'est-à-dire assurable).



L'action publique peut aussi faciliter la répartition des risques climatiques entre le secteur de l'assurance et l'État. Dans le cadre de ce partage, les risques ordinaires seraient alors pris en charge par le secteur privé, tandis que les risques exceptionnels, ou les dommages dépassant un certain seuil, le seraient par l'État. Une telle approche de la dispersion du risque pourrait être viable seulement si le changement climatique résultait en une variation accrue sans variation significative de sa tendance centrale (Skees *et al.*, 2008 ; Mahul et Skees, 2007). Dans ce cas un gouvernement peut subventionner la tranche extrême d'un risque sans créer des effets incitatifs pervers empêchant de prendre les mesures adaptatives nécessaires pour répondre aux risques climatiques systémiques. Or, l'utilisation répandue des primes subventionnées peut réduire les incitations adaptatives au profit d'activités non viables sur le long terme dans les conditions du changement climatique.

## Signaux-prix et marchés environnementaux

Les activités humaines exercent déjà une pression considérable sur les ressources naturelles telles que l'eau, les forêts et les écosystèmes. Le changement climatique ajoutera à cette pression et c'est l'effet conjugué du réchauffement de la planète et des facteurs de tension déjà existants qu'il faut prendre en compte dans l'analyse de l'impact du changement climatique sur les systèmes naturels.

Les tensions créées par la pollution, la surexploitation et la mauvaise gestion ont des causes multiples, mais d'un point de vue économique, elles résultent essentiellement du fait des droits de propriété des ressources naturelles mal définis et des services qu'elles procurent mal appréciés sur le marché. C'est parce que l'eau est trop bon marché et parce que les stocks halieutiques sont des biens communs que ces ressources sont surexploitées. La théorie économique prévoit une solution toute faite pour surmonter ces imperfections de marché : une valeur de marché doit être attribuée aux externalités positives procurées par les ressources naturelles, soit en tenant compte de leurs avantages dans les prix (par exemple, en moyennant des taxes environnementales), soit en créant des marchés environnementaux.

Internaliser les externalités positives procurées par les ressources naturelles contribue pour plusieurs raisons à une adaptation durable. Premièrement, ce mécanisme permet de réduire les tensions qui s'exercent déjà sur les écosystèmes. Cette mesure est pertinente même en absence de changement climatique. De plus elle est aussi considérée comme une solution adéquate d'adaptation parce qu'elle permet aux écosystèmes d'accroître leurs résistances face au changement climatique. Deuxièmement, les marchés environnementaux et la tarification faciliteront l'adaptation en

amplifiant les signaux relatifs à l'accroissement de la rareté de certaines ressources et à la plus grande importance des avantages économiques d'autres ressources naturelles. Les bénéfices de l'adaptation des forêts (du point de vue de la qualité des sols et de la protection des bassins versants) ou des zones humides (du point de vue de la protection des côtes) ne se reflètent pas encore dans la valeur marchande de ces ressources.

L'efficacité réelle de ces mécanismes économiques dans la pratique fait débat. Les effets sociaux des systèmes d'échanges sont controversés et dans le cas de l'eau, une des principales préoccupations est d'assurer l'accès minimal et bon marché à la consommation individuelle. Dans certains cas, ce sont d'une part l'équité quant à l'accès aux marchés et, d'autre part, la potentielle domination des marchés par de grands acteurs, qui soulèvent des problèmes concrets.

Néanmoins, ces problèmes peuvent être pris en compte et dans bien des cas, les ressources naturelles peuvent être considérées en termes économiques comme des marchandises. La présente section s'appuie sur ce type de cas pour illustrer les opportunités et les risques de la tarification et des marchés environnementaux, s'ils sont utilisés pour encourager les comportements d'adaptation. L'accent est mis sur la tarification et les marchés de l'eau, ainsi que sur les systèmes de paiements au titre des services environnementaux (PSE).

### *Tarification de l'eau*

L'approvisionnement en eau est généralement subdivisé en trois sous-secteurs connexes : le secteur de l'alimentation en eau des ménages au niveau municipal, le secteur industriel, et le secteur agricole pour l'irrigation. Dans beaucoup de pays, y compris les pays développés, l'irrigation est la principale source d'utilisation d'eau en valeur absolue. Quel que soit son usage, l'eau est très souvent sous-évaluée et facturée à un prix trop bas, en particulier dans les pays en développement. Le problème est d'ordre réglementaire et stratégique. L'approvisionnement en eau étant un monopole naturel (en raison des externalités de réseaux), les prix sont généralement fixés réglementairement et non pas déterminés par la loi de l'offre et de la demande. Les politiques de gestion de l'eau de nombreux organismes de développement insistent sur la nécessité d'établir des mécanismes de tarification efficaces pour favoriser un usage optimal de l'eau et encourager sa conservation (voir Banque asiatique de développement, 2001). Toutefois, d'un point de vue institutionnel, politique et social, les réformes de la tarification sont souvent difficiles, même avant que le changement climatique accroisse la rareté de l'eau et la concurrence dans le secteur de la gestion de l'eau.

Dans le secteur agricole, le prix de l'eau a tendance à être le plus éloigné du coût marginal de long terme. De plus, l'allocation de la ressource joue souvent en faveur des usages agricoles, même si l'eau de distribution a une valeur beaucoup plus élevée (voir Briscoe, 1996). La tarification de l'eau d'irrigation évolue peu à peu vers des niveaux plus réalistes, mais de fortes variations persistent, en particulier dans les pays en développement. La tarification de l'eau d'irrigation et le moyen de parvenir à un mécanisme efficace de fixation des prix, qui constituent encore une problématique complexe.

Dans le secteur domestique urbain de distribution d'eau, la mise en place des mécanismes de tarification est typiquement plus avancée. Néanmoins, des difficultés se posent et des défis restent à être relevés. Spécifiquement, il est nécessaire d'identifier des structures tarifaires qui répondent aux arbitrages entre la viabilité financière, l'efficacité de l'allocation des ressources en eau et les impacts sociaux touchant également à l'accessibilité (voir Fankhauser et Tepic, 2007).

Dans le secteur industriel, au contraire, les prix sont souvent plus proches des coûts réels, car politiquement, il est plus facile d'augmenter les charges qui incombent aux industries, que celles qui pèsent sur les ménages. On peut s'attendre à ce que l'industrie réagisse à la variation du prix de l'eau, même si dans de nombreux cas, ces ajustements soient longs, en particulier à partir du moment où des investissements en capital sont nécessaires pour rationaliser la gestion de l'eau.

Il est important de noter que, quel que soit le secteur, les consommateurs réagissent à une augmentation des prix (de manière économiquement rationnelle) en se rabattant sur les eaux souterraines, qui échappent souvent à la maîtrise des agences locales de l'eau. Cette eau étant très fréquemment sous-facturée, voire gratuite, les utilisateurs l'utilisent dès lors que les coûts d'approvisionnement excèdent les coûts d'extraction des eaux souterraines (généralement faibles). Cet effet a été constaté dans les zones urbaines, auprès des grands industriels, ainsi que, dans les zones rurales, chez les grands exploitants qui nécessitent une irrigation à grande échelle. Ceci résulte de l'absence de contrôle de l'accès au bien collectif, laquelle s'accompagne de conséquences prévisibles, à savoir la surexploitation, le gaspillage et un grave épuisement de la ressource. L'un des principaux problèmes institutionnels auxquels sont confrontés les gestionnaires dans tous les pays du monde consiste donc à exercer un contrôle sur les ressources souterraines. Ce point est particulièrement important dans le contexte de la raréfaction de l'eau et de l'accentuation de la variabilité hydrologique, car les eaux souterraines réagissent en général lentement aux modifications des conditions hydrologiques de surface, et sont donc

habituellement considérées comme une solution de réserve dans beaucoup de régions.

### *Marchés de l'eau*

Il existe quelques bons exemples de marchés de l'eau, en particulier – mais pas exclusivement – dans les pays membres de l'OCDE. Dans le cadre des efforts consentis pour développer l'adaptation au changement climatique, le défi que les responsables de l'action publique doivent relever consiste aussi bien à comprendre dans quelles conditions certains marchés sont prospères et efficaces, qu'à promouvoir des réformes institutionnelles à même de favoriser l'ouverture des marchés.

Les marchés de l'eau ne sont pas nouveaux : les agriculteurs, par exemple, ont toujours procédé à des échanges à la marge, mais ce sont les marchés formels et structurés qui ont une origine plus récente. Les conditions fondamentales à respecter permettant d'accéder aux échanges formels sont clairement définies : il faut que soient établis des droits exclusifs et transférables sur un volume d'eau défini. Des problèmes peuvent se poser quant à la mesure des volumes (moment et lieu), mais les marchés exigent en général moins d'informations que les systèmes fondés sur l'allocation pour assurer l'efficacité.

Dans la plupart des pays où les ressources en eau font défaut, des systèmes de droits se sont mis en place soit de manière informelle et spontanée dans le cadre des coutumes et des conventions, soit officiellement, dans le cadre de la loi et de la réglementation. L'officialisation de ces droits est l'étape critique du processus visant à encourager l'expansion des marchés. Pour plusieurs raisons, à commencer par l'existence d'une culture d'économie de marché et de libre entreprise, les marchés de l'eau officiels ont pris naissance principalement dans trois zones : l'ouest des États-Unis, le Chili et l'Australie. Le seul pays qui s'est attaqué à la rareté des ressources en eau en ayant recours aux marchés de manière explicite et intégrée est l'Australie, pays pour lequel l'adaptation au changement climatique est indispensable à son avenir économique (voir l'encadré 3.2).

Dans les pays en développement, aucun marché de l'eau de grande ampleur n'a encore été officialisé, alors même qu'il existe de nombreuses initiatives à petite échelle. En Inde, où les réseaux d'irrigation sont nombreux, il y a plusieurs exemples de marchés informels (voir l'encadré 3.3).

### Encadré 3.2. Les marchés de l'eau en Australie

En Australie, les échanges d'eau ont été réglementés dans les années 80, pour mettre en place une gestion de la demande devant permettre de remédier aux pénuries d'eau qui s'annonçaient. Le but des marchés réglementés ainsi établis, était d'encourager une utilisation plus efficace d'une ressource de plus en plus rare, en permettant la réallocation de l'eau des usages peu productifs vers des usages très productifs.

La majeure partie des échanges d'eau ont lieu dans le bassin constitué par le Murray et la Darling (BMD). Cette région accueille deux millions d'habitants et s'étend sur quatre États. Les transactions s'opèrent dans leur majorité à l'intérieur de chacun des États en question, mais un projet d'échanges inter-états a été lancé en 1998. Les échanges sont réalisés entre irrigants, une fois que les pouvoirs publics ont définis les allocations annuelles, sur la base des ressources disponibles. Le système empêche la surconsommation et régule la quantité d'eau soustraite au bassin en fonction des débits saisonniers. Pendant les années de sécheresse, les volumes alloués sont nettement inférieurs, de manière à tenir compte de la contraction de la ressource. Le souci d'assurer la viabilité environnementale du bassin et les problèmes soulevés par l'imprévisibilité des débits saisonniers ont conduit à adopter un système de plafonnement du volume qui peut être prélevé.

Compte tenu de la variabilité des allocations saisonnières, les droits peuvent être négociés sur une base temporaire ou permanente. Un transfert temporaire permet à l'acheteur d'accéder au volume alloué au vendeur pour une saison donnée. Cela permet aux agriculteurs de s'adapter aux variations saisonnières de l'offre et de gérer les risques dans les périodes de sécheresse. Les exploitants ont le choix entre vendre leurs droits quand les prix sont élevés et en acheter quand ils sont bas. Les transferts permanents permettent à l'acheteur d'accéder au volume alloué au vendeur pour la saison en cours et pour toutes les autres. Les transactions opérées dans le BMD sont en majorité temporaires, notamment parce que les droits permanents sont plus chers et, aussi, parce que les volumes alloués par les pouvoirs publics chaque saison ne sont pas connus à l'avance.

L'an dernier, le BMD a connu la sécheresse la plus grave jamais enregistrée. Les agriculteurs ont donc dû recourir davantage au marché, soit pour accroître leurs droits dans l'optique de maintenir leur production, soit pour obtenir une compensation financière dans l'optique de maintenir leurs revenus. Les échanges d'eau présentent plusieurs avantages économiques. Sous l'effet de la négociation des droits, les usages d'eau à faible valeur ajoutée sont réalloués vers les usages à forte valeur ajoutée. Les grands irrigants savent qu'en période de pénurie, ils peuvent obtenir de l'eau sur le marché, même si son prix est élevé. Pour les petits exploitants, le marché fait office d'assurance financière contre la baisse de la productivité. L'année dernière, les prix du marché ont augmenté consécutivement à la baisse de l'offre provoquée par la sécheresse. Dans la zone du bassin où est pratiquée l'irrigation, ils sont passés de 140 AUD par mégalitre en 2005/2006 à un maximum de 800 AUD par mégalitre en 2006/2007. La valeur totale des transactions dans cette région s'est hissée de 4.2 millions à 12.3 millions AUD.

Il y a certaines mises en questions quant à la capacité des marchés de l'eau de faire face à la menace de pénuries croissantes et à une plus grande variabilité du climat, consécutives au changement climatique. Toutefois, en Australie, ils se révèlent efficaces pour gérer les pressions exercées par les pénuries d'eau et font figure d'une stratégie d'adaptation efficace pour se parer aux effets du changement climatique. Le succès des marchés peut être attribué au cadre réglementaire et institutionnel qui régit les échanges, établi par les autorités australiennes. Ce dispositif assure que les droits sur l'eau sont clairs, bien définis et négociables. En outre, du fait de la séparation entre les droits sur l'eau et la propriété des terres, les premiers peuvent être transférés aisément, ce qui permet une répartition plus équitable de la ressource. Par ailleurs, l'action réglementaire de l'État empêche que la surconsommation ne favorise une dégradation de l'environnement dans le bassin.

Source : Commission du bassin Murray Darling ([www.mdbc.gov.au](http://www.mdbc.gov.au)) et Bentley (2007).

### Encadré 3.3. **Marchés informels de l'eau en Inde**

En Inde, les marchés informels de l'eau se développent dans les secteurs où est pratiquée l'irrigation, dans l'optique de faire face aux pénuries réelles ou supposées. Ils se caractérisent par l'absence de cadre réglementaire ou institutionnel pour les régir. Leur émergence est une réaction des villages aux problèmes soulevés par la rareté de l'eau, au niveau local et non pas au niveau de l'État.

Alors que des marchés informels de l'eau existent dans beaucoup de régions indiennes, ils se sont surtout développés dans les collectivités d'irrigants du Gujarat, du Tamil Nadu et de l'Andhra Pradesh qui manquent d'eau. Dans ces régions, les échanges se font essentiellement entre grands propriétaires exploitants qui ont accès aux ressources souterraines (vendeurs) et des paysans pauvres qui ont peu, voire pas du tout accès aux sources d'approvisionnement en eau d'irrigation (acheteurs). Ces échanges sont renforcés par le fait qu'en Inde, les droits sur l'eau sont liés à la propriété de la terre, ainsi que par le coût élevé des infrastructures nécessaires pour extraire l'eau des sous-sols. Les paysans pauvres sont donc tributaires des marchés de l'eau souterraine pour irriguer leurs cultures.

L'eau est extraite au moyen de puits tubés associés à des pompes à moteur électrique ou diesel. Les exploitants en prélèvent en surplus pour leurs propres besoins d'irrigation, et vendent l'excédent aux agriculteurs locaux voisins. L'acheteur paie en espèces, ou en travaillant pour le vendeur, ou en lui remettant une partie de sa récolte (métayage).

L'établissement de marchés informels en Inde a atténué les contraintes que les pénuries d'eau imposent à beaucoup d'irrigants et se traduit par une allocation des ressources en eau plus efficiente. Les échanges entraînent des gains significatifs, particulièrement pour les petits irrigants, qui, en l'absence de ces marchés n'auraient pas accès à l'eau.

Toutefois, ces marchés se sont développés en Inde en dehors de tout cadre légal et institutionnel, et se caractérisent donc par des prix monopolistiques élevés, un manque de fiabilité de l'approvisionnement et la surexploitation des ressources. L'accès à l'eau souterraine est limité à quelques grands propriétaires terriens qui peuvent souvent fixer des prix supérieurs au prix du marché. Cela a contraint certains agriculteurs à abandonner leur activité, bien qu'il existe une allocation de la ressource plus équitable dans le cas du métayage. L'absence de cadre réglementaire ou législatif aboutit aussi à la surexploitation des ressources souterraines, les agriculteurs n'étant limités par aucun système de plafonnement. L'extraction par pompage est aussi encouragée indirectement par des subventions en faveur du carburant ou de l'électricité.

Pour que les marchés de l'eau fonctionnent avec efficacité, il faut institutionnaliser des droits sur l'eau clairs et bien définis. Étant donné la menace du changement climatique et les pénuries d'eau qui y sont liées, l'Inde devra trouver le moyen de s'adapter à la sécheresse et à la variabilité du climat. Les marchés officiels, inscrits dans un cadre législatif et réglementaire, peuvent constituer une solution efficace pour l'allocation des ressources rares tout en réduisant les problèmes de monopole et de surconsommation.

*Source* : Mohanty et Gupta (2002).

Des mécanismes de prix destinés à améliorer l'efficacité et la récupération des coûts sont également employés dans le bassin méditerranéen, bien qu'il n'y existe pas d'échanges à proprement parler. La plupart des modèles climatiques prévoient une réduction du niveau des précipitations pour cette région, aggravant les pressions considérables déjà existantes. En Tunisie, où le stress hydrique est prononcé, la responsabilité et les coûts de la gestion de l'eau ont été transférés aux associations d'utilisateurs de l'eau. L'une des caractéristiques de la stratégie tunisienne a consisté à créer des associations d'utilisateurs de l'eau souterraine qui améliorent la gestion des besoins de tous les irrigants exploitant un aquifère peu profond. L'expérience montrera si ces associations sont à même de gérer les ressources de manière durable. Pour l'instant, cette mesure s'est traduite par des économies d'eau de 25 % et par une amélioration de la productivité de l'eau de 33 % (IPTRID, 2001). En Égypte et en Turquie, les associations d'utilisateurs d'eau jouent également un rôle clé dans l'accroissement de la productivité, alors qu'en Jordanie et au Maroc, c'est le secteur public qui occupe une place prépondérante dans ce domaine (Vidal *et al.*, 2001).

### ***Paiements au titre de services environnementaux (PSE)***

Au cours de la décennie précédente, nous avons assisté à un fort développement de l'usage des paiements au titre de services environnementaux (PSE), mécanisme qui prend acte et tiens compte de la valeur de ces services pour la société. En vertu de ce mécanisme, certains bénéficiaires des écosystèmes rétribuent les fournisseurs des services assurés et, ce faisant, assurent la conservation de cette source de protection de l'environnement. Les PSE améliorent également les moyens de subsistance en milieu rural et, par conséquent, contribuent au développement durable. Quoiqu'encore dans « l'enfance », le PSE est considéré comme un instrument économique d'action prometteur pour l'environnement, et récemment, le développement de ces marchés est un volet essentiel des efforts de conservation.

Les PSE sont décrits comme une méthode permettant d'internaliser les externalités positives associées à un écosystème donné. Pour être performants, ils doivent s'appuyer sur un marché de services compréhensible, caractérisé par un service bien défini (ou une utilisation spécifique des terres qui permet l'existence du service) et la présence de prestataires et d'acheteurs identifiables, tous deux étant disposés à procéder volontairement à des transactions fondées sur des conditions de paiement transparentes, moyennant en général le règlement à la livraison (Pagiola *et al.*, 2004 ; Wunder, 2005). Dans la réalité, très peu de dispositifs de PSE répondent à ces critères.

Les services assurés par les écosystèmes sont nombreux et variés, mais dans la pratique, les dispositifs de PSE se concentrent sur quatre domaines :

**La protection des bassins hydrographiques** : les dispositifs de paiements au titre de la protection des bassins hydrographiques sont essentiellement mis en place à l'échelle locale et visent à assurer la qualité de l'eau et son écoulement, la rétention des sédiments et la limitation des inondations. Les transactions entre acheteurs et vendeurs sont localisées et s'effectuent généralement à l'échelon du bassin, entre utilisateurs de l'eau en amont et en aval. Par exemple, un producteur d'hydroélectricité peut rétribuer les utilisateurs des terres alentour afin qu'ils adoptent des pratiques qui ne mettent pas en péril la qualité de l'eau dont il a besoin. Dans le cadre de la Convention sur les cours d'eau transfrontières, la CEE-NU (2006) a publié des lignes directrices sur l'utilisation des PSE dans le contexte de la gestion intégrée des ressources en eau. Cependant, elles se réfèrent davantage à une analyse théorique qu'à l'expérience concrète des quelques exemples cités.

**La séquestration du carbone** : la séquestration du carbone implique d'une part l'absorption du carbone par l'afforestation et la reforestation, et d'autre part les émissions évitées grâce au couvert forestier. En tant que telle, la séquestration du carbone est censée être l'un des principaux éléments moteurs des dispositifs de PSE, et se situe à la charnière entre adaptation et réduction des émissions de gaz à effet de serre. Les projets d'afforestation et de reforestation sont d'ores et déjà éligibles dans le cadre du mécanisme pour un développement propre (MDP) prévu par le Protocole de Kyoto, même s'ils sont peu nombreux à avoir été conçus à ce jour. Il est probable qu'en temps voulu, le champ soit élargi à la réduction des émissions obtenue grâce aux mesures prises pour éviter la déforestation et la dégradation des forêts.

**La protection de la biodiversité** : les paiements au titre de la biodiversité sont essentiellement versés au niveau international. Ils sont accordés pour protéger les écosystèmes qui abritent des espèces en danger ou qui sont garants de la diversité génétique. Des acteurs potentiels clés qui rétribueraient ces services sont les laboratoires pharmaceutiques et les institutions internationales de recherche scientifique qui souhaitent tirer parti de la diversité génétique que renferment les écosystèmes en question. Les défenseurs de l'environnement soucieux d'assurer la conservation et la durabilité du milieu naturel sont aussi des acheteurs déterminants de services liés à la biodiversité (PNUE, 2006).

**La préservation des paysages et du patrimoine** : les services liés aux paysages et aux sites remarquables ont pour objet le maintien de la valeur culturelle et esthétique de certains sites naturels. Ils sont principalement



rémunérés par les entreprises qui exploitent l'écotourisme, des ONG et des associations de défense de l'environnement.

De nombreuses opérations menées pour appliquer des approches économiques à la promotion de la conservation concernent le secteur forestier. Wunder (2005) a recensé 287 « initiatives de type PSE » dans ce secteur, mais il a noté que très peu, voire aucune d'entre elles ne rempliraient exactement les critères fondamentaux énumérés plus haut. Par exemple, les fonds proviennent souvent de donateurs et non pas d'acheteurs/exploitants commerciaux, et, dans le meilleur des cas, les services ne sont que vaguement définis.

Cependant, il y a un certain nombre de dispositifs PSE à structure plus commerciale. La plupart des projets sont situés en Amérique Latine mais leur nombre s'accroît également en Afrique où ils concernent principalement la conservation de la faune et des parcs naturels. Avec le soutien de bailleurs de fonds, beaucoup de groupes environnementaux participent à des dispositifs de PSE à des fins de conservation. Un inventaire établi par l'Organisation des États Américains (OEA) répertorie 83 exemples de PSE sur le continent américain<sup>2</sup>. Beaucoup d'entre eux portent sur la séquestration du carbone (soit dans le cadre du MDP, soit dans le cadre d'une initiative volontaire) ou relèvent de mécanismes officiels mis en place au Costa Rica et au Mexique, essentiellement pour protéger les bassins hydrographiques. Les dispositifs de paiement au titre de la protection des bassins hydrographiques sont également connus en Colombie (voir l'encadré 3.4) Le système créé par Vittel, dans le nord-est de la France, est un exemple de dispositif de PSE privé institué dans un pays de l'OCDE (voir l'encadré 3.5).

Les services peuvent aussi être commercialisés en groupe. Par exemple, l'organisation *The Nature Conservancy* a acheté de vastes étendues en Amérique latine, en raison du large éventail de services qu'elles procurent. Cette approche est parfois plus simple dans son principe, mais elle peut aussi être plus onéreuse et plus difficile à administrer.

---

2. <http://ranpa.net/PES/tProjectPES/ShowTProjectPESTablePage.aspx>.

### Encadré 3.4 **Protection des bassins hydrographiques au niveau local – le cas de la Colombie**

Dans la Valle de Cauca en Colombie, une initiative concernant la protection des services des bassins hydrographiques a été mise en place afin de répondre aux pénuries d'eau de plus en plus importantes, au niveau d'une communauté locale d'exploitants et de producteurs de canne à sucre. L'Association d'utilisateurs d'eau de la Rivière Guabas (Asoguabas) a été mise en place par cette communauté pour protéger les bassins hydrographiques en amont. Les versements des paiements au titre de la protection des bassins sont collectés par l'association d'utilisateurs qui y applique des charges reflétant le niveau de consommation d'eau. L'association régule l'exploitation des sols en amont, soit en acquérant des terres sensibles à l'érosion des sols, soit en signant des contrats de gestion des sols avec les propriétaires terriens en amont, permettant ainsi de prévenir la surexploitation des sols et d'assurer leur stabilisation.

L'association agit comme intermédiaire entre consommateurs en amont et propriétaires terriens en aval en collectant des taxes et en permettant de maintenir la protection des bassins hydrographiques, tout en assurant une compensation financière à certains exploitants en amont. En termes de maintenance de la qualité et des flux d'eau, Asoguabas a été un succès, et le concept s'est répandu à travers tout le pays. Dans la seule région du Rio Cauca, 11 associations d'utilisateurs d'eau ont été créées pour réglementer les flux et la qualité de l'eau, couvrant 1 million d'hectares et incluant 97 000 familles. Désormais la Colombie abrite plusieurs associations de ce type dans de nombreux bassins versants.

La demande d'association des utilisateurs d'eau de la part des communautés locales reflète le besoin de protection des bassins hydrographiques face à des pénuries de plus en plus importantes. Dans le contexte du changement climatique qui augmente les tensions sur les ressources en eau, la protection de ces bassins est nécessaire pour réguler et maintenir l'offre, soit à travers l'établissement d'un marché, soit par des associations d'utilisateurs d'eau.

*Source* : Landell-Mills and Porras (2002).

### Encadré 3.5. Le dispositif PSE de Vittel

Vittel (filiale de Nestlé Waters), grande marque d'eau minérale, a mis en place un système de PSE avec les agriculteurs de la région, dans le nord-est de la France, afin de maintenir la qualité de sa source d'approvisionnement.

Conformément à la réglementation française, en tant qu'« eau minérale naturelle », l'eau de Vittel ne doit contenir aucun pesticide ou nitrite, et pas plus de 4.5 mg de nitrate par litre. En comparaison, la teneur maximale en nitrate de l'eau du robinet en France est fixée à 50 mg. Vittel est donc tenue de protéger la composition minérale de l'eau qu'elle capte. La réglementation française stipule également que l'eau minérale ne peut pas être traitée dans l'optique de modifier sa composition minérale.

Dans les années 1980, la qualité de la source d'approvisionnement de l'entreprise était menacée par les activités agricoles pratiquées dans la région. L'intensification de l'agriculture au niveau de l'aquifère et le ruissellement excessif à partir des terres agricoles en amont se traduisaient par une pollution croissante en nitrates en aval. Pour y remédier et préserver la qualité de la ressource, Vittel a encouragé les exploitants locaux à modifier leurs pratiques agricoles en leur proposant des incitations financières. Ces dernières s'accompagnaient en outre d'une assistance technique et de programmes de formation sur l'adaptation aux nouvelles méthodes. L'objectif était de maintenir les revenus des agriculteurs au même niveau et à tout moment. En 2004, Vittel était parvenue à négocier les changements nécessaires, et à appliquer un dispositif mutuellement avantageux avec les agriculteurs, ainsi qu'un mécanisme d'incitations adapté destiné à préserver la qualité de la ressource.

Il a fallu à Vittel plusieurs années pour mettre en œuvre son dispositif PSE. Dans le cadre de ce processus complexe, une institution indépendante a été créée pour assurer la sauvegarde des intérêts des agriculteurs. Par ailleurs, bon nombre des incitations prévues ne sont pas purement financières. En tout état de cause, l'exemple de Vittel montre qu'une initiative privée peut contribuer à la préservation d'un écosystème existant.

Source : Perrot Maître (2006).

### *Utilité des marchés environnementaux et de la tarification pour l'adaptation*

Les marchés environnementaux et la tarification – de l'eau, des forêts ou d'autres services environnementaux - encouragent à une utilisation plus efficace de ces ressources naturelles. Les prix envoient des signaux quant à l'abondance ou à la rareté d'une ressource, incitant les propriétaires à préserver leurs valeurs, et aux utilisateurs de la consommer avec précaution. Les marchés assurent l'efficacité allocative. Autrement dit, ils garantissent que les ressources soient employées de manière à maximiser le bien-être collectif, que cet objectif ait des fins commerciales (vente de bois),

environnementales (la préservation des espèces), ou une combinaison des deux (éco-tourisme).

Du point de vue de l'adaptation, les marchés environnementaux et la tarification visent principalement deux objectifs. Premièrement ils réduisent les tensions existantes sur les écosystèmes, améliorant ainsi leur résistance face aux pressions supplémentaires dues au changement climatique. Deuxièmement, les marchés environnementaux peuvent servir à internaliser ou à attribuer une valeur monétaire aux bénéfices de l'adaptation des écosystèmes.

Dans le premier cas, il n'est pas nécessaire de modifier les mécanismes du marché pour spécifiquement favoriser l'adaptation. Cependant, celle-ci constitue une raison supplémentaire d'accroître l'ampleur et la portée des marchés de l'eau, des forêts et des services environnementaux en général. La plupart des dispositifs existants en sont encore au stade de l'expérimentation. Les marchés environnementaux et les dispositifs de PSE sont nécessaires en beaucoup plus grand nombre, ne serait-ce que pour protéger le milieu naturel. Dans ces conditions, la perspective d'un changement du climat a des chances d'encourager et d'accélérer l'adoption de systèmes qui, en d'autres circonstances, seraient rejetés ou remis à plus tard. Comme le font observer Easter et Zekri (2003), dans les secteurs comme celui de l'eau, le changement n'intervient en général que lorsqu'un « besoin de réforme est exprimé avec force ». Les pressions supplémentaires qu'exerce le changement climatique ne font que renforcer la nécessité de mettre au point des mécanismes de tarification axés simultanément sur une allocation efficace des ressources en eau entre secteurs et sur une utilisation performante de l'eau au sein de chaque secteur.

Dans le cas de la foresterie, il existe aussi des synergies avec l'atténuation du changement climatique par la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Au cours des décennies à venir le développement des marchés environnementaux dans ce secteur obéira probablement avant tout au désir de réduire les émissions de gaz à effet de serre dues à la déforestation et à la volonté d'ouvrir le secteur forestier au marché du carbone. Les bénéfices de la séquestration du carbone sont un facteur clé qui peut faire pencher la balance en faveur des solutions offertes par la foresterie durable à même de contribuer à l'adaptation des écosystèmes forestiers au changement climatique.

Si l'objectif est de réduire les tensions existantes et de signaler clairement la rareté, la première réaction d'adaptation peut consister à développer les solutions déjà appliquées, si l'on cherche à monétiser les bénéfices que procurent les écosystèmes en matière d'adaptation et à assurer l'efficacité allocative des marchés environnementaux (c'est-à-dire à

atteindre le deuxième des objectifs énumérés plus haut), il pourrait s'avérer nécessaire d'y ajuster la conceptualisation de ces marchés.

Dans ce cadre, un des exemples les plus pertinents est l'établissement de marchés pour les services des bassins hydrographiques. Les services de protection des bassins versants fournis par les forêts jouent un rôle primordial dans le maintien de la qualité de l'approvisionnement d'eau et dans la régulation de ses flux. Les couvertures forestières aux alentours des ressources vitales en eau protègent celles-ci contre les inondations et permettent de maintenir les flux d'eau pendant les saisons de sécheresse. Elles offrent également une protection contre l'érosion des sols et régulent les nappes phréatiques en y maintenant des niveaux adéquats de nutriments. Plus les précipitations deviendront irrégulières et les ressources en eau rares, plus ces services seront pertinents. Aussi, la protection des bassins hydrographiques joue un rôle crucial en tant que stratégie d'adaptation protégeant les ressources en eau contre les effets du changement climatique.

La protection des services procurés par l'eau a traditionnellement été négligée par les gouvernements. Cependant, avec les effets remarquables de la raréfaction de la ressource, des marchés ont été créés par des acteurs privés pour assurer la qualité de l'eau et la sécurité des approvisionnements. Dans la plupart des dispositions de paiement au titre de la protection des bassins hydrographiques, les bénéficiaires en aval payent les fournisseurs en amont pour maintenir la qualité de l'approvisionnement et des flux d'eau, en évitant les changements dans : l'usage des sols et des comportements en général, la conservation de la couverture forestière, les pâturages excessifs, et l'usage de pesticides qui compromettent la qualité de l'eau pour les consommateurs en aval (voir l'encadré 3.4 plus haut). Ainsi, le dispositif de paiement au titre de la protection des bassins hydrographiques permet la redistribution des ressources en eau en contrepartie d'une compensation financière des utilisateurs en amont. En tant que telle, elle est potentiellement un mécanisme d'adaptation efficace contre les pressions qu'exerce le changement climatique sur les ressources en eau.

Les mangroves sont un autre bon exemple de l'intérêt des écosystèmes pour l'adaptation. Il existe beaucoup d'opérations de préservation et de revitalisation de forêts de ce type, dont l'utilité est largement admise (au même titre que celle d'autres systèmes côtiers) du point de vue de la protection contre les marées de tempête, les vagues, etc., une utilité qui ira croissant en présence du changement climatique. Consécutivement à l'ouragan Katrina, on a beaucoup débattu de la fonction que pourraient remplir les systèmes côtiers de Louisiane dans la protection de la Nouvelle-Orléans et des efforts ont été consentis pour tenir compte de cette fonction dans les analyses coûts-bénéfices des solutions à adopter dans le futur pour la ville.

Dans d'autres régions, les habitats naturels peuvent servir de corridors de migration, permettant aux espèces de se relocaliser en fonction du changement climatique. L'idée selon laquelle la diversité génétique contenue dans les systèmes naturels puisse aider à la recherche et au développement de cultures résistantes à la chaleur et à la sécheresse fait l'objet de spéculations.

Pourtant, dans les réflexions au sujet des dispositifs de PSE dans le cadre de l'adaptation, on accorde à l'heure actuelle peu, voire pas du tout, d'attention à cet aspect. Dans la littérature récente disponible, il n'existe pas d'exemple de ce type. De nombreux problèmes concrets persistent, notamment dans le lien entre l'adaptation et les bénéfices traditionnellement fournis par les écosystèmes. Certains systèmes côtiers ciblés en raison de la valeur de leur biodiversité pourraient assurer accessoirement une fonction d'adaptation. Néanmoins, dans ces cas, la valeur d'adaptation peut ne pas relever de l'objectif de conservation, et risque ainsi d'être négligée. Alternativement, il existe des zones qui pourraient présenter une valeur d'adaptation considérable mais qui en termes de biodiversité, ne retiennent pas nécessairement l'attention des défenseurs de l'environnement.

Cependant, la difficulté la plus importante de ces mécanismes reste de trouver quelqu'un qui soit disposé à payer en contrepartie de la protection assurée, alors que ces services sont difficilement quantifiables et habituellement gratuits. Il importe de faire preuve de créativité pour que soit reconnue la valeur des écosystèmes dans les contextes où la population est souvent très pauvre et où la gestion des côtes est fréquemment à peu près inexistante.

## **Partenariats public-privé**

Les estimations des coûts mondiaux d'adaptation présentées dans le chapitre 2 de ce rapport indiquent que l'adaptation coûtera plusieurs milliards de dollars par an, rien que dans les pays en développement. La plus grande partie de ces dépenses – jusqu'à 60 % à 75 % d'après une estimation – est attribuée aux investissements d'infrastructures. Ceux-ci couvrent à la fois la construction et l'exploitation d'aménagements de défense, comme les barrières anti-inondations, et l'approfondissement de la résistance des infrastructures actuelles aux risques climatiques, tels que les routes, les ponts, les réseaux d'alimentation en eau et les réseaux électriques. Même si ces estimations sont imparfaites et imprécises, elles montrent combien l'adaptation pourrait être onéreuse.

Dans la plupart des pays, les dépenses d'infrastructures relèvent pour l'essentiel des budgets publics, au niveau national, provincial ou municipal.

C'est le cas également de la protection contre le risque climatique, sur le plan des structures matérielles (digues, barrières anti-inondations) comme des dispositifs institutionnels (services d'intervention d'urgence, aide en cas de catastrophe naturelle). L'adaptation fera ainsi peser une pression considérable sur les ressources publiques, qu'elles soient financières ou administratives.

Face à des contraintes opérationnelles ou financières (ou aux deux réunies), les pouvoirs publics se tournent souvent vers le secteur privé pour renforcer leurs capacités à fournir des services publics. La participation du secteur privé ou les partenariats public-privé (termes utilisés ici indifféremment) ne constituent pas une solution miracle, mais des interventions privées bien structurées permettent souvent de surmonter les difficultés opérationnelles, d'améliorer les performances et d'accélérer les investissements. Les solutions d'adaptation fondées sur des partenariats public-privé (PPP) devraient permettre de tirer profit d'une expérience considérable de l'organisation de la participation privée dans les infrastructures – et, de plus en plus, à d'autres secteurs, comme la recherche et le développement, la santé et l'éducation (voir par exemple BERD, 2004 et 2007). Cette section fait le point sur l'expérience acquise et sur les conclusions qui peuvent en être tirées au profit du débat sur l'adaptation.

### ***Formes de partenariats public-privé***

La participation du secteur privé peut prendre de nombreuses formes (voir tableau 3.3). En cas de privatisation totale, le secteur privé détient tous les actifs (par exemple, un réseau de distribution d'électricité) et contrôle toutes les décisions d'investissement, de maintenance et de fonctionnement (sous réserve qu'une surveillance réglementaire soit assurée). La vente sèche d'actifs constituait une forme privilégiée de participation du secteur privé dans les premiers temps, en particulier dans les pays développés. Dans les pays en développement, le secteur privé était en général invité à fournir les nouvelles installations nécessaires pour faire face à une demande croissante. La réalisation d'investissements nouveaux, plus que la privatisation (la vente d'actifs existants), constitue la principale forme de participation du secteur privé dans les pays en développement. Les investissements nouveaux et la cession d'actifs sont particulièrement répandus dans les secteurs de l'énergie et des télécommunications, où ils représentent plus de 60 % des projets privés.

Tableau 3.3. Types de participation du secteur privé<sup>1</sup>

Type de contrat	Caractéristiques	Nombre de projets
Privatisation	Totale	167
	Partielle	596
	<b>Total privatisation</b>	<b>763</b>
Projet entièrement nouveau	Construction, affermage et propriété du projet	14
	Construction, propriété et exploitation	617
	Construction, propriété et transfert	766
	Commercialisation	548
	Location	18
	<b>Total projets entièrement nouveaux</b>	<b>1 963</b>
Concession	Construction, réhabilitation, exploitation et transfert	381
	Réhabilitation, affermage ou location et transfert	58
	Réhabilitation, exploitation et transfert	414
	<b>Total concessions</b>	<b>853</b>
Gestion et affermage	Contrat d'affermage	102
	Contrat de gestion	112
	<b>Total contrats de gestion et d'affermage</b>	<b>214</b>
Tous types	<b>Total</b>	<b>3 793</b>

1. Le tableau n'inclut pas les dispositifs des pays développés comme l'IFP au Royaume-Uni.

Source : Base de données de la Banque mondiale sur la participation privée aux infrastructures ([ppi.worldbank.org](http://ppi.worldbank.org)).

Sur les marchés des transports et de l'eau, où la concurrence est plus difficile à mettre en place, la forme la plus populaire de participation du secteur privé est le contrat de concession. Il s'agit d'un contrat de long terme, souvent conclu pour plusieurs décennies, en vertu duquel le secteur privé assume l'entière responsabilité du fonctionnement et de la gestion d'un équipement, incluant investissements et rénovation. Cependant, l'État reste propriétaire de l'infrastructure. Comme il s'agit d'un contrat de long terme, le partenaire privé peut récupérer les fonds investis, souvent élevés. Il est rémunéré essentiellement par les revenus générés par le projet, mais les dispositifs plus récents prévoient un partage plus équitable du risque commercial entre les partenaires publics et privés.

L'Initiative financière privée (IFP), conçue par le Royaume-Uni, mais désormais adoptée dans d'autres pays de l'OCDE, est un exemple de contrat de concession qui inclut à la fois des projets d'infrastructures et d'autres projets. Au Royaume-Uni, ce dispositif a servi à construire des écoles, des hôpitaux, des commissariats, des bâtiments administratifs et différents types



d'infrastructures, estimés à 56 milliards GBP par le service statistique du Trésor public du Royaume-Uni<sup>3</sup>. Contrairement à ce qui se passe dans le cadre des dispositifs classiques de concession, le partenaire privé ne profite pas du succès commercial du projet. En raison de leur nature publique, les projets de l'IFP sont rarement une source de revenus commerciaux. Au contraire, l'opérateur privé est en fait rémunéré en fonction d'objectifs de performances.

Enfin, la participation du secteur privé dans les infrastructures peut prendre la forme de contrats de gestion ou d'affermage (délégation de services publics). Ceux-ci sont de plus courte durée – cinq à sept ans en général – et les risques et responsabilités transférés au secteur privé sont moins importants. L'opérateur privé assume en général la responsabilité de la gestion et de l'exploitation et sa rémunération est déterminée en fonction d'objectifs de performances prédéfinis. L'investissement reste à la charge du partenaire public. Les contrats de gestion et d'affermage se répandent, en particulier dans les pays dont l'environnement institutionnel est fragile et où les investisseurs sont moins disposés à prendre des risques. Leur part dans les projets d'infrastructures privés est ainsi passée de 4 % dans les années 90 à 10 % pendant la période 2001-05 (Kerf et Izaguirre, 2007).

Les PPP peuvent aussi être utilisés dans d'autres domaines que celui des infrastructures. Un exemple particulièrement pertinent dans le cadre de l'adaptation est illustré par les entreprises conjointes public-privé dans la recherche et le développement (RD), qui peuvent accélérer le développement et la propagation de nouvelles technologies d'adaptation. Dans le cadre de ce type de partenariat, les agences gouvernementales font équipe avec des ONG et des compagnies privées, et chaque partie contribue aux « ressources humaine, physique et financière pour faciliter la production et la diffusion d'innovations, de nouvelles formes de technologies, et de savoir » (Hartwich *et al.*, 2007), et implicitement, chaque partie supporte aussi une partie des risques encourus. L'encadré 3.6 décrit deux exemples tirés de la recherche dans les domaines de la santé et de l'agriculture.

---

3. [www.hm-treasury.gov.uk/documents/public\\_private\\_partnerships/ppp\\_pfi\\_stats.cfm](http://www.hm-treasury.gov.uk/documents/public_private_partnerships/ppp_pfi_stats.cfm).

### Encadré 3.6 Les partenariats public-privé dans le domaine de la recherche et du développement

L'innovation technologique est primordiale pour la réduction des coûts de l'adaptation au changement climatique, en particulier dans les secteurs industriels et les zones géographiques où le changement climatique induira des changements radicaux. Toutefois, la théorie économique de base nous montre que dans le domaine de la RD, le secteur privé ne fournira pas tous les efforts nécessaires à la recherche et au développement d'innovations technologiques, car celles-ci présentent certaines caractéristiques de bien public, comme par exemple la propagation des connaissances, ou encore d'autres externalités, qui auront pour conséquence d'empêcher un total retour sur investissements des innovateurs privés. C'est la raison pour laquelle le secteur public doit encourager les investissements dans l'innovation. Les principales méthodes utilisées par les gouvernements afin d'encourager la RD sont les partenariats public-privé, des mesures fiscales favorables, et la protection des droits intellectuels.

Les partenariats public-privés sont déjà présents dans l'adaptation au changement climatique. Dans le secteur agricole par exemple, le développement de variétés de cultures de bases résistantes à la chaleur et à la sécheresse pourrait constituer la différence entre une croissance agricole continue et des pénuries alimentaires massives. Le *Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo* (CIMMYT), qui est une partie du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (CGIAR), a lancé le projet *Drought Tolerant Maize For Africa* (DTMA) afin de développer des variétés de maïs plus résistantes à la sécheresse. Le projet comprend des scientifiques du CIMMYT avec plus de 50 partenaires, comptant parmi eux des instituts nationaux de recherche sur l'agriculture de pays d'Afrique sub-saharienne, des institutions de recherche avancée, des ONG et des compagnies privées du secteur des semences agricoles. Les organisations donatrices ont financé des instituts de recherche ayant développé 50 variétés différentes de maïs résistantes à la sécheresse. Les chercheurs ont ensuite eu recours aux compagnies privées semencières et aux organisations de communautés s'occupant de semences pour distribuer les semences aux agriculteurs de l'Afrique sub-saharienne, où jusqu'à présent, plus d'un million d'hectares ont été ensemencés avec ces variétés.

En plus des effets directs sur la croissance économique, le changement climatique peut aussi accélérer la contagion des maladies tropicales. Par conséquent, la recherche médicale cherchant des remèdes et des traitements plus efficaces pourrait améliorer de manière considérable l'adaptation sanitaire au changement climatique. Cependant, le secteur privé n'investit pas suffisamment dans la RD pour des maladies négligées, comme le paludisme, le choléra et la tuberculose, car les traitements potentiels à ces maladies génèreraient moins de retours relativement aux traitements d'autres maladies. Les partenariats public-privés pourraient contribuer à rediriger les incitations à la recherche. Par exemple, le *Medicines for Malaria Venture* (MMV) est une organisation sans but lucratif qui a pour unique but le développement de médicaments contre le paludisme, et ce, explicitement par des partenariats public-privé. Lancé en 1999, MMV conjugue l'expertise de l'industrie pharmaceutique dans les domaines de la découverte et du développement ; la connaissance des institutions publiques en biologie, médecine clinique et de livraison sur le terrain ; et le financement venant de fondations gouvernementales ou privées. Actuellement, MMV travaille avec plus de 80 partenaires et plus de 600 scientifiques dans 34 pays, et possède le portefeuille le plus large et le plus divers de toute l'histoire en nombre de projets pour des médicaments contre le paludisme.

Source : [www.cgiar.org](http://www.cgiar.org) ; [www.cimmyt.org](http://www.cimmyt.org) ; [www.mmv.org](http://www.mmv.org).

### *Champ d'application*

Les entreprises privées ont toujours fourni des services d'infrastructure. Dans des pays comme les États-Unis et le Royaume-Uni, les réseaux de chemin de fer ont été construits en grande partie grâce à des capitaux privés, tandis que la France accueille depuis longtemps des compagnies privées de distribution d'eau et de services municipaux. Cependant, la plupart des infrastructures sont passées sous le contrôle de l'État avec le temps, et c'est seulement dans les années 80 et 90 que l'investissement privé dans les infrastructures s'est de nouveau généralisé. Fait essentiel, cette vague de privatisation est allée de pair avec des efforts de démantèlement des monopoles naturels et l'introduction de la concurrence dans des secteurs comme les télécommunications, l'électricité, le gaz naturel, les chemins de fer et l'eau. La concurrence, autant que la propriété privée, est le facteur fondamental des améliorations d'efficacité observées dans de nombreux secteurs privatisés.

À partir du Royaume-Uni, la participation privée aux infrastructures s'est répandue dans le monde, y compris dans les pays en développement et sur les marchés émergents. D'après la Banque mondiale, près de 3 800 projets d'infrastructures faisant intervenir le secteur privé ont été mis en place dans les pays en développement entre 1990 et 2006 (voir tableau 3.4). Les engagements d'investissements qu'y a pris le secteur privé dépassent 1 000 milliards USD. Alors que ces engagements sont de grande ampleur, ils ne représentent cependant qu'une petite partie des besoins totaux d'investissement.

**Tableau 3.4. Participation du secteur privé aux infrastructures des pays en développement, 1990-2006**

		Nombre de projets	Montant des investissements (milliards USD)
Par région	Amérique latine et Caraïbes	1 202	435.2
	Asie de l'Est et Pacifique	1 080	253.3
	Europe et Asie centrale	740	206.5
	Afrique sub-saharienne	332	50.6
	Asie du Sud	329	93.4
	Moyen-Orient et Afrique du Nord	110	52.3
Par secteur	Énergie	1 481	321.6
	Transports	989	179.5
	Télécommunications	797	537.3
	Distribution d'eau et traitement des eaux usées	526	52.8
Total		3 793	1 091.3

Source : Base de données de la Banque mondiale sur la participation privée aux infrastructures (ppi.worldbank.org).

Les engagements privés en faveur des infrastructures des pays en développement ont culminé en 1997, avec un total de 114 milliards USD en un an. Le marché s'est effondré à la suite de la crise financière asiatique et il a fallu attendre 2006 pour enregistrer le même niveau d'engagement. La nature des contrats a évolué pendant ce temps. Le secteur privé envisage de façon plus réfléchie les risques des marchés émergents et a tiré profit de l'expérience acquise (voir Kessides, 2004). C'est pourquoi les contrats récents présentent une répartition plus prudente des risques entre partenaires publics et privés. On a aussi vu ces dernières années apparaître des partenaires privés locaux, bien que les grandes entreprises internationales continuent d'occuper la plus grande place parmi les investisseurs.

L'Amérique latine et l'Asie de l'Est sont les marchés les plus attrayants des pays en développement pour les projets privés d'infrastructures. Elles rassemblent à elles seules environ deux tiers des engagements totaux (tableau 3.4). Cependant, l'Europe de l'Est a gagné du terrain ces derniers temps grâce à des investissements de grande ampleur dans les télécommunications (voir Banque mondiale, 2007). De nombreux projets sont menés également en Afrique sub-saharienne mais ils sont généralement de taille plus modeste.

En termes de répartition par secteurs, la majorité des fonds privés a été investie dans les télécommunications et l'énergie (électricité pour l'essentiel) où les enjeux sont particulièrement importants. Ces deux secteurs représentent à eux deux plus de 80 % des engagements totaux d'investissements. La liste n'inclut aucun projet dont on puisse considérer qu'il vise spécialement la protection contre le risque climatique (mise en place d'ouvrages de défense côtière par exemple). En effet, le contrat britannique de privatisation de l'eau conclu en 1989 excluait explicitement les ouvrages de protection contre les inondations des actifs vendus (voir l'encadré 3.7).

Cependant, de nombreux contrats couvrent implicitement certaines provisions d'adaptation. Soit directement, soit indirectement, les partenaires privés prennent généralement en compte les risques liés à la météorologie. Par exemple, les contrats basés sur la disponibilité de services, fréquents dans le service des routes, peut pénaliser ce dernier, par l'interruption des services à cause d'événements climatiques. De cette manière, les PPP bien conçus peuvent inciter les opérateurs privés à assurer l'approvisionnement en eau dans les périodes de sécheresse, maintenir la sécurité des routes quelles que soient les conditions climatiques, ainsi que protéger les câbles et les réseaux électriques des dommages causés par les tempêtes et les infrastructures portuaires des inondations.

### Encadré 3.7. Le barrage sur la Tamise

En Angleterre et au Pays de Galles, la lutte contre les inondations est placée sous la responsabilité de l'Agence de l'environnement, un organe public indépendant mais financé par des fonds publics et chargé de certaines fonctions de contrôle de l'environnement. Sa mission de protection contre les inondations inclut l'exploitation d'ouvrages de défense ; le plus connu est le barrage sur la Tamise, deuxième barrage mobile du monde contre les crues, qui protège Londres et l'estuaire de la Tamise des raz de marée et des inondations côtières.

Le barrage sur la Tamise est un projet public mis en place au départ par le Conseil du Grand Londres et son département de la santé publique, bien que la conception, la construction et la surveillance des travaux aient été sous-traitées au secteur privé. Les trois quarts du budget de 537 millions GBP (au cours de l'époque) ont été fournis par le gouvernement central, et les contribuables locaux ont payé la différence. La construction a duré de 1974 à 1982.

Lorsque le Conseil du Grand Londres a été dissous en 1986, le barrage a été placé sous la responsabilité de la compagnie régionale des eaux, la *Thames Water Authority*. Celle-ci a été privatisée en 1989 et le contrôle du barrage, ainsi que d'autres fonctions de gestion réglementaire et environnementale, ont été transférés à une nouvelle agence, la *National Rivers Authority*, qui est devenue en 1996 l'Agence de l'environnement de l'Angleterre et du Pays de Galles. Le gouvernement tenait à ce que la gestion des risques d'inondation reste entre les mains des pouvoirs publics.

Source : [www.environment-agency.gov.uk](http://www.environment-agency.gov.uk).

La Banque mondiale estime que 6 % environ des projets privés d'infrastructures, représentant 8 % des engagements d'investissements, sont compromis ou annulés (tableau 3.5). Le taux d'échec est particulièrement élevé dans le secteur de l'eau puisque 10 % des projets, représentant un tiers des engagements d'investissements, se trouvent en difficulté. Il est élevé également en Amérique latine, où ont été exécutés une grande partie des premiers projets, et en Afrique sub-saharienne. En général, les projets enregistreraient un taux de succès plus élevé si les marchés étaient attribués de façon transparente par un appel à la concurrence, si la répartition des risques était bien justifiée et équitable, si le contrat prévoyait des examens périodiques et s'il existait un mécanisme explicite de règlement des conflits.

On ne connaît pas de cas d'échec causé par un événement climatique tel que crue, sécheresse ou glissement de terrain, mais les coûts résultant de tels événements entreraient en ligne de compte dans la détermination des tarifs et pourraient conduire à une renégociation du contrat.

Tableau 3.5. **Part des projets privés d'infrastructures annulés ou en difficulté, 1990-2006**

		Part des projets (en %)	Part des investissements (en %)
Par région	Amérique latine et Caraïbes	10	12
	Asie de l'Est et Pacifique	7	11
	Europe et Asie centrale	3	2
	Afrique sub-saharienne	11	4
	Asie du Sud	2	4
	Moyen-Orient et Afrique du Nord	6	2
Par secteur	Énergie	6	10
	Transports	6	11
	Télécommunications	5	4
	Distribution d'eau et traitement des eaux usées	10	33
Total		6	8

Source : Base de données de la Banque mondiale sur la participation privée aux infrastructures (ppi.worldbank.org).

### *Pertinence des PPP pour l'adaptation*

L'application de dispositifs privés d'infrastructures à l'adaptation au changement climatique soulève deux questions essentielles. La première porte sur la vulnérabilité des PPP (en cours et future) au changement climatique et la manière dont ils peuvent être adaptés pour protéger les investissements qu'ils réalisent du risque climatique. La deuxième consiste à déterminer si ces dispositifs conviennent pour financer, construire et exploiter des systèmes spécialement conçus pour la protection contre les phénomènes météorologiques, tels que des barrages anti-inondations et des ouvrages de défense des côtes.

Même si les 3 800 contrats privés d'infrastructure ne comportent sans doute aucune disposition explicite d'adaptation, il est probable que nombre d'entre eux exposent les partenaires privés à des risques liés au climat. En tant que tels, ils seront sensibles au changement climatique, en raison de la durée de vie généralement longue des infrastructures, sur lesquelles les effets du changement climatique se feront sentir de façon de plus en plus prononcée. Le tableau 3.6 présente une évaluation subjective de la vulnérabilité climatique des projets privés d'infrastructures en cours. La question se pose particulièrement dans le cas des ports maritimes, directement exposés aux effets de la montée du niveau de la mer, et des réseaux de distribution d'eau, compte tenu de la variabilité plus grande des précipitations et des ressources en eau disponibles. Certaines autres structures seront vulnérables également, comme les centrales électriques, les routes et les lignes de chemin de fer du littoral, exposées à des risques de glissements de terrain ou d'inondation, ainsi que les câbles aériens qui risquent de souffrir en cas de conditions météorologiques extrêmes.

Tableau 3.6. **Vulnérabilité des projets privés d'infrastructures**

Secteur		Segment	Nombre de projets	Vulnérabilité
Énergie	Électricité	Distribution d'électricité seulement	124	Moyenne
		Distribution et production/transport	143	Moyenne
		Production d'électricité	842	Faible/élevée dans les zones côtières
		Transport d'électricité	51	Moyenne
	Gaz	Distribution de gaz naturel	243	Faible
		Distribution et transport de gaz naturel	34	Faible
Transport de gaz naturel		46	Faible	
Télécommunications	Télécommunications	Réseau fixe uniquement	155	Faible/moyenne
		Réseau fixe et autres services	205	Faible/moyenne
		Réseau mobile et /ou longue distance	437	Faible
Transport	Aéroports	Pistes	2	Moyenne
		Pistes et terminaux	85	Moyenne
		Terminaux	31	Faible
	Rail	Actifs fixes seulement	8	Moyenne
		Actifs fixes et fret/voyageurs	67	Moyenne
		Fret et/ou voyageurs	23	Faible
	Routes	Ponts	38	Moyenne
		Ponts et routes/tunnel	54	Moyenne
		Routes	375	Moyenne
		Tunnels ou tunnels / routes	9	Moyenne
	Ports maritimes	Dragage de chenaux	4	Élevée
		Dragage de chenaux et terminaux	20	Élevée
Terminaux		275	Élevée	
Eau	Traitement	Installations de traitement de l'eau potable et des eaux usées	7	Moyenne/élevée
		Installations de traitement de l'eau potable	106	Moyenne/élevée
		Installations de traitement des eaux usées	134	Moyenne/élevée
	Compagnie des eaux	Collecte et traitement des eaux usées	7	Moyenne/élevée
		Compagnie de distribution d'eau et d'évacuation des eaux usées	223	Élevée
		Compagnie de distribution d'eau sans évacuation des eaux usées	49	Élevée

Source : Base de données de la Banque mondiale sur la participation privée aux infrastructures (ppi.worldbank.org) et évaluation des auteurs.

Les PPP servent essentiellement à assurer une répartition efficiente et équitable des risques (et des gains) entre les partenaires publics et privés. Même s'il a une importance croissante, le changement climatique n'est qu'un facteur de risque parmi d'autres, à prendre en compte parallèlement aux risques réglementaires, commerciaux, macroéconomiques et autres. Les systèmes privés d'infrastructures devraient être en mesure de faire face à ce risque supplémentaire, dans la mesure où les dispositifs institutionnels permettant de l'analyser, de l'atténuer et de le répartir sont en place. En même temps, l'échec des PPP est souvent imputable à une mauvaise appréciation des risques.

Le meilleur moyen d'éviter les erreurs de calcul et l'échec des PPP, est de reconnaître que le changement climatique est un risque explicite, plutôt qu'un phénomène violent mais non prévisible. Les contrats PPP devraient explicitement exposer, et si possible, détailler les responsabilités et les attentes de chaque partie. Par exemple, le contrat pourrait stipuler certains critères de performances (par exemple l'existence d'infrastructures portuaires ou de routes; la qualité de l'eau et la qualité de l'approvisionnement) qui doivent être maintenus indépendamment des événements climatiques, ou jusqu'au dépassement de certaines conditions climatiques préalablement fixées. Ceci inciterait l'opérateur privé à développer des niveaux nécessaires d'adaptation.

De manière similaire, la provision d'adaptation peut être reflétée dans les engagements privés d'investissements. Par exemple, une infrastructure d'eau privée peut choisir d'investir dans de nouveaux réservoirs, en tant que partie au contrat de concession. Dans le cas des nouveaux investissements, l'adaptation devrait être internalisée dans la phase de planification et de construction des PPP. Un bon exemple est constitué par le « *Confederation Bridge* » au Canada, un pont long de 13 km reliant l'île de Prince Edward Island et New Brunswick. Ce pont a été conçu, construit, financé, et est désormais exploité par un consortium d'acteurs privés. Les spécifications techniques ont requis une surélévation de la construction d'environ 1m, pour répondre à la future élévation des mers. Cette mesure d'anticipation a rajouté quelques 10 millions de dollars canadiens au coût du projet s'élevant déjà à 1 milliard. (Smith *et al.*, 1998).

Expliciter la qualité des services et les risques climatiques dans les contrats n'implique pas que le partenaire privé connaisse les coûts de l'adaptation. Ces coûts seront reflétés dans les cours des actifs et/ou par l'anticipation de revenus plus élevés. Par exemple, les opérateurs privés vont anticiper que les dépenses d'adaptation pourront être transférées au consommateur final à travers la tarification. Les coûts de l'adaptation seront (et devront) être répartis entre le gouvernement, le consommateur final et l'opérateur privé.



En ce qui concerne la deuxième question – à savoir si les partenariats public-privé conviennent à la mise en place de dispositifs spécialement conçus pour faire face au changement climatique -, il n'existe pas à notre connaissance de projet privé d'infrastructures prévoyant explicitement une protection contre le risque climatique. Le concept est cependant suffisamment large et bien établi pour s'étendre à des infrastructures affectées à l'adaptation.

Les dispositifs existants qui ressemblent le plus à des projets public-privé d'adaptation sont probablement ceux de l'Initiative financière privée (IFP) britannique, et certains dispositifs de transport. Comme dans le cas des infrastructures d'adaptation, le partenaire privé contribue à l'IFP essentiellement par la fourniture d'infrastructures (bâtiments, routes ou tunnels), alors que la gestion effective de la structure est moins complexe sur le plan de l'exploitation, des interactions avec les clients, de la tarification et du recouvrement des recettes. En outre, l'initiative ne produit pas de recettes commerciales auxquelles les partenaires privés pourraient prendre part. Ceux-ci sont rémunérés par des fonds publics en fonction de la disponibilité du système et d'autres indicateurs de performances.

La simplicité commerciale et opérationnelle relative des dispositifs privés d'adaptation devraient en faciliter la mise en œuvre. Cependant, comme pour tous les dispositifs privés d'infrastructure, il faut s'assurer de l'intérêt du procédé par rapport à un modèle conventionnel de financement public avec délégation des travaux de conception, de gestion de projet, de construction et de maintenance à des entreprises privées choisies dans le cadre de procédures normales d'appels d'offre et d'attribution de marchés, opération appelée étude d'optimisation des ressources dans le contexte de l'IFP.

Deux arguments génériques ont été donnés en faveur de ces dispositifs : l'efficacité de la construction et de l'exploitation, et la possibilité de financer des projets sans recourir à des budgets publics. Le premier argument est sans doute le moins important des deux. La simplicité d'exploitation qui facilite la mise en œuvre de l'adaptation par des acteurs privés a aussi pour effet de limiter les avantages que peut apporter une gestion privée. La construction d'ouvrages anti-inondation et les projets similaires offrent peu de place à d'autres solutions de conception et d'exploitation, et les frais d'entretien sont faibles par rapport aux investissements initiaux. Les domaines dans lesquels un opérateur privé peut apporter une valeur ajoutée sont donc relativement peu nombreux.

En revanche, le deuxième argument présente sans doute une importance beaucoup plus grande, compte tenu de l'ampleur des besoins d'adaptation des infrastructures, même si des contraintes de viabilité budgétaire limitent

l'utilisation de ces instruments. En l'absence de recettes commerciales, le partenaire privé serait payé par l'État, et celui-ci s'engagerait à effectuer ces paiements en vertu du contrat conclu. Par conséquent ceux-ci devraient en principe être inscrits au moins dans le passif des comptes publics, au même titre que la dette. Le traitement réservé aux investissements privés d'infrastructure dans la comptabilité publique dépend en partie de leur degré de priorité et de leur rentabilité économique (voir FMI, 2004a, 2004b).

Ces préoccupations témoignent de la nécessité de bien analyser les coûts et les bénéfices et d'évaluer avec soin les projets d'infrastructures d'adaptation. Dans le cas des mesures de mise en place d'ouvrages anti-inondation et d'autres actions similaires, l'absence de demande claire du marché et de manifestation d'une volonté de payer de la part du public pose un problème important. Alors que nous sommes aujourd'hui mal préparés au changement climatique, il existe aussi un risque de « sur-adaptation » de la société. Il y a de nombreux exemples de projets d'infrastructures d'une ampleur ou de coûts tout à fait excessifs, qu'ils soient financés par des fonds publics ou privés.

## Conclusions

Les êtres humains s'adaptent au climat depuis des millénaires en adoptant des comportements, des technologies et des systèmes socioéconomiques compatibles avec toutes les conditions climatiques, du froid arctique à la chaleur du désert. Il est donc tentant d'en déduire que l'adaptation au changement climatique surviendra automatiquement. C'est vrai en grande partie, et les mesures prises conjugueront les ajustements fonctionnels, les investissements, le partage des risques, les décisions de localisation et les changements de comportement, au niveau des entreprises comme au niveau des ménages et des gouvernements. Toutefois, pour que le processus soit efficace, les pouvoirs publics devront entreprendre une multitude de mesures afin de préparer le terrain. Pour cela, il faut que les incitations évoluent, et que des informations appropriées circulent.

L'action en matière d'adaptation ne se limite donc pas, loin de là, à mobiliser des fonds et à financer les mesures de protection. Ces dernières années, le débat sur l'adaptation s'est peut-être exagérément concentré sur les coûts et sur la question de savoir qui devait la financer. Ce débat est important et les pays les moins avancés, et surtout très vulnérables, auront besoin de toute l'aide financière qu'ils pourront obtenir. Mais il importe aussi que cet argent soit dépensé judicieusement. L'action publique conduite dans d'autres domaines (aide au développement, aide aux régions, politique industrielle) nous enseigne que les mesures mal conçues peuvent être la source de gaspillages et, dans certains cas, se révéler contreproductives.

L'humanité étant habituée à s'adapter, les pouvoirs publics chercheront à tirer profit de l'expérience acquise pour inspirer leur action. Ils s'efforceront de promouvoir l'initiative privée, l'innovation et la capacité unique des marchés à transformer les risques en opportunités.

Le présent chapitre donne des repères sur la façon de procéder pour qu'une action judicieuse canalise les initiatives privées, en un avantage pour l'adaptation. Il montre aussi comment une certaine combinaison des marchés et de l'action publique peut améliorer le partage des risques (grâce à des systèmes d'assurance innovants), améliorer la gestion des ressources naturelles (moyennant la création de marchés environnementaux) et aider au développement de la résistance des infrastructures aux conditions climatiques (dans le cadre de partenariats public-privé).

L'assurance joue un double rôle dans le domaine de l'adaptation. La mise en place d'indemnisations peut diminuer l'effet négatif net des événements climatiques sur les souscripteurs. Simultanément, le secteur des assurances est aussi un instrument incitatif à l'adaptation en cherchant à réduire les risques climatiques. Néanmoins, même cet outil sophistiqué et développé devra évoluer, afin de suivre les évolutions du changement climatique. Avec la croissance des dommages dus au changement climatique, les données météorologiques historiques deviendront moins pertinentes, et l'assurance deviendra une activité plus risquée. Les risques seront accrus si les contraintes de budget, l'inertie et les facteurs culturels empêchent les individus de s'adapter efficacement dans le court terme. Par conséquent, il est possible que certaines compagnies d'assurance ne couvrent plus certains risques, ou surfacturent le prix des assurances. Ainsi, il est fortement probable que ce soit les ménages et les pays les plus pauvres qui soient les plus touchés. Des mesures de politiques publiques et la mise en place d'instruments économiques seront nécessaires pour résoudre ces imperfections du marché. Par exemple, ces mesures pourraient prendre la forme de subventions publiques à des mesures d'adaptation visant à ramener les risques encourus à un niveau acceptable. Alternativement, les risques peuvent être répartis entre les assureurs privés et le secteur public. Dans ce cas, le gouvernement pourrait subventionner la tranche des risques les plus extrêmes, sans créer de facteurs d'incitation pervers qui empêcheraient de prendre les décisions d'adaptation nécessaires pour répondre à des risques systémiques plus nombreux. Un recours plus large aux primes d'assurance peut toutefois maintenir et promouvoir à tort, les activités de moins en moins viables à cause du changement du climat.

La nécessité d'une gestion saine des ressources naturelles deviendra de plus en plus importante avec le changement climatique. Les ressources en eau, les forêts et les autres écosystèmes subissent déjà des pressions considérables à cause de la pollution, de la surexploitation et d'une

mauvaise gestion. Sans mise en place de mesures adéquates, le changement climatique risque de pousser certains systèmes au-delà de leurs limites. Des droits de propriétés mal définis ainsi qu'une sous-estimation du prix de certaines ressources sont les origines d'une mauvaise gestion des ressources. Certains instruments économiques, comme une fixation du prix sur les coûts engendrés (et incluant les coûts environnementaux), ou les marchés environnementaux peuvent constituer une réponse à ces imperfections du marché. Même si ces instruments sont encore à leur stade infantile, ils ont permis d'accumuler une certaine expérience pratique, et ils pourraient aider à promouvoir des comportements d'adaptation. Du point de vue de l'adaptation, les marchés environnementaux et la fixation des prix – pour l'eau, les forêts ou les autres écosystèmes – jouent un double rôle. D'une part, ils contribuent à réduire les pressions de départ sur les systèmes, ce qui les rend plus résistants. D'autre part, ils permettent de donner une valeur monétaire aux services d'adaptation fournis par les écosystèmes, comme avec les mangroves ou les zones humides dans le cas de la protection du littoral. Dans le cas du second rôle, des ajustements seront nécessaires afin d'internaliser complètement les bénéfices de l'adaptation des systèmes naturels. En outre, une demande fiable sera nécessaire pour financer ces services.

Comme l'a montré le chapitre 2, c'est la construction d'infrastructures résistantes au changement climatique qui sera probablement l'adaptation la plus coûteuse, ce qui mettra une pression financière et administrative considérable sur les gouvernements. Des expériences menées ailleurs nous montrent que des partenariats public-privé adéquats peuvent contribuer à surmonter les obstacles opérationnels, améliorer les performances et accélérer l'investissement. L'utilisation des PPP pose deux questions. La première est de savoir quels ajustements il faut apporter aux PPP afin que ceux-ci puissent répondre au changement climatique. Un des atouts importants des PPP est aussi la manière dont ils permettent de répartir les risques. En tant que tels, les PPP peuvent être une solution adéquate pour répondre aux risques additionnels du changement climatique, auraient-ils été mal définis. Les contrats des PPP doivent donc inclure explicitement les responsabilités et les attentes de chaque partenaire, y compris en termes d'adaptation. La seconde question porte sur l'adéquation des PPP pour financer, construire et entretenir des systèmes dédiés à la protection contre le climat, comme les barrières contre les inondations et les défenses côtières. A ce jour, il n'existe pas de PPP axé sur de tels systèmes de protection. Toutefois, le concept est suffisamment large et reconnu pour être étendu aux infrastructures d'adaptation. Par ailleurs, les PPP peuvent jouer un rôle dans la recherche et le développement, ainsi que dans la recherche de meilleures technologies d'adaptation.

Mettre en place les systèmes d'assurances, les marchés environnementaux, les PPP, et d'autres dispositifs du même ordre, sera une tâche considérable pour les pouvoirs publics. D'autres travaux seront nécessaires pour préciser les concepts, régler les derniers détails et monter des projets pilotes. Il sera essentiel de disposer d'informations de qualité sur le climat à l'échelle locale, condition qui n'est pas encore pleinement satisfaite dans la plupart des cas. Des travaux préparatoires seront également nécessaires pour mettre en place les capacités techniques et institutionnelles, en particulier (mais pas uniquement) dans le contexte des pays en développement, et pour établir le dialogue avec les acteurs concernés. L'adaptation au changement climatique commence seulement à s'affirmer comme un objet de l'action publique.

## Références

- Agroasemex (2006a), « The Mexican Experience in the Development and Operation of Parametric Insurances Applied to Agriculture », document de travail.
- Agroasemex (2006b), « The Mexican Experience in the Development and Operation of Parametric Insurances Oriented to Livestock », document de travail.
- Alderman, H. et T. Haque (2007), « Insurance against Covariate Shocks: The Role of Index-Based Insurance in Social Protection in Low-Income Countries of Africa », document de travail n° 95, Département du développement humain de la région Afrique, Banque Mondiale, Washington, DC, mars.
- BAD (Banque asiatique de développement) (2001), *Water for All - The Water Policy of the Asian Development Bank*, BAD, Manille.
- Banque mondiale (2007), « PPI in Developing Countries in 2006 », résultats du PPI Project Database, World Bank, Washington, DC, novembre.
- Barnett, B.J. et O. Mahul (2007), « Weather Index Insurance for Agriculture », *American Journal of Agricultural Economics* 89(5), pp. 1241-1247.
- Barnett, B.J., C.B. Barrett et J.R. Skees (2008), « Poverty Traps and Index-Based Risk Transfer Products », *World Development*, à paraître.
- Bentley, J. (2007), « Testing the Limits of Trade », *Environmental Finance*, juillet-août.
- BERD (Banque européenne pour la reconstruction et le développement) (2004), *Transition Report 2004 – Infrastructure*, BERD, Londres.
- BERD (2007). *Transition Report 2007 – People in Transition*. BERD, Londres.

- Briscoe, J. (1996), « Water as an Economic Good: The Idea and What it Means in Practice », papier présenté lors du Congrès Mondial de la Commission internationale de l'irrigation et du drainage, Caire, septembre, Banque mondiale, Washington, DC.
- Burton, I. (1996), « The Growth of Adaptation Capacity: Practice and Policy », dans « Adapting to Climate Change: An International Perspective », J.B. Smith, N. Bhatti et G. Menzhulin (éds.), *Adapting to Climate Change: Assessments and Issues*, Springer Verlag, Berlin et New York.
- Burton, I., E. Diringer et J.B. Smith. (2006), « Adaptation to Climate Change: International Policy Options », papier préparé pour le Center Pew pour le changement climatique global.
- Cárdenas, V.S. (2006), « Developmental Challenges in Using Catastrophic Bonds for Disaster Risk Management: The Mexican Experience », présenté au Sixième forum DPRI-IIASA sur la Gestion intégrée du risque de catastrophes, Istanbul, Turquie, 13-17 août.
- Carter, M. R., S.R. Boucher et C. Trivelli (2007), « Concept Note: Area-Based Yield Insurance Pilot Project for Peruvian Coastal Agriculture », Programme de recherches BASIS, décembre.
- CNUE (Commission des Nations unies pour l'Europe) (2006), « Payments for Ecosystem Services in Integrated Water Resources Management », document ECE/MP.WAT/2006/5, UNECE, Genève.
- Easter, K.W. et S. Zekri (2003), « Reform of Irrigation Management and Investment Policy in African Development », papier présentée à la Conférence préliminaire de IAAE sur l'Economie de l'agriculture africaine, Bloemfontein, Afrique du Sud, 13-14 août.
- Fankhauser, S. et S. Tepic (2007), « Can Poor Consumers Pay for Energy and Water? An Affordability Analysis for Transition Countries », *Energy Policy* 35(2), pp. 1038-1049.
- FMI (Fond Monétaire International) (2004a). « Public Private Partnerships », article rédigé par le Département des finances publiques, Fonds monétaire international, Washington.
- FMI (2004b). « Public Investment and Fiscal Policy », article rédigé par le Département des finances publiques, Fonds monétaire international, Washington.

- GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental pour l'Étude du Climat) (2001), « Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability », Contribution du Groupe de travail II au *Troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, « Chapter 18: Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity », Cambridge University Press, Cambridge, pp. 877-912.
- GIEC (2007), « Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability », Contribution du Groupe de travail II au *Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, « Chapter 17: Assessment of Adaptation Practices, Options, Constraints and Capacity », Cambridge University Press, Cambridge, pp. 717-743.
- Hartwich, F., *et al.* (2007), « Building Public–Private Partnerships for Agricultural Innovation in Latin America: Lessons from Capacity Strengthening », document de base de l'IFPRI n° 00699, International Food Policy Institute, Washington, DC, [www.ifpri.org/pubs/dp/IFPRIDP00699.pdf](http://www.ifpri.org/pubs/dp/IFPRIDP00699.pdf).
- Ibarra, H. et J. Syroka (2006), « Case Studies for Agricultural Weather Risk Management », *Risk Management in Agriculture for Natural Hazards*, ISMEA, Rome.
- IPTRID (International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage) (2001), « Case Studies on Water Conservation in the Mediterranean Region », Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Rome.
- Isom, W.R. (2007), « Traditional Catastrophic Reinsurance and CAT Bonds », présenté lors de la Réunion des experts sur « Catastrophe Insurance and Weather Risk Management Markets for National Meteorological and Hydrological Services », Siège social de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), Genève, Suisse, 5-7 décembre.
- Jetté-Nantel, S. et S. Agrawala (2007), « Adaptation aux changements climatiques et gestion des risques naturels », S. Agrawala (éd.), *Changements climatiques dans les Alpes européennes: Adapter le tourisme d'hiver et la gestion des risques naturels*, OCDE, Paris, pp. 65-101.
- Kerf, M. et A.K. Izaguirre (2007), « Revival of Private Participation in Developing Country Infrastructure: A Look at Recent Trends and their Policy Implications », Grid Lines Note n° 16, Banque mondiale, Washington, DC.



- Kessides, I.N. (2004), « Reforming Infrastructure: Privatization, Regulation, and Competition », Oxford University Press, Oxford.
- Landell-Mills, N. et I.T. Porras (2002), *Silver Bullet or Fools' Gold – A Global Review of Markets for Forest Environmental Services and their Impact on the Poor*, International Institute for Environment and Development (IIED), London, [www.iied.org/pubs/pdfs/9066IIED.pdf](http://www.iied.org/pubs/pdfs/9066IIED.pdf).
- Lecocq, F. et Z. Shalizi (2007), *Balancing Expenditures on Mitigation of and Adaptation to Climate Change: An Exploration of Issues Relevant to Developing Countries*, Banque mondiale, Washington, DC, p. 45.
- Leftley, R. et S. Mapfumo (2006), « Effective Micro-Insurance Programs to Reduce Vulnerability », papier commandé pour la Campagne pour le Sommet sur le Microcrédit mondial, Nouvelle Ecossea, Canada, 12-16 novembre, [www.opportunity.net/publications/pub.reduceVulnerability.asp](http://www.opportunity.net/publications/pub.reduceVulnerability.asp).
- Mahul, O. et J.R. Skees (2005), « Managing Agricultural Catastrophic Risk at the Country Level: The Case of Livestock Mortality Risk in Mongolia », document de travail, Banque mondiale, avril.
- Mahul, O. et J. R. Skees (2007), « Managing Agricultural Risk at the Country Level: The Case of Index-Based Livestock Insurance in Mongolia », document de travail pour la recherche en politique WPS4325, Banque mondiale, Washington, DC, 1 août.
- Manuamorn, O.P. (2006), « Review of Weather Index Insurance Project Developments in Thailand », présentation au séminaire « Weather Index Insurance: Weather Risk Management for Agriculture in Thailand », organisé par le Bureau de Bangkok de la Banque mondiale et le Groupe de gestion du risqué intégré aux commodities (Commodity Risk Management Group, CRMG) de la Banque mondiale, Bangkok, Thaïlande, 13 octobre.
- Manuamorn, O.P. (2007), « Scaling up Microinsurance: The Case of Weather Insurance for Smallholders in India », Document de base du département de l'Agriculture et du développement rural n° 36, Banque mondiale, Washington, DC.
- Mohanty, N. et S. Gupta (2002), « Breaking the Gridlock in Water Reforms through Water Markets: International Experience and Implementation Issues for India », Julian L. Simon Centre for Policy Research, Liberty Institute, New Delhi.

- O’Hearne, B. (2007), « Case Study No. 3: Millennium Village Project », présenté lors de la Réunion des experts sur “Catastrophe Insurance and Weather Risk Management Markets for National Meteorological and Hydrological Services », Siège social de l’Organisation météorologique mondiale (OMM), Genève, Suisse, 5-7 décembre.
- Pagiola, S.P., *et al.* (2004), « Paying for Biodiversity Conservation in Agricultural Landscapes », Papier du Département de l’Environnement n° 96, Banque mondiale, Washington, DC.
- PNUE (Programme des Nations unies pour l’environnement) (2006), « Developing International Payments for Ecosystem Services: A Technical Discussion », branche de la PNUE pour l’Économie et le commerce, Genève.
- Perrot-Maître, D. (2006), « The Vittel Payments for Ecosystem Services: A « Perfect » PES Case? ».
- Skees, J.R. et A. Enkh-Amgalan (2002), « Examining the Feasibility of Livestock Insurance in Mongolia », Document de travail sur les recherches en politique n°2886, Secteur du développement rural et des ressources naturelles sur l’Asie de l’est et de la région pacifique, Banque mondiale, 17 septembre.
- Skees, J.R. et A.J. Leiva (2005), « Analysis of Risk Instruments in an Irrigation Sub-Sector in Mexico », rapport préparé pour Inter-American Development Bank Technical Cooperation Program et IDB-Netherlands Water Partnership Program, 30 juin.
- Skees, J.R., B.J. Barnett et B. Collier (2008), « Agricultural Insurance – Background and Context for Climate Adaptation Discussions », rapport d’un consultant pour l’OCDE.
- Skees, J.R., J. Hartell et A.G. Murphy (2007), « Using Index-Based Risk Transfer Products to Facilitate Micro Lending in Peru and Vietnam », *American Journal of Agricultural Economics* 89(5), pp. 1255–1261.
- Skees, J.R., U. Hess et H. Ibarra (2002), « Crop Disaster Assistance in Ukraine: Issues, Alternatives, and Consequences », Projet de financement en milieu rural de la Banque mondiale P076553, décembre.
- Skees, J.R., *et al.* (2001), « Developing Rainfall-Based Index Insurance in Morocco », document de travail sur les recherches en politique n°2577, Banque mondiale, Washington, DC, avril.

- Skees, J.R., *et al.* (2006), « Index Insurance for Weather Risk in Low Income Countries », USAID Microenterprise Development (MD) Office, USAID/DAI Prime Contract LAG-I-00-98-0026-00 BASIS Task Order 8, Rural Finance Market Development.
- Smith, J.B., *et al.* (1998), « Proactive Adaptation to Climate Change: Three Case Studies on Infrastructure Investments », document de travail D-98/03, Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Stoppa, A. et U. Hess (2003), « Design and Use of Weather Derivatives in Agricultural Policies: the Case of Rainfall Index Insurance in Morocco », papier présenté à une conférence internationale sur “Agricultural Policy Reform and the WTO: Where Are We Heading?”, Capri, Italie, 23-26 juin.
- Swiss Re (2007), « Swiss Re Launches Climate Adaptation Development Program Providing Financial Protection Against Weather Risk in Emerging Countries », communiqué de presse, 27 septembre.
- Syroka, J. (2007), « Weather Insurance for Small and Medium Farmers: Building a Weather Risk Market in Central America », Réunion annuelle du WRMA, Miami, Floride, 9–11 mai.
- Syroka, J. et R. Wilcox (2006), « Rethinking International Disaster Aid Finance », *Journal of International Affairs* 59(2), pp. 197–214.
- USAID (United States Agency for International Development) (2006), « Hedging Weather Risk for Microfinance Institutions in Peru », rapport préparé par GlobalAgRisk, Inc., sous la supervision de USAID/DAI Prime Contract LAG-I-00-98-0026-00 BASIS Task Order 8, Rural Finance Market Development, novembre.
- Vidal, A., *et al.* (2001), « Success Stories in Water Conservation in the Mediterranean Region: A Review of Technologies and Enabling Environment for Water Conservation - Lessons Learnt », *GRID* 17, février.
- Wenner, M. (2007), « New Developments in Agricultural Insurance: A Latin American and Caribbean Perspective », présenté au Third Annual Microinsurance International Conference, Mumbai, Inde, 13-15 novembre.
- Wunder, S. (2005), « Payments for Environmental Services: Some Nuts and Bolts », CIFOR Occasional Paper n° 42, Center for International Forestry Research, Jakarta.

LES ÉDITIONS DE L'OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16  
IMPRIMÉ EN FRANCE  
(97 2008 05 2 P) ISBN 978-92-64-04686-3 – n° 56180 2008

# Aspects économiques de l'adaptation au changement climatique

## COÛTS, BÉNÉFICES ET INSTRUMENTS ÉCONOMIQUES

Édité par Shardul Agrawala et Samuel Fankhauser

Le changement climatique pose un défi majeur au développement économique et social. La réduction des émissions de gaz à effet de serre doit être accompagnée de mesures incitatives à l'adaptation aux impacts du changement climatique. Dans ce contexte, la problématique des coûts et bénéfices de l'adaptation présente de plus en plus d'intérêt autant dans le cadre des projets menés sur le terrain que dans celui de la coopération pour le développement et des négociations internationales.

Cette étude présente une évaluation critique des coûts et des bénéfices de l'adaptation dans certains secteurs clés mais vulnérables au changement climatique ainsi qu'à l'échelle nationale et mondiale. Au-delà de la problématique de l'estimation des coûts, cette analyse oriente le débat sur le potentiel et les limites des instruments économiques – par exemple, assurance et partage des risques, marchés et tarification de biens et services environnementaux, partenariats public-privé – visant à encourager les activités d'adaptation.

Le texte complet de cet ouvrage est disponible en ligne aux adresses suivantes :

[www.sourceocde.org/environnement/9789264046863](http://www.sourceocde.org/environnement/9789264046863)

les utilisateurs ayant accès à tous les ouvrages en ligne de l'OCDE peuvent également y accéder via :

[www.sourceocde.org/9789264046863](http://www.sourceocde.org/9789264046863)

**SourceOCDE** est une bibliothèque en ligne qui a reçu plusieurs récompenses. Elle contient les livres, périodiques et bases de données statistiques de l'OCDE. Pour plus d'informations sur ce service ou pour obtenir un accès temporaire gratuit, veuillez contacter votre bibliothécaire ou **SourceOECD@oecd.org**.