

## 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*) (A1F1, 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**

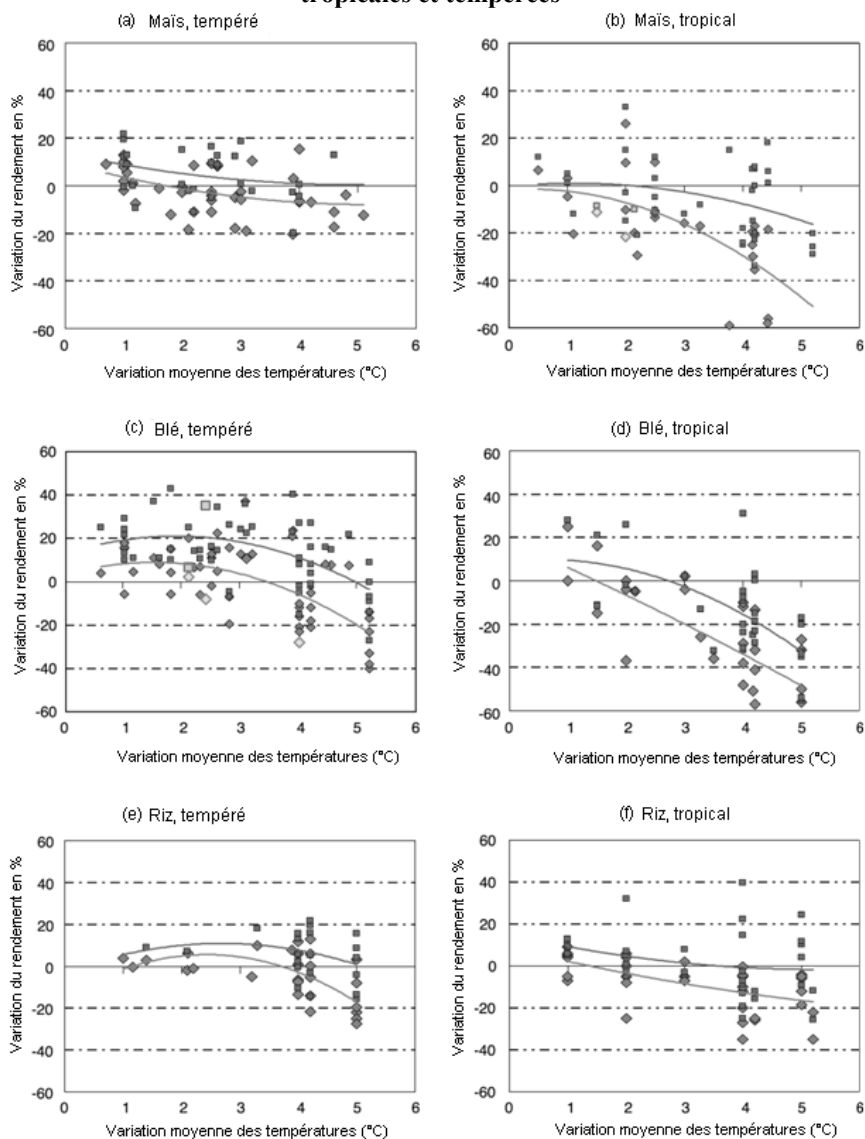
Exploitations agricoles	Pouvoirs publics
Assurance des récoltes et des revenus agricoles	Investissements dans la recherche et le développement (par exemple pour créer des cultivars résistants à la chaleur)
Diversification de la production	Promotion de l'adoption de nouvelles technologies et de pratiques 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		262 % 26 %
		Cultures terres arides		4.3 %	15.4 %	
		Cultures irriguées		9.3 %	11.6 %	
	Faible résolution CSIRO (540ppmCO2)	Déterministe		.32	3.61	1061 %
		Stochastique2		-2.05	2.65	229 %
		États-Unis		Variation des rendements		117.1 % 23.2 %
Cultures terres arides	8.8 %	19 %				
Cultures irriguées	8.6 %	10.6 %				
Déterministe	Bien-être		3.05	5.69	87 %	
	Stochastique	Bien-être		3.51	7.43	112 %



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 efficace 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).

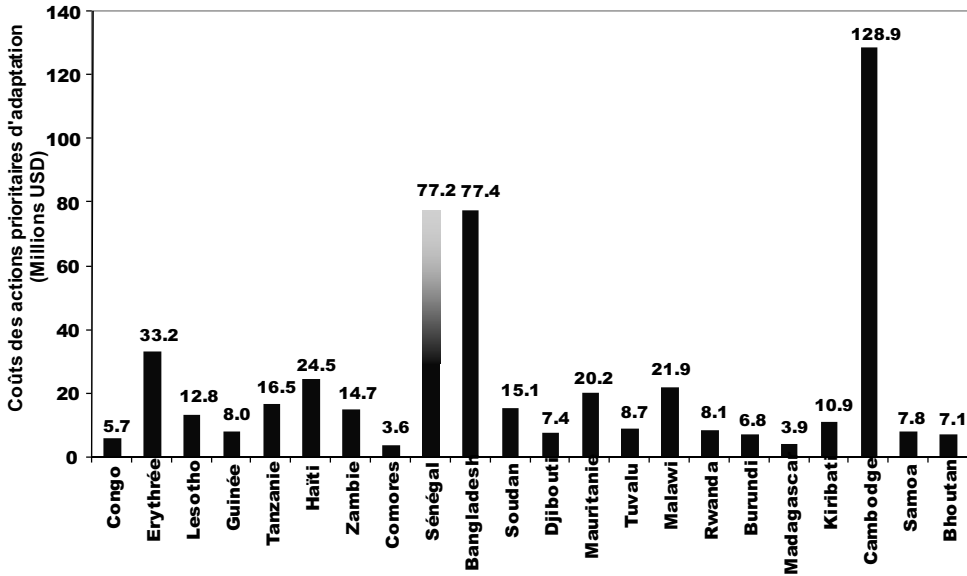
**Écosystèmes**

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

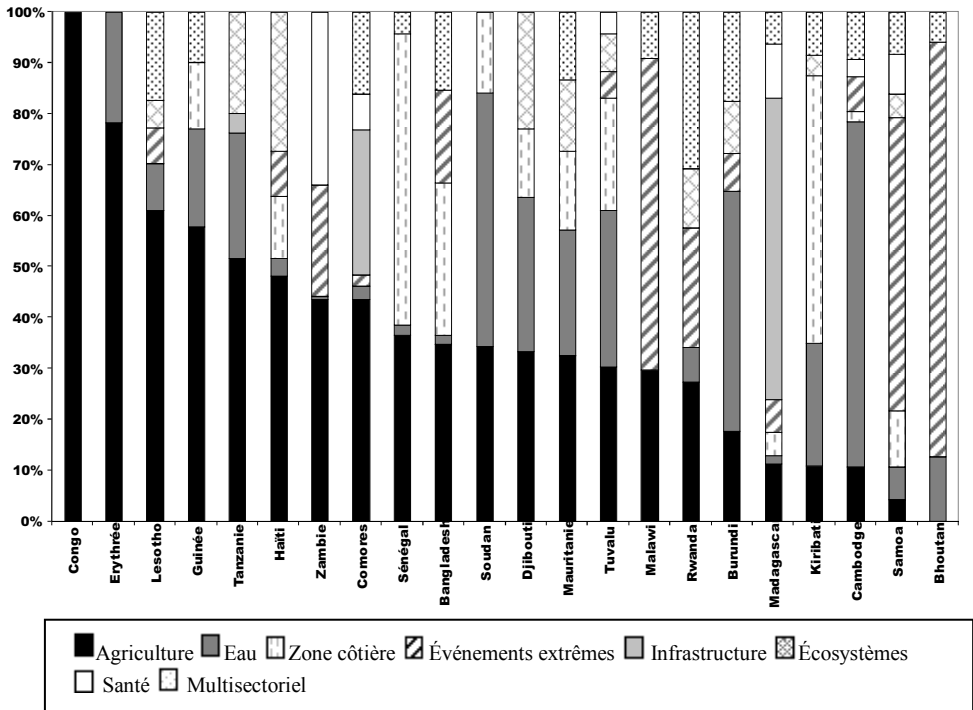


D'autres informations sont fournies par la répartition des coûts d'adaptation en fonction de la classification sectorielle décrite dans l'encadré 2.1. Ces résultats sont présentés dans le graphique 2.3<sup>14</sup>. Pour la plus grande partie des pays, les coûts les plus élevés sont observés dans l'agriculture. 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 Beschneidung 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\\_gcf/items/4054.php](http://unfccc.int/cooperation_and_support/financial_mechanism/financial_mechanism_gcf/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\\_gcf/items/4054.php](http://unfccc.int/cooperation_and_support/financial_mechanism/financial_mechanism_gcf/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.



## 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>

## *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**

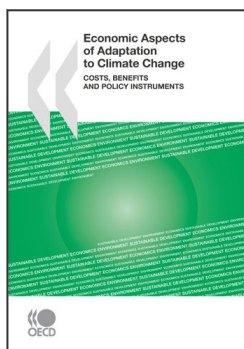
Encadré 2.1. Description des huit secteurs/catégories choisis .....	73
Encadré 3.1. Variabilité des précipitations et le problème de la fixation du montant des primes d'assurance .....	116
Encadré 3.2. Les marchés de l'eau en Australie .....	123
Encadré 3.3. Marchés informels de l'eau en Inde .....	124
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



Extrait de :  
**Economic Aspects of Adaptation to Climate Change**  
Costs, Benefits and Policy Instruments

Accéder à cette publication :

<https://doi.org/10.1787/9789264046214-en>

**Merci de citer ce chapitre comme suit :**

Agrawala, Shardul, *et al.* (2008), « Estimations empiriques des coûts et des bénéfices de l'adaptation : une analyse critique », dans Shardul Agrawala et Samuel Fankhauser (dir. pub.), *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change : Costs, Benefits and Policy Instruments*, Éditions OCDE, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264046870-4-fr>

Ce document, ainsi que les données et cartes qu'il peut comprendre, sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région. Des extraits de publications sont susceptibles de faire l'objet d'avertissements supplémentaires, qui sont inclus dans la version complète de la publication, disponible sous le lien fourni à cet effet.

L'utilisation de ce contenu, qu'il soit numérique ou imprimé, est régie par les conditions d'utilisation suivantes :

<http://www.oecd.org/fr/conditionsdutilisation>.