



Face à un avenir incertain

Comment les forêts et les populations peuvent s'adapter au changement climatique

Bruno Locatelli

Markku Kanninen

Maria Brockhaus

Carol J. Pierce Colfer

Daniel Murdiyarso

Heru Santoso



Face à un avenir incertain

Comment les forêts et les populations peuvent s'adapter au changement climatique

Bruno Locatelli

Markku Kanninen

Maria Brockhaus

Carol J. Pierce Colfer

Daniel Murdiyarso

Heru Santoso

Coauteurs

Peter Cronkleton, Ganga Ram Dahal, Houria Djoudi,
Kristen Evans, Fobissie Kalame, Hermann Kambire,
Rodel Lasco, Moira Moeliono, Raffaele Vignola

Locatelli, B., Kanninen, M., Brockhaus, M., Colfer, C.J.P., Murdiyarso, D. et Santoso, H. 2008
Face à un avenir incertain : Comment les forêts et les populations peuvent s'adapter au changement
climatique. Regards sur la forêt N° 5 CIFOR, Bogor, Indonésie.

Photos : Bruno Locatelli
Imprimé par Harapan Prima, Indonésie
86 p.
ISBN 978-979-1412-75-9

Traduction de: Locatelli, B., Kanninen, M., Brockhaus, M., Colfer, C.J.P., Murdiyarso, D. and Santoso, H.
2008 Facing an uncertain future: How forests and people can adapt to climate change. Forest
Perspectives No. 5. CIFOR, Bogor, Indonesia.

Publié par
Le Centre de recherche forestière internationale
Jl. CIFOR, Situ Gede,
Bogor Barat 16115, Indonésie
Tél. : +62 (251) 8 62 26 22 ; Fax : +62 (251) 8 62 21 00
Courriel : cifor@cgiar.org
Site Internet : <http://www.cifor.cgiar.org>

© par CIFOR
Tous droits réservés.
Publié en 2008

Le Centre de recherche forestière internationale (CIFOR)

Le CIFOR défend le bien-être humain, la conservation de l'environnement et l'équité en menant une recherche pour éclairer les politiques et les pratiques qui affectent les forêts dans les pays en développement. Le CIFOR est l'un des 15 centres au sein du Groupe consultatif sur la recherche agricole internationale (CGIAR). Le siège du CIFOR est situé à Bogor, en Indonésie. Le CIFOR a également des bureaux en Asie, en Afrique et en Amérique du Sud.

Sommaire

Préface	v
Remerciements	vii
Résumé	ix
Introduction	1
L'adaptation pour les forêts tropicales	3
2.1 Vulnérabilité des forêts tropicales au changement climatique	3
2.2. Définir l'adaptation des forêts	7
2.3. Mettre en œuvre l'adaptation des forêts	13
Les forêts tropicales pour l'adaptation	21
3.1. Les services écosystémiques et le bien-être humain	21
3.2. Les forêts tropicales pour l'adaptation de la société	26
3.3. Intégrer les forêts tropicales dans les politiques d'adaptation	30
Conclusions	43
Annexe : Comprendre l'adaptation	45
A.1. Scénarios de changement climatique dans les tropiques	45
A.2. Concepts de vulnérabilité	50
A.3. Qu'est-ce que l'adaptation ?	58
A.4. Politiques et fonds internationaux	63
Bibliographie	69

Encadrés

1. Planifier le changement climatique en Amazonie	12
2. Groupe d'enseignement en matière de politique nationale au Népal	17
3. Apprentissage partagé	18
4. Scénarios de l'avenir : apprendre ensemble comment planifier et préparer pour l'avenir	19
5. Vulnérabilité de la séquestration de carbone et les liens entre l'adaptation et l'atténuation	25
6. Critères pour évaluer la vulnérabilité des systèmes socio-écologiques	29
7. Politiques de boisement et reboisement, et adaptation au changement climatique en Afrique de l'Ouest	32
8. Prise en compte des forêts dans les politiques d'adaptation et de développement aux Philippines	36
9. Un cadre de recherche en politiques sur les acteurs, la prise de décision et les réseaux de politiques	39
10. L'énergie hydroélectrique, les forêts et l'adaptation au Costa Rica : soutenir les processus de prise de décision adaptatifs	40
11. Le rôle de la science dans la coordination et le soutien aux processus adaptatifs en Afrique de l'Ouest	41
12. Le cadre d'analyse d'ATEAM pour évaluer les vulnérabilités	53
13. Les pays vulnérables	54
14. Les huit phases d'une méthode pour évaluer les vulnérabilités	57
15. Le cadre de politique d'adaptation	61
16. Coûts et avantages de l'adaptation	62
17. Fonds de la CCNUCC pour l'adaptation	65

Figures

1. Facteurs de l'exposition et de la sensibilité des écosystèmes forestiers	4
2. Exemples de mesures pour l'adaptation des forêts	10
3. Exemples de services écosystémiques et leurs liens au bien-être humain	22
4. Les services écosystémiques et leurs liens à la vulnérabilité au changement climatique	27
5. Anomalies annuelles de la température mondiale de l'air à la surface des terres, de 1850 à 2005, relative à la moyenne 1961–1990 pour le jeu de données CRUTEM3	46
6. Moyenne des changements plurimodèles de la température de l'air en surface et des précipitations, pour l'hiver et l'été boréaux	47
7. Les composantes de la vulnérabilité	53
8. Diverses conceptualisations des impacts et de l'adaptation	55

Tableaux

1. Exemples de mesures d'adaptation pour les forêts aménagées	11
2. Exemples de services écosystémiques présentant un intérêt aux secteurs vulnérables	28
3. Tendances du changement climatique sur trois continents, d'après le GIEC	49
4. Catégories des facteurs de vulnérabilité (d'après Füssel 2007a)	52
5. Types d'adaptation	59

Préface

La science du changement climatique a fait du chemin depuis le Sommet de la Terre à Rio de Janeiro (1992) et l'adoption du Protocole de Kyoto (1997). A présent, nous reconnaissons que le changement climatique est inévitable et, même dans le scénario le plus optimiste, aura des répercussions majeures sur les régimes climatiques du monde et, par conséquent, sur la vie des populations – en particulier les pauvres. Atténuer le changement climatique ne suffit plus. Nous devons nous adapter aux changements imminents, à mesure qu'ils surviennent ou, mieux encore, anticiper ces changements en ayant des stratégies d'adaptation en place. L'adaptation au changement climatique est l'un des quatre éléments constitutifs du Plan d'action de Bali.

Les forêts représentent une part essentielle des initiatives mondiales visant à faire face au changement climatique. Toutefois, jusqu'à présent, elles ont presque toujours été prises en compte dans l'optique d'atténuer le changement climatique, grâce au reboisement et au boisement et, plus récemment, en évitant la déforestation et la dégradation des forêts. Pourtant, plus d'un milliard d'habitants étant tributaires (d'une façon ou d'une autre) des forêts pour leurs moyens de subsistance, celles-ci peuvent aussi jouer un rôle vital à l'adaptation.

Les forêts fournissent des matières premières sous forme d'aliments, d'énergie et de matériaux à des millions de personnes. Elles offrent aussi des services écosystémiques – comme la régulation de l'eau, le contrôle de l'érosion et la séquestration de carbone – à des milliards d'autres personnes. Nous avons besoin que les forêts continuent à fournir ces matières premières et services écosystémiques à l'avenir, et besoin d'elles face au changement climatique.

Dans ce rapport, les auteurs présentent leurs arguments pour défendre un double ordre du jour pour renforcer le rôle des forêts dans l'adaptation : aider les forêts à surmonter l'adversité du changement climatique et gérer les forêts de façon à permettre aux populations tributaires de la forêt et à la société en général, de faire face aux changements à venir. Ils désignent ces approches « l'adaptation pour les forêts » et « les forêts pour l'adaptation ».

Ces approches posent des difficultés, nécessitant de nouvelles politiques et institutions à l'intérieur et à l'extérieur du secteur forestier. Toutefois, l'intégration de l'adaptation dans les stratégies de gestion des forêts, tout comme l'intégration des forêts dans les stratégies d'adaptation, sont des objectifs qui ne peuvent attendre. Les deux sont essentiels pour que les forêts répondent à leur potentiel d'accroître leur propre résilience, et celle de la société, aux changements climatiques en cours.

Frances Seymour
Directrice général du CIFOR

Remerciements

Les auteurs sont reconnaissants envers leurs collègues et confrères qui ont examiné les versions préliminaires antérieures du présent rapport : Ian Burton, Thea Dickinson et Manuel Guariguata.

Ce document a été réalisé avec l'assistance financière de l'Union Européenne (EuropeAid/ENV/2004-81719). Le contenu du présent document ne peut, en aucunes circonstances, être considéré comme représentant la position de l'Union Européenne.

La Figure 5 est reproduite à partir de la Figure 3.1, page 242, dans Trenberth *et al.* (2007), avec l'autorisation du GIEC.

La Figure 6 est reproduite à partir de la Figure 10.9, page 767, dans Meehl *et al.* (2007), avec l'autorisation du GIEC.



Résumé

Sur le plan international, les mesures les plus notables prises pour faire face au changement climatique sont axées sur l'atténuation (réduire l'accumulation de gaz à effet de serre) plutôt que sur l'adaptation (réduire la vulnérabilité de la société et des écosystèmes). Cependant, étant admis, à présent, que le changement climatique est quelque peu inévitable, l'adaptation gagne de l'importance dans l'arène politiques. De plus, elle est l'un des quatre éléments constitutifs du Plan d'action sur 2 ans de Bali – négociations en cours vers un cadre de référence international qui remplacera le Protocole de Kyoto en 2012.

Ce rapport présente la justification de l'adaptation pour les forêts tropicales (réduire les impacts du changement climatique sur les forêts et leurs services écosystémiques) et des forêts tropicales pour l'adaptation (utiliser les forêts pour aider les populations locales et la société en général à s'adapter à des changements inévitables). Etablir un lien entre l'adaptation et les forêts tropicales constitue un nouveau défi : l'adaptation est un nouveau sujet pour les gestionnaires des forêts tropicales, et les forêts tropicales sont un sujet nouveau pour les spécialistes de l'adaptation. A présent, la gestion des forêts tropicales doit être adaptée d'une façon qui facilitera les transitions au fur et à mesure que le climat change. Le but peut être de conserver d'importants écosystèmes et espèces – où les mesures d'adaptation viseront à résister aux effets du changement climatique. Le but peut aussi être de conserver les services écosystémiques qu'offre la forêt – où les mesures d'adaptation viseront à l'aider à évoluer de sorte qu'elle ait la même fonction dans les nouvelles circonstances climatiques. Compte tenu de l'immense diversité des forêts tropicales et des circonstances locales, toute une série de mesures d'adaptation sont nécessaires et dont les mieux appropriées peuvent être sélectionnées pour chaque situation. En outre, comme nous ne connaissons l'ampleur que le changement climatique prendra, plus d'une mesure est conseillée dans

chaque cas et la mise en œuvre doit pouvoir s'adapter en fonction du changement de circonstances.

Les politiques relatives à la forêt, au changement climatique et à d'autres secteurs doivent répondre à ces préoccupations et s'intégrer les unes aux autres – cette approche intersectorielle est essentielle pour que les avantages obtenus dans un secteur ne soient pas perdus dans un autre. Jusqu'à présent, un rôle marginal a été accordé aux forêts tropicales dans les stratégies d'adaptation, même dans la plupart des Programmes d'action nationaux aux fins de l'adaptation. En outre, les organisations qui participent à l'élaboration et mise en œuvre des politiques doivent elles-mêmes changer pour être en mesure de faire appliquer les nouvelles politiques ; elles doivent aussi faire preuve de souplesse et être capables de tirer des enseignements sur les systèmes dynamiques humains et environnementaux. Et tout ceci doit se faire à tous les niveaux, de la communauté locale au gouvernement national et à la communauté internationale – là encore, l'accent est mis sur l'intégration, sans quoi les actions à différentes échelles risquent de s'annuler entre elles.

Le rapport se penche sur deux aspects l'un après l'autre – l'adaptation pour les forêts tropicales, et les forêts tropicales pour l'adaptation – et comprend une annexe sur les scénarios, concepts et politiques et fonds internationaux en matière d'adaptation.

1 Introduction

En 2007, le Quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a montré de façon incontestable que le climat mondial se modifie en raison des activités humaines. Depuis le premier rapport du GIEC publié en 1990, les connaissances scientifiques se sont accrues et les actions en matière de politique ont été mises en œuvre à l'échelle internationale, nationale et locale. Sur le plan international, les mesures les plus notables prises pour faire face au changement climatique – la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC, établie en 1992) et le Protocole de Kyoto (1997) – sont axées sur l'atténuation (réduire l'accumulation des gaz à effet de serre) plutôt que sur l'adaptation (réduire la vulnérabilité de la société et des écosystèmes au changement climatique).

Néanmoins, l'adaptation gagne de l'importance dans l'arène des politiques sur le changement climatique, car les acteurs réalisent que le changement climatique est inévitable et qu'il faudra un certain temps avant que les politiques d'atténuation donnent des résultats (en raison de l'inertie des systèmes économique et climatique). En décembre 2007, en conclusion de la Conférence des Nations Unies sur le changement climatique (Bali), le Plan d'action de Bali a été adopté ; il s'agit d'un plan sur 2 ans pour parvenir à un accord sur un nouveau traité sur le climat. L'adaptation est l'un des quatre éléments constitutifs de ce plan. L'aboutissement de ces pourparlers déterminera un cadre international et l'appui aux activités d'adaptation dans les pays en développement.

Grâce à leur séquestration de carbone, les forêts tropicales jouent un rôle dans l'atténuation du changement climatique ; ce rôle a été reconnu et incorporé dans les accords internationaux et les instruments politiques. La contribution des activités de boisement et de reboisement en zones tropicales est déjà reconnue dans le

Mécanisme pour un développement propre (MDP) du Protocole de Kyoto ; de nombreux marchés de carbone gratifient les activités de foresterie tropicale ; et il est question d'inclure la déforestation évitée dans un accord international ultérieur. Les forêts tropicales représentent un élément important de la science et de la politique en matière d'atténuation, mais leur rôle dans l'adaptation acquiert rapidement de l'importance. Etablir un lien entre l'adaptation et les forêts tropicales constitue un nouveau défi pour la science et la politique : l'adaptation est un nouveau sujet pour les gestionnaires des forêts tropicales, et les forêts tropicales sont un sujet nouveau pour les spécialistes de l'adaptation.

Deux liens existent entre l'adaptation et les forêts tropicales. Premièrement, comme les forêts tropicales sont sensibles au changement climatique, ceux qui les gèrent ou les protègent devront adapter leur gestion aux conditions à venir. Les populations qui vivent dans les forêts dépendent de leurs produits et services et sont vulnérables aux changements des forêts, tant sur le plan social qu'économique. Même si les parties concernées sur place en savent davantage sur leurs forêts que tout autre personne, il se peut que la rapidité sans précédent du changement climatique compromette leur capacité d'adaptation aux nouvelles conditions. Un renforcement des capacités et des connaissances scientifiques est nécessaire pour comprendre la vulnérabilité des forêts et des populations locales, ainsi que pour concevoir et mettre en œuvre des mesures d'adaptation.

Deuxièmement, les forêts tropicales assurent des services écosystémiques essentiels à toutes les autres populations au-delà des forêts. Comme ces services contribuent à réduire la vulnérabilité de la société au changement climatique, la conservation ou la gestion des forêts tropicales devrait être incluse dans les politiques d'adaptation. Les liens institutionnels entre les forêts tropicales et d'autres secteurs doivent être créés ou renforcés en adoptant une approche intersectorielle à l'adaptation.

Le présent rapport a pour objet de montrer que : 1) les forêts tropicales doivent s'adapter ou être adaptées, en raison de leur vulnérabilité au changement climatique ; et 2) les forêts tropicales sont nécessaires pour l'adaptation, car elles peuvent aider les êtres humains à être moins vulnérables au changement climatique. Nous avançons tout d'abord que les mesures d'adaptation doivent être déterminées et mises en œuvre pour réduire la vulnérabilité des forêts au changement climatique (2^e chapitre). Nous avançons ensuite que les forêts doivent être incluses dans les politiques d'adaptation pour leur contribution à réduire la vulnérabilité sociétale (3^e chapitre). En fin de rapport, une annexe présente des renseignements généraux sur le changement climatique, les notions de vulnérabilité et d'adaptation, et les politiques et fonds internationaux liés à l'adaptation.

2 L'adaptation pour les forêts tropicales

Les forêts tropicales sont vulnérables au changement climatique et une adaptation est nécessaire pour réduire cette vulnérabilité. Dans ce chapitre, la vulnérabilité des forêts tropicales est présentée dans la section 2.2 et la mise en œuvre de l'adaptation des forêts est abordée dans la section 2.3.

2.1 Vulnérabilité des forêts tropicales au changement climatique

Le quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Parry *et al.* 2007) indique que si la moyenne mondiale de la température augmente de 1,5 °C à 2,5 °C, des changements majeurs sont attendus dans les climats locaux, en terme de moyenne et d'amplitude de température, des précipitations et des phénomènes climatiques extrêmes (voir Annexe). Les changements du climat et la concentration de gaz carbonique influenceront sur la structure et la fonction des écosystèmes, l'interaction écologique des espèces et la diversité géographique des espèces ; ils auront aussi des répercussions sur la biodiversité (Malcom *et al.* 2006) et les services écosystémiques. Il est probable qu'au cours du siècle de nombreux écosystèmes, dont les forêts tropicales, seront affectés par une combinaison sans précédent de changement climatique, perturbations associées (comme les inondations, la sécheresse, les grands incendies de végétation, les insectes) et autres facteurs de changements globaux (comme les changements d'usage des terres, la pollution, la surexploitation des ressources).

Les effets du climat changeant sur les systèmes écologiques ont déjà été constatés à divers niveaux écologiques, allant des organismes aux écosystèmes. Ces constatations concernent des modifications de la structure et du fonctionnement ; du cycle du

carbone et de l'azote ; de la répartition et l'abondance des espèces ; des périodes de reproduction ou de migration ; et de la durée de la saison de croissance (Corlett et Lafrankie 1998 ; Gitay *et al.* 2002 ; Root *et al.* 2003 ; Clark 2007). Ces études montrent que les changements du climat mondial représentent un danger actuel et futur pour la biodiversité et mettent en évidence la nécessité de tenir compte du changement climatique dans la protection, la gestion ou la restauration des forêts tropicales. D'autres menaces surviendront à mesure que le climat changera, en particulier du fait d'autres pressions, comme la fragmentation des habitats (McCarty 2001 ; Brook *et al.* 2008).

Impacts potentiels

Les impacts potentiels du changement climatique sur les forêts tropicales sont fonction de l'exposition et de la sensibilité (se référer aux définitions de ces notions à la Figure 7 de l'Annexe). Les forêts tropicales sont exposées à divers facteurs de changement climatique et de variabilité, ainsi qu'à d'autres pressions, comme le changement d'utilisation des terres ou la pollution, qui aggravent les impacts du changement climatique (se référer à la Figure 1). La sensibilité détermine dans quelle mesure un système réagira à un changement du climat de manière soit positive ou négative. Cette réaction peut comprendre des changements dans les régimes de perturbation sur lesquels influent le climat et les pratiques d'utilisation des terres (Murdiyarso et Lebel 2007). Par exemple, la sécheresse provoquée par El Niño a accru la fréquence des incendies dans les forêts tropicales humides (Barlow et Peres 2004).

Exposition	Sensibilité
<ul style="list-style-type: none"> Changement et variabilité du climat Hausse des températures Changements des précipitations Changements des Schémas saisonniers Ouragans et tempêtes Hausse des niveaux de CO₂ Montée du niveau de la mer Autres facteurs Changements d'utilisation des terres Fragmentation des paysages Exploitation des ressources Pollution 	<ul style="list-style-type: none"> Modifications des régimes de perturbation ex. incendies, organismes nuisibles et maladies Modifications des processus de niveau des arbres ex. productivité Modifications de la répartition des espèces Modifications des conditions des sites ex. condition des sols Modifications de la structure des peuplements ex. densité, hauteur

Figure 1 : Facteurs de l'exposition et de la sensibilité des écosystèmes forestiers (d'après Johnston et Williamson 2007).

Forêts tropicales humides. Les études sur les changements survenus dans les régions de forêts tropicales depuis le dernier maximum glaciaire, montrent la sensibilité de la composition des espèces et de l'écologie aux changements climatiques (Hughen *et al.* 2004). Plusieurs études prédisent des impacts de changement climatique sur les forêts tropicales humides. Dans les tropiques humides du nord du Queensland (Australie), d'importantes modifications de l'étendue et de la répartition des forêts tropicales sont probables, car plusieurs types de forêt sont extrêmement sensibles à un réchauffement de 1 °C et la plupart sont sensibles aux changements des précipitations (Hilbert *et al.* 2001). La baisse des précipitations dans le Bassin de l'Amazonie, que certains modèles climatiques ont prévue, et l'intensification de la mousson indienne affecteront à grande échelle la disponibilité de l'eau pour les forêts tropicales (Bazzaz 1998). Quant à l'Amazonie, plusieurs études prédisent un dépérissement des forêts qui seront remplacées, à grande échelle, par la savane (Cox *et al.* 2004 ; Nepstad *et al.* 2008). La sensibilité des forêts tropicales humides au climat est accrue par les liens réciproques avec la fragmentation en cours. En Amazonie, les liens réciproques entre l'expansion agricole, les incendies de forêts et le changement climatique pourraient accélérer le processus de dégradation (Nepstad *et al.* 2008). Des incertitudes subsistent, toutefois, quant à certains impacts du changement climatique sur les forêts tropicales humides (Granger Morgan *et al.* 2001 ; Wright 2005).

Forêts tropicales humides de montagnes. Dans l'optique du changement climatique, les forêts tropicales humides de montagnes sont particulières. Il est prévu que même de faibles variations de température et de précipitation auront de graves impacts pour les forêts tropicales de montagne ; le changement climatique a, en effet, déjà provoqué l'extinction d'espèces (Pounds *et al.* 1999). Les forêts tropicales humides de montagne sont particulièrement sensibles, du fait qu'elles sont situées dans des régions escarpées aux conditions climatiques extrêmement spécifiques (Foster 2002). Le réchauffement atmosphérique fait monter l'altitude de la couverture de nuages qui fournit de la vapeur d'eau aux espèces des forêts tropicales humides de montagne en leur faisant passer de longues périodes noyées dans les nuages (Pounds *et al.* 1999). L'habitat de ces espèces va se déplacer graduellement vers le haut de la montagne, à mesure que la couverture de nuage se retirera, ce qui aura pour conséquence de confiner ces forêts dans des zones de plus en plus petites (Hansen *et al.* 2003). Comme les microclimats des forêts tropicales humides de montagne sont fort sensibles au changement climatique, ils représentent un bon poste d'observation (Loope et Giambelluca 1998). Dans les forêts tropicales humides des hautes terres de Monteverde, au Costa Rica, un lien a été établi entre l'élévation de la couverture de nuages associée aux températures accrues des océans, et la disparition de 20 espèces de grenouilles (Pounds *et al.* 1999). En East Maui, à Hawaii, sur des pentes aux forts gradients microclimatiques, les changements de variabilité des précipitations et des ouragans pourraient entraîner la perte d'espèces endémiques et leur remplacement par des espèces allochtones (Loope et Giambelluca 1998 ; Hansen *et al.* 2003).

Forêts tropicales sèches. Les écosystèmes des régions semi-arides sont très sensibles aux variations de précipitations, qui peuvent affecter la productivité de la végétation et la survie des plantes (Hulme 2005). Des études effectuées en Tanzanie et au Costa Rica montrent que les forêts tropicales sèches peuvent être particulièrement sensibles aux déplacements des écozones¹ dues au changement climatique (Mwakifwamba et Mwakasonda 2001 ; Enquist 2002). Les forêts tropicales sèches sont susceptibles d'être affectées plus particulièrement par la sécheresse et les incendies. Il est attendu qu'une légère diminution des précipitations annuelles dans un futur immédiat rende les forêts tropicales sèches plus vulnérables aux incendies. Des saisons sèches plus longues aggraveraient la dessiccation, exposant davantage le système forestier au risque d'incendie et le rendant plus vulnérable. Toutefois, une fréquence accrue des incendies peut à terme en faire diminuer le nombre, dû à la réduction des matières combustibles au fil du temps (Goldammer et Price 1998 ; Hansen *et al.* 2003). D'après Miles *et al.* (2006), les forêts tropicales sèches en Amérique latine seront davantage touchées que celles en Afrique ou en Asie.

Mangroves. Il a été établi que les mangroves étaient également un type de forêt parmi les plus menacés par le changement climatique. Le principal danger les menaçant provient de la montée du niveau de la mer et des modifications de la dynamique sédimentaire, de l'érosion et de la salinité qui y sont associées. Il est attendu que la montée du niveau de la mer sera environ deux fois plus rapide que l'accumulation des sédiments (nécessaires à la survie des mangroves), ce qui provoquera l'enfoncement de nombreux deltas. En outre, l'érosion réduira la superficie des mangroves : l'érosion sur le côté mer qui fragilise les racines des mangroves ; l'érosion en nappe sur toute la surface des marécages ; et l'érosion des rives des chenaux de marée (Hansen *et al.* 2003). Les mangroves peuvent aussi être affectées par d'autres changements atmosphériques, dont la température, l'augmentation du gaz carbonique et des tempêtes. L'assèchement des mangroves serait extrêmement néfaste, comme au Sénégal et en Gambie où des sécheresses les ont affectées (Dudley 1998).

Capacité d'adaptation des forêts

La capacité d'adaptation des forêts demeure incertaine (Julius et West 2008). Les forêts tropicales sont plus complexes que les écosystèmes agricoles, ce qui leur permet probablement de mieux s'adapter à certains changements de leur environnement. Dans l'ensemble, les forêts tropicales sont capables de supporter un certain niveau

¹ Dans ce contexte, les écozones peuvent être considérées comme les caractéristiques biologiques et géographiques spécifiques de l'habitat dans lequel un organisme vit. Dans le cadre du changement climatique, elles sont susceptibles de se déplacer. Par exemple, les conditions propices à un type de végétation peuvent se déplacer de centaines de kilomètres après 2 °C d'augmentation moyenne de la température mondiale.

de contraintes climatiques, notamment les forêts primaires (Malhi *et al.* 2008). Toutefois, de nombreux chercheurs craignent que la capacité adaptative des forêts ne soit pas suffisante pour s'adapter au rythme sans précédent du changement climatique (Gitay *et al.* 2002).

Nous devons acquérir une meilleure compréhension des facteurs qui renforcent ou limitent cette capacité (Julius et West 2008), y compris du rôle du paysage entourant une parcelle de forêt, étant donné que la connectivité du paysage peut faciliter l'adaptation des écosystèmes et que la capacité adaptative peut être réduite par des contraintes extérieures à la forêt.

Les espèces peuvent s'adapter au changement climatique grâce à la plasticité phénotypique (l'acclimatation), l'évolution adaptative ou la migration vers des sites adéquats (Markham 1996 ; Bawa et Dayanandan 1998). Sans ces options, les individus seront moins abondants et les espèces finiront par disparaître (Noss 2001). Selon les données de modèles combinés de climat et de végétation, il se peut que le réchauffement de la Terre nécessite un rythme de migration bien plus rapide que celui relevé durant les ères postglaciaires ; il est donc aussi susceptible de réduire la biodiversité par sélection, en favorisant les espèces mobiles et opportunistes (Malcom *et al.* 2002) ; Pearson 2006).

D'après certaines constatations, la richesse et la diversité des espèces dans un écosystème forestier peuvent contribuer à la résistance et à la résilience, l'explication la plus déterminante étant la redondance fournie par la diversité d'espèces dans des groupes fonctionnels critiques (Walker 1992, 1995 ; Peterson *et al.* 1998). La diversité de groupes fonctionnels, outre la diversité des espèces au sein de groupes, semble également faciliter la résistance écologique (Noss 2001).

2.2. Définir l'adaptation des forêts

La nécessité d'adopter des approches souples et diversifiées

Comme les forêts tropicales sont vulnérables au changement climatique, les pratiques de gestion ou de conservation doivent intégrer les menaces qu'il pose et viser à réduire cette vulnérabilité. Définir les mesures techniques d'adaptation pour les forêts n'est pas chose simple, car elles dépendent de divers facteurs contextuels (comme les types de forêt, les buts de la gestion, les changements climatiques et les pressions non climatiques). De plus, même si des modèles ont été conçus pour étudier la vulnérabilité des forêts tropicales au changement climatique, il se peut que les incertitudes intrinsèques aux modèles d'écosystèmes et aux scénarios de climat empêchent les gestionnaires ou les décideurs de les utiliser (Millar *et al.* 2007).

Par exemple, les tendances à venir des précipitations aux échelles locale et régionale restent incertaines, notamment pour les tropiques. Dans bien des cas, les modèles ne peuvent pas déterminer les impacts futurs avec certitude mais permettent d'envisager différentes directions possibles de changement. Quant à la vulnérabilité des forêts, la principale lacune de nos connaissances concerne les processus qui expliquent la capacité adaptative des espèces : plasticité phénotypique, évolution adaptative et migration (Noss 2001 ; Midgley *et al.* 2007).

Compte tenu des incertitudes sur le climat à venir et à la vulnérabilité des forêts, nous devons adopter des approches souples et diversifiées. En fonction du contexte local, ces méthodes doivent combiner diverses mesures sélectionnées dans une « boîte à outils d'adaptation » (Millar *et al.* 2007). Cette sélection dépend des incertitudes liées à l'avenir du climat et des forêts. Si certaines caractéristiques futures sont connues de façon fiable, le choix peut se baser sur le scénario projeté de l'avenir. Toutefois, dans la plupart des cas, le haut degré d'incertitude justifiera la sélection d'un ensemble de mesures pour réduire le risque de choisir une mesure inadéquate.

La sélection des mesures d'adaptation dépend également des variables d'intérêt pour la société. Par exemple, selon que l'adaptation vise à conserver certaines espèces de grande valeur ou à conserver des services écosystémiques hydrologiques, les mesures d'adaptation doivent être sélectionnées pour conserver les espèces importantes ou bien faciliter la transition de l'écosystème vers un autre état dans lequel la structure de la végétation permet la fourniture de services écosystémiques hydrologiques. De nombreuses synergies existent peut-être entre différents buts, mais parfois des compromis sont nécessaires. Après avoir défini les impacts potentiels du changement climatique et l'état final souhaité, les décideurs doivent sélectionner les mesures et les évaluer, en tenant compte des incertitudes. La mise en œuvre des mesures doit ensuite être accompagnée d'un suivi et une analyse des expériences, afin de permettre des évaluations continues et une souplesse dans la gestion en fonction des enseignements tirés (Spittlehouse et Stewart 2003 ; Millar *et al.* 2007).

Catégories des mesures d'adaptation pour les forêts

Divers auteurs ont proposé des mesures d'adaptation pour les forêts (par exemple, Noss 2001 ; Spittlehouse et Stewart 2003 ; Hansen *et al.* 2003 ; Millar *et al.* 2007 ; Fischlin *et al.* 2007 ; Guariguata *et al.* 2008 ; Ogden et Innes 2008). La majorité de ces mesures ont été définies pour les forêts tempérées et les forêts boréales, mais peuvent être extrapolées aux forêts tropicales, même si certaines sont peut-être difficiles à appliquer vu les spécificités de ces forêts (car leur gestion est généralement moins intensive et elles abritent une plus grande diversité que les régions boréales et tempérées).

Sur les pas de Smithers et Smit (1997), nous faisons la distinction entre deux grandes catégories de mesures d'adaptation pour les forêts, en fonction de leurs résultats ou effets prévus. Dans la première catégorie, les mesures d'adaptation visent à protéger un système contre les perturbations, en augmentant sa résistance et sa résilience au changement. La résistance est « la capacité d'un système à résister contre des perturbations externes » (Bodin et Wiman 2007), tandis que la capacité d'adaptation est « la capacité d'un système à absorber une perturbation et se réorganiser en subissant des changements mais en conservant les mêmes fonctions, structure et identité » (Walker *et al.* 2004). Selon Millar *et al.* (2007), les mesures de protection qui tentent de conserver les forêts dans leur état actuel, ne sont pas une panacée et ne sont pourraient être efficaces que pour une courte période. Compte tenu des conditions environnementales qui changent de plus en plus, il se peut que ces initiatives échouent au bout du compte. En raison de ces risques et des coûts qu'ils entraînent, ces mesures doivent être appliquées de préférence aux forêts de grande valeur (comme celles qui abritent des espèces menacées d'extinction, de priorité élevée, ou qui fournissent d'importants produits pour les communautés locales) ou bien aux forêts qui ne sont guère sensibles au changement climatique (Millar *et al.* 2007). Ces mesures présentent également un intérêt pour des objectifs de gestion à court terme, comme une plantation de forêt proche de la coupe.

Dans la deuxième catégorie, l'objectif consiste à faciliter un changement ou une évolution du système vers un nouvel état adapté aux conditions modifiées (Smithers et Smit 1997). Contrairement à la première catégorie, l'objectif n'est pas de résister aux changements, mais de faciliter et de gérer les processus d'adaptation naturels (Millar *et al.* 2007). Toutefois, comme dans la première catégorie, la résilience de l'écosystème est essentielle dans ce processus, pas nécessairement pour garder l'écosystème dans le même état après une perturbation, mais pour l'aider à évoluer de façon à maintenir ses fonction, structure et identité (souhaitées par le gestionnaire ou la société), comme séquestrer une quantité de carbone similaire, régulariser la qualité de l'eau ou produire des produits pour les communautés locales.

Exemples de mesures d'adaptation pour les forêts

Certaines mesures permettant d'accroître la résistance et la résilience des forêts (se référer à la Figure 2, à gauche) visent à empêcher les perturbations, comme les incendies (gérer la matière inflammable, empêcher ou maîtriser les incendies), empêcher l'entrée d'espèces envahissantes ou les supprimer, et maîtriser les insectes et les maladies (en appliquant des soins phytosanitaires). Une autre option pour protéger les systèmes contre les perturbations, consiste à gérer activement l'écosystème après une perturbation, en favorisant l'établissement d'espèces auxquelles un degré de priorité a été donné, dans un programme de régénération.

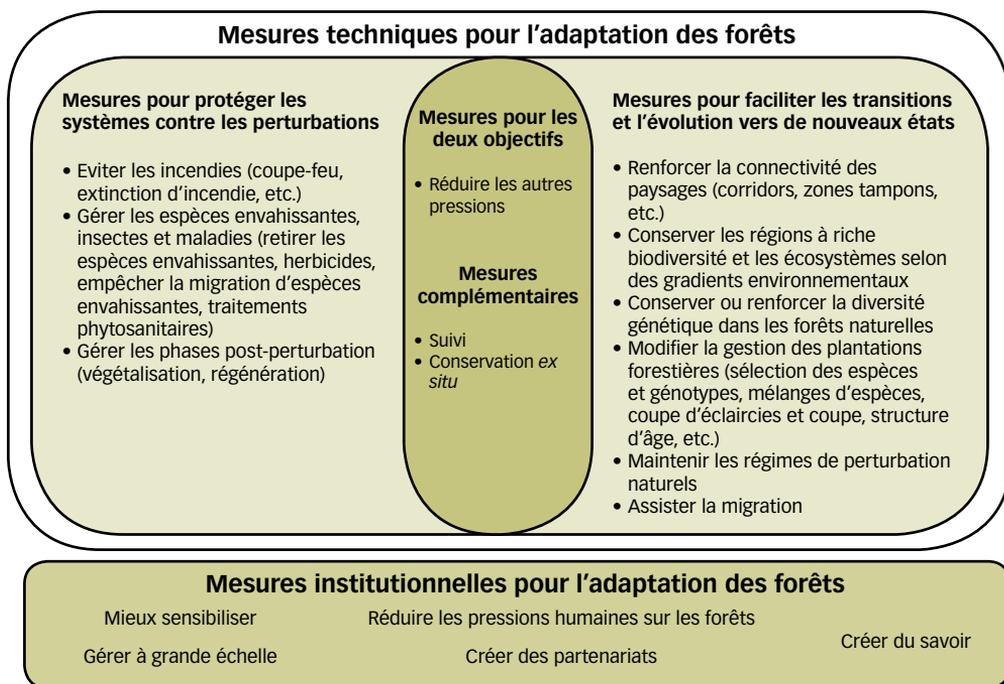


Figure 2. Exemples de mesures pour l'adaptation des forêts

Au lieu d'éteindre les incendies ou d'effectuer des brûlages dirigés, Barlow et Peres (2004) proposent deux stratégies pour contrôler les incendies dans les forêts tropicales humides : réduire l'inflammabilité des forêts (par exemple, en adoptant une gestion qui réduit la quantité de matière inflammable et conserve l'humidité du sol) ; et empêcher un incendie d'atteindre les forêts inflammables (par exemple, à l'aide de coupe-feu, de l'éducation, d'une législation et des incitations financières).

Pour protéger les forêts contre les perturbations, il se peut que les mesures soient très onéreuses et au-dessus des moyens économiques de la majorité des pays tropicaux (Barlow et Peres 2004). En outre, certaines mesures peuvent avoir des répercussions nuisibles sur l'environnement (comme les herbicides) ou ne pas être durables. Contrôler les incendies peut être contre-productif à long terme, lorsque le climat change (Hulmes 2005).

Afin de faciliter une transition ou une évolution de l'écosystème (se référer à la Figure 2, à droite), une mesure consiste à renforcer la connectivité des paysages et réduire la fragmentation. La connectivité entre habitats accroît l'aptitude des espèces à migrer. Des corridors établis en direction du gradient climatique pourraient aider les espèces à s'adapter au changement climatique (Noss 2001). Une autre mesure consiste à déterminer les zones à conserver en grande priorité, dans le cadre de scénarios de changement climatique. En raison des incertitudes concernant la vulnérabilité de diverses forêts, une bonne stratégie consiste à conserver un grand éventail de forêts –

par exemple, des écosystèmes sur l'ensemble des gradients environnementaux ou des régions névralgiques de la biodiversité – pour leur valeur et peut-être leur plus forte capacité d'adaptation (Noss 2001). La connectivité des paysages joue également un rôle dans la diversité génétique.

Comme la diversité génétique est essentielle pour comprendre la capacité adaptative des écosystèmes, certains auteurs proposent des mesures pour la conserver ou la renforcer dans les forêts aménagées (se référer au tableau 1, d'après Guariguata *et al.* 2008). Pour les plantations forestières, la gamme des mesures techniques est large, étant donné que ces écosystèmes sont, dans l'ensemble, gérés de façon intensive et la gestion peut être modifiée pour s'adapter au changement climatique. Par exemple, la sélection des espèces et des génotypes peut être adaptée aux climats à venir, tandis qu'un mélange d'espèces et une structure en plusieurs classes d'âge peuvent accroître la résistance ou la résilience, ou bien la coupe peut être anticipée de façon à réduire les risques (Guariguata *et al.* 2008).

Tableau 1. Exemples de mesures d'adaptation pour les forêts aménagées (d'après Guariguata *et al.* 2008).

Type de gestion forestière	Mesures d'adaptation	
	Mesures pour faciliter la capacité adaptative	Autres mesures de sylviculture
Aménagement des forêts naturelles basé sur une exploitation sélective	Maximiser la taille des populations juvéniles et reproductrices	Intensifier l'enlèvement des lianes
	Maintenir le mouvement de pollen et/ou de graines entre populations (en minimisant les répercussions de la coupe sur la structure des forêts et en maximisant la connectivité des paysages)	Minimiser dégâts d'exploitation grâce à une exploitation à impact réduit
	Maximiser la diversité génétique des semis plantés quand les trouées d'exploitation sont enrichies	Elargir les zones tampons et les coupe-feux
	Utilisation de semis provenant d'autres forêts dans les plantations d'enrichissement	
Plantation forestière	Planter une diversité de génotypes et « laisser faire la nature »	Planter des mélanges d'espèces et sélectionner les espèces appropriées
	Sélectionner des espèces appropriées (notamment dans les zones de transitions)	Elargir les zones tampons et les coupe-feux
	Utiliser des graines provenant de lieux adaptés aux conditions futures	
	Utiliser des génotypes « stables » qui ont tendance à se comporter de façon acceptable dans divers environnements	

Certains auteurs soutiennent que les régimes de perturbation naturels (comme les incendies) doivent être maintenus, du fait que des programmes de réduction d'incendies peuvent défavoriser des espèces végétales rares (Noss 2001 ; Hansen *et al.* 2003). Pourtant, il est aussi reconnu que les incendies déclenchés par les hommes sont un danger pour bon nombre d'écosystèmes, notamment dans les tropiques. Un bon équilibre doit être établi entre contrôler les incendies, laisser les incendies naturels brûler, et utiliser le brûlage dirigé, pour réduire le risque d'incendies de forte intensité. La migration assistée des espèces de plantes vers des régions où il est prévu que le climat sera approprié, est également une mesure controversée², en raison du risque éventuel que la translocation d'espèces assistée par l'homme introduise des espèces envahissantes (Mueller et Hellmann 2008).³

Certaines mesures d'adaptation peuvent contribuer à protéger le système contre les perturbations et à faciliter les réorientations (se référer à la Figure 2, au centre) ; par exemple, en réduisant d'autres pressions, comme la destruction de l'habitat, la fragmentation et la dégradation (Noss 2001 ; Hansen *et al.* 2003 ; Malhi *et al.* 2008). En tant que danger, le changement climatique s'ajoute à d'autres pressions, dont certaines sont actuellement plus urgentes que le climat. Si ces autres pressions ne sont pas abordées, il se peut que l'adaptation ne présente aucun intérêt ou qu'elle ne soit qu'une question académique (Markham 1996). La réduction d'autres pressions augmentera aussi la résilience des écosystèmes et facilitera les transitions (se référer à l'Encadré 1).

Encadré 1. Planifier le changement climatique en Amazonie

Le fait que le changement climatique pourrait renforcer la sécheresse en Amazonie est une préoccupation majeure. Malhi *et al.* (2008) proposent plusieurs éléments clé d'un programme de développement, de conservation et d'adaptation pour accroître la capacité d'adaptation du système socio-écologique de l'Amazonie : 1) maintenir la déforestation au-dessous d'un seuil ; 2) contrôler l'utilisation des feux, grâce à l'éducation et à la réglementation ; 3) conserver de larges corridors pour la migration des espèces ; 4) conserver les corridors de rivières comme refuges humides et pour la migration ; 5) conserver le centre du nord-ouest de l'Amazonie intact.

Malhi *et al.* (2008) débattent des questions de gouvernance et de financement associées à ce programme, ainsi que du rôle des zones protégées, des populations autochtones, des petits propriétaires, des agro-industries et des gouvernements.

² Les populations de plantes (dont les arbres) peuvent migrer des centaines ou milliers de mètres par an, grâce à la dispersion des graines.

³ Les espèces introduites peuvent se comporter comme des espèces envahissantes dans leur nouvel habitat.

D'autres mesures sont complémentaires à celles susmentionnées. Par exemple, le suivi est essentiel pour ajuster les stratégies d'adaptation (Fischlin *et al.* 2007). A un niveau différent, certains auteurs ont fait état de la conservation *ex situ* comme mesure d'adaptation. Bien qu'elle ne réfère pas à l'adaptation de l'écosystème même, elle peut aider à conserver la diversité génétique en danger d'extinction. Des collections végétales peuvent permettre la réintroduction d'espèces à l'avenir (Hansen *et al.* 2003).

Parallèlement aux mesures techniques, des mesures institutionnelles doivent être élaborées, comme celle de mieux sensibiliser les communautés forestières et le secteur forestier à l'adaptation au changement climatique (Spittlehouse 2005 ; se référer également à la section 2.3).

2.3. Mettre en œuvre l'adaptation des forêts

Travailler au niveau local

Les complexités et incertitudes liées aux forêts et à l'adaptation au changement climatique sont amplifiées par l'énorme diversité géographique et humaine. Peu d'attention est généralement donnée à la diversité des situations locales – cette attention étant habituellement considérée comme trop complexe, trop difficile, trop onéreuse et irréaliste. Pourtant, l'importance, voire même la nécessité, de se préoccuper des spécificités locales est de plus en plus évidente (lire par exemple, Agrawal 2008). L'heure est venue de prendre les choses en main et d'apporter les modifications institutionnelles nécessaires pour permettre de construire sur le local plutôt que d'essayer de faire des plans à grande échelle qui échoueront inéluctablement dans la majorité des localités.

Afin de traiter avec succès de l'adaptation au changement climatique dans toute forêt peuplée, un certain nombre de changements institutionnels sont nécessaires. Macqueen et Vermeulen (2006), par exemple, attirent l'attention sur la nécessité, entre autres, de « favoriser davantage l'adhésion et l'accès de la population locale aux ressources forestières ; établir au niveau local un suivi et une étude des impacts du changement climatique ; et renforcer la responsabilité institutionnelle pour les stratégies d'adaptation ». Agrawal (2008) souligne combien il est important d'évaluer et de consolider les institutions locales, d'élaborer des solutions appropriées au niveau local, et d'établir un lien entre les acteurs à diverses échelles. L'aspect le plus fondamental est que les gestionnaires à tous les niveaux devront valoriser les processus actuels qui permettent aux populations dans des circonstances spécifiques d'adapter leurs propres systèmes plus efficacement, à mesure que leurs conditions changent.

Tirer des enseignements d'expériences antérieures

La mise en œuvre de l'adaptation des forêts ne doit pas partir de zéro, mais doit se fonder sur les expériences de mise en place d'une gestion adaptative et collaborative, en reconnaissant que des liens et un soutien mutuel d'un niveau à l'autre sont nécessaires.

Les chercheurs dans divers contextes mettent à l'essai depuis les années 90, des approches qui soulignent l'importance de l'adaptation et de la collaboration. Un large volume d'ouvrages présente un intérêt pour la mise en œuvre de l'adaptation des forêts aux échelles locales – comme la série ACM (*Adaptive Collaborative Management*) (gestion collaborative adaptative) du CIFOR (voir ci-après), Buck *et al.* (2001), Tompkins et Adger (2004), Armitage *et al.* (2008). Ces méthodes ont été élaborées quand, à la fin des années 90, les chercheurs ont cherché à améliorer les processus contribuant à la durabilité et au bien-être humain, plutôt que d'enregistrer seulement les échecs évidents. Cette préoccupation est plus urgente à présent qu'elle ne l'était à l'époque.

L'approche de gestion adaptative collaborative

Comme bon exemple, l'approche ACM est fondée sur trois volets, et chacun sera essentiel à l'adaptation au changement climatique. Ces trois volets reposent sur les observations suivantes (chacune suivie par les types d'actions nécessaires pour y répondre) :

1. La nécessité de comprendre les points de vue des nombreux acteurs concernés par les forêts et leur gestion. Des outils ont été créés pour identifier les populations appropriées et établir des fora leur permettant de communiquer entre elles de façon plus efficace, à mesure qu'elles font face au changement.
2. La nécessité d'avoir de meilleurs mécanismes pour tirer des enseignements de l'expérience. Les chercheurs ont travaillé avec des groupes de personnes, en vue d'analyser, de planifier, de faire le suivi et de modifier les actions – aptitudes essentielles à mesure que le climat change.
3. La nécessité d'examiner l'inéquitable répartition du pouvoir dans les forêts d'aujourd'hui (et de demain). Les scientifiques engagés dans la recherche-action ont travaillé avec les groupes marginalisés et dominants, des femmes et hommes à diverses échelles, pour donner des chances à tous, en vue de tenter de répondre aux besoins de ceux qui ont actuellement des besoins cruciaux (et probablement croissants), mais guère d'influence dans la gestion des forêts locales et les décisions affectant leur bien-être.

D'une manière générale, des facilitateurs qualifiés locaux ont joué un rôle fondamental. Ces facilitateurs utilisent la recherche-action participative pour travailler avec des groupes communautaires locaux (et plus récemment, avec les autorités locales), afin de consolider les capacités analytiques locales et la capacité d'adaptation, ainsi que diverses autres compétences, comme l'action collective, la négociation, le travail en réseau et la gestion de conflit. Dans d'autres cas, les chercheurs et facilitateurs ont travaillé avec des acteurs à une échelle plus large, comme l'industrie du bois d'œuvre, les projets de conservation, les gouvernements régionaux et nationaux, afin de consolider le soutien aux actions locales et élargir la portée des initiatives locales. Différentes approches sont décrites dans Colfer (2005), CIFOR (2008) et Pfund *et al.* (2008).

Le suivi sera probablement essentiel dans les initiatives d'adaptation au changement climatique. Le travail antérieur de Prabhu et de ses associés (par exemple Prabhu et Colfer 1996 ; Prabhu *et al.* 1998) a montré qu'il était possible d'élaborer et d'adapter des séries de critères et d'indicateurs (C&I) pour le suivi de la gestion forestière et du bien-être humain dans des contextes locaux spécifiques. Ce suivi est fondamental à la capacité de s'adapter au changement tout en s'orientant vers une vision partagée d'un avenir souhaitable. Ces outils se sont avérés utiles à tous les niveaux, des communautés aux processus internationaux, bien que leur adéquation dans un contexte quelconque nécessite une évaluation et, si jugée utile, une adaptation aux conditions locales. Des exemples de mise à essai de C&I au niveau communautaire et d'un suivi participatif, sont donnés dans McDougall (2002), Hartanto *et al.* (2003), Guijt (2007) et Evans et Guariguata (2008).

Comprendre diverses situations

Les mécanismes qui créent des liens et facilitent les retours d'informations depuis diverses situations locales vers les décideurs clé, sont essentiels pour assurer la pertinence et les effets positifs des interventions politiques. Une option, utilisée dans le projet *Landscape Mosaics* (Pfund *et al.* 2008), consiste à sélectionner des villages dans des forêts de types et d'éloignement différents, pour comprendre au mieux les facteurs écologiques et socio-économiques qui influent la gestion. Une autre option pourrait être de sélectionner des communautés le long d'une trajectoire probable de changement climatique, par exemple, le long d'un gradient d'humidité où des conditions plus sèches ou plus humides sont susceptibles de s'étendre. L'intention pourrait être, par exemple, d'apprendre comment les systèmes humains actuels sont adaptés à la variabilité climatique dans les régions les plus sèches et de partager ces connaissances acquises avec des populations situées en des lieux susceptibles de faire face à des conditions similaires plus sèches à l'avenir. Une autre option consiste

à examiner les systèmes de différents groupes ethniques (comme Dounias et Colfer 2008), qui ont souvent des systèmes humains différents, même au sein d'un même milieu écologique, ou de mettre l'accent sur les différences entre hommes et femmes dans la gestion (Shea *et al.* 2005).

Une autres approche consiste à établir un lien entre des communautés et des acteurs gouvernementaux au niveau des districts, ce qui est le cas à Jambi, Sumatra, en Indonésie (Komarudin *et al.* 2008) ou en cours sur les sites du *Landscape Mosaics* en Guinée, en Tanzanie, au Cameroun, en RDP du Laos, en Indonésie et à Madagascar (Pfund *et al.* 2008). Les fora multi-acteurs peuvent remplir une fonction similaire pour maximiser la communication et la collaboration à divers niveaux et entre acteurs (comme Yuliani *et al.* 2008 a, b).

Ces modèles s'appuient sur l'approche ACM décrite plus haut et guident une recherche-action participative, au niveau communautaire et au niveau des gouvernements de district. Les préoccupations communes sont ensuite identifiées entre les deux niveaux et la collaboration est encouragée lorsque les villageois et les représentants officiels éprouvent de la difficulté à traiter de leurs buts communs.

Établir un lien ente les échelles locale et nationale

La nécessité d'établir un lien entre les échelles locale et nationale a justifié l'élaboration de mécanismes d'apprentissage qui encouragent l'échange d'informations entre elles. Citons comme exemple l'approche du *National Policy Learning Group* (Groupe d'apprentissage en matière de politique nationale), utilisée en Indonésie et au Népal pour réunir les acteurs gouvernementaux et non gouvernementaux qui se sont engagés à répondre aux problèmes du pays (se référer à l'Encadré 2).

Jusqu'à ce jour, les facilitateurs ACM ont assumé un rôle d'encadrant dans ces groupes en transmettant une méthode d'apprentissage systématique. Les questions de changement climatique sont de parfaits problèmes à examiner par ces groupes qui maintiennent des liens étroits avec les communautés (grâce à des essais communs, des visites d'études fréquentes, la participation directe des communautés ou d'autres).

Encadré 2. Groupe d'enseignement en matière de politique nationale au Népal (par Ganga Ram Dahal)

Afin d'établir un lien entre la recherche et la mise en œuvre d'une politique, le Groupe d'enseignement en matière de politique nationale (NPLG) au Népal a été formé en 2005 en conclusion de la recherche dirigée par le CIFOR sur la gestion adaptative collaborative (ACM). Bien qu'il s'agisse d'un réseau informel représentant le gouvernement, des ONG et des groupes de la société civile, il a néanmoins déjà eu une influence locale en transformant des résultats scientifiques en actions sur le terrain. Un exemple est la formulation d'une politique gouvernementale donnant plus d'autorité aux communautés locales dans la création d'entreprises de produits forestiers non ligneux (PFNL). Cette politique repose sur les conclusions et recommandations de la recherche entreprise au Népal. Des réunions des membres du réseau organisées régulièrement leur offrent l'opportunité d'un apprentissage partagé, d'une part et, d'autre part, créent un environnement pour une action coordonnée sur des ordres du jour communs (comme l'élaboration d'une politique en faveur des pauvres, les questions afférentes au changement climatique et à l'environnement). D'autres questions importantes présentant un intérêt commun dans le secteur de la foresterie, sont régulièrement débattues dans ce groupe et concernent la foresterie communautaire, le transport transfrontalier illicite du bois d'œuvre, la réforme foncière, et l'équité.

L'initiative portant sur les droits et les ressources (autre recherche-action au Népal, 2006–2008) s'est servie de ce réseau pour accroître la participation des membres à la recherche et l'application pratique des conclusions de la recherche dans la pratique. La recherche a examiné les impacts d'une réforme foncière, sur les moyens de subsistance, le revenu, la condition des forêts et l'équité (désignée sous l'acronyme LIFE (*livelihoods, income, forest condition and equity*)).

Au Népal, la modification du milieu politique a accru davantage l'importance du NPLG. Le réseau s'occupe à présent de fournir au gouvernement certaines propositions valides sur le processus de réforme du secteur forestier et la formulation d'une politique ayant rapport aux forêts. Il s'agit d'un forum sans parti pris, démocratique et de caractère inclusif, qui aide à influencer le processus de politique au Népal. Ce réseau comprend la *Federation of Community Forestry Users Nepal* (FECOFUN), la Nepal Foresters Association, et plusieurs ONG et organismes bilatéraux.

Récemment, un lien a été établi entre le NPLG au Népal et le *Forest Governance Learning Group* (Groupe mondial d'apprentissage en matière de gouvernance des forêts) (FGLG) ; il se peut que ce lien consolide davantage son rôle et son efficacité en mettant la politique en application.

Une autre approche à grande échelle est sous forme d'« ateliers d'apprentissage partagé » (voir Encadré 3), au cours desquels des personnes à tous les niveaux et de divers milieux partagent leur expérience sur ce qui a donné des résultats dans leur localité respective. Ces ateliers ont bien réussi à fournir un mécanisme permettant aux districts en Indonésie (dont la position a récemment été renforcée, suite à la loi de 2001 sur la décentralisation) de tirer mutuellement des enseignements de leurs succès et échecs. Une autre approche pour créer des scénarios de l'avenir avec les acteurs, est décrite dans l'Encadré 4. Ces méthodes peuvent également contribuer à définir l'adaptation au changement climatique.

Encadré 3. Apprentissage partagé *(par Moira Moeliono)*

Entre 2005 et 2007, CIFOR et PILI (Réseau vert : une passerelle pour la durabilité, ONG indonésienne) – ont organisé sept ateliers axés sur la gestion collaborative des ressources naturelles dans des zones protégées en Indonésie. Ces ateliers ont adopté le principe d'« offrir des chances égales à tous », en vertu duquel chaque participant serait enseignant et étudiant. L'approche utilisée dans les ateliers s'inspirait d'approches comme l'apprentissage par l'action, la recherche-action participative, et l'apprentissage social. Le but de ces ateliers est progressivement passé d'informer sur les politiques à apprendre pour transformer les politiques. Nous avons essayé d'utiliser l'apprentissage partagé pour élaborer, utiliser et partager les informations et les connaissances. Plus important encore, le but de l'apprentissage partagé a été d'encourager l'apprentissage dans les groupes, et entre groupes pour encourager le changement social.

Les lieux informels de rencontre, la diversité des méthodes utilisées, l'accent mis sur l'expérience, et l'apprentissage résultant de l'expérience des participants, sont tous des facteurs qui ont rendu ces ateliers très populaires. Un réseau a été créé, grâce auquel l'apprentissage s'est poursuivi et des initiatives collaboratives, ont émergé.

Toutes ces approches sont utiles et nécessaires, mais un autre changement important s'impose – et il s'agit d'une tâche difficile : les procédures des administrations forestières doivent changer. Une attention réelle accordée à la diversité humaine et écologique locale nécessitera deux changements, difficiles mais essentiels. Premièrement, les connaissances et la contribution possible des habitants ruraux devront être plus généralement reconnues et autorisées à influencer sur la prise de décision officielle. Ceci nécessitera un changement de comportement des représentants officiels et la consolidation des mécanismes de retour d'information au sein des administrations.

Deuxièmement, une plus grande souplesse et liberté d'essayer sera nécessaire, notamment pour le personnel sur le terrain. Une véritable capacité d'adapter les politiques exige la capacité d'expérimenter localement ; et les meilleurs enseignements sont parfois tirés des échecs. Les normes administratives doivent changer pour encourager l'expérimentation et accepter un échec occasionnel, afin d'atteindre les buts souhaités.

Encadré 4. Scénarios de l'avenir : apprendre ensemble comment planifier et préparer pour l'avenir (par Kristen Evans et Peter Cronkleton)

En Bolivie, les récentes réformes de décentralisation et de transfert des pouvoirs forestiers ont apporté aux communautés la possibilité d'acquérir le droit de propriété de leurs forêts et l'accès à davantage de ressources pour le développement communautaire, grâce à des processus locaux de planification. Toutefois, dans la région largement boisée de Pando, la population locale – les communautés et les représentants du gouvernement local – n'avait guère d'expérience de l'utilisation des méthodes de planification participative et était souvent en conflit sur la façon de gérer ensemble. Les communautés ont estimé que les représentants officiels étaient arrogants et corrompus, et ces derniers ont été déçus que les communautés soient incapables de soumettre des demandes pratiques et de négocier de façon raisonnable. Des chercheurs du CIFOR participant au projet de recherche *BMZ Poverty and Decentralization* ont proposé qu'ils mettent à essai des « scénarios de l'avenir » comme méthode de planification et de préparation pour l'avenir. Les scénarios de l'avenir sont fondés sur des ateliers, au cours desquels les participants aux intérêts divers peuvent se réunir pour anticiper, envisager et planifier pour l'avenir. Ces méthodes stimulent la réflexion et le dialogue entre acteurs – éléments essentiels de la planification participative et d'une collaboration productive – et suscitent l'intérêt d'une participation continue dans les processus de planification (Evans *et al.* 2008). Elles peuvent également aider les participants à penser à un avenir idéal, exprimer leurs espoirs et souhaits, les partager dans le cadre d'un groupe, et parvenir à un accord sur une vision commune (Wollenberg *et al.* 1999 ; Evans *et al.* 2006). A Pando, les premiers ateliers portant sur des scénarios de l'avenir ont eu lieu dans les communautés et des chercheurs du CIFOR en ont assuré la facilitation. Les membres de ces communautés ont établi une vision d'un avenir idéal pour leur communauté et l'ont soumise au gouvernement local. Quoique sceptique au début, à la deuxième soumission, le maire a réalisé que les méthodes pourraient être utiles comme mécanismes de planification équitable, transparente et inclusive. Il a demandé à ce que ces méthodes soient utilisées dans toutes les communautés, puis au niveau municipal comme processus officiel de planification participative. Les chefs locaux ont également reçu une formation de facilitateurs. Un processus municipal de planification plus productif, équitable, transparent et démocratique en a résulté ; les membres des communautés, ainsi que les représentants officiels locaux ont appris comment planifier et préparer ensemble leur avenir.



3 Les forêts tropicales pour l'adaptation

Les forêts tropicales procurent des services essentiels à diverses échelles, allant des communautés locales, au monde entier ; elles peuvent aussi contribuer à réduire la vulnérabilité de la société au changement climatique. C'est pourquoi elles doivent être incluses dans les politiques d'adaptation. Le rôle des services écosystémiques pour le bien-être humain, est présenté dans la section 3.1 et la contribution des forêts tropicales à l'adaptation de la société au changement climatique est décrite en détail dans la section 3.2. L'insertion des forêts dans les politiques d'adaptation est traitée dans la section 3.3.

3.1. Les services écosystémiques et le bien-être humain

Le concept des services écosystémiques

L'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire (2003) définit les services écosystémiques comme étant les bénéfices que les humains tirent des écosystèmes. Trois types de services écosystémiques contribuent directement au bien-être humain : les *services de prélèvement* (aussi appelés produits écosystémiques), comme les aliments et le bois de chauffage ; les *services de régulation*, comme la régulation de l'eau, du climat ou de l'érosion des sols ; et les *services culturels*, comme les services récréatifs, spirituels ou religieux. Outre ces trois types, les *services d'auto-entretien* représentent un quatrième type et comprennent les services qui sont nécessaires à la production d'autres services, comme la production primaire, le cycle des nutriments et la formation des sols (se référer à la Figure 3).

Les forêts tropicales recouvrent moins de 10 % de la superficie terrestre du monde, mais elles procurent d'importants services écosystémiques à diverses échelles, allant des services locaux (comme les produits forestiers non ligneux, la pollinisation et la

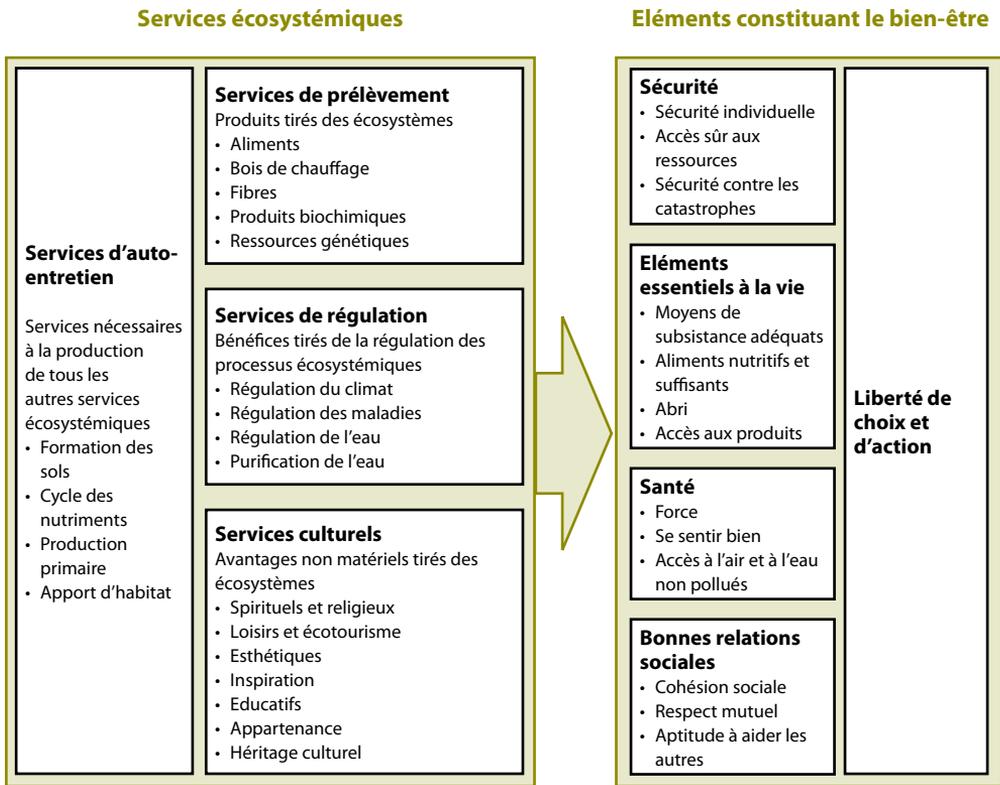


Figure 3. Exemples de services écosystémiques et leurs liens au bien-être humain (après l'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire 2003).

beauté du paysage) aux services mondiaux (comme la séquestration de carbone), en passant par les services régionaux (comme les services hydrologiques). La richesse biologique des forêts tropicales (50 à 90 % des espèces terrestres de la Terre) contribue à la provision de nombreux services écosystémiques (WRI *et al.* 1992).

Les forêts tropicales fournissent une diversité de produits aux populations locales, comme observé en Asie (Kusters et Belcher 2004), en Afrique (Sunderland et Ndoye 2004) et en Amérique latine (Alexiades et Shanley 2005). Sur le plan économique, le bois est actuellement un produit forestier de base important pour bon nombres de pays tropicaux. Le bois de chauffage est aussi important, notamment dans les pays en développement, où il répond à environ 15 % de leur demande en énergie – et à plus de 90 % dans 13 pays (Shvidenko *et al.* 2005). Les produits forestiers non ligneux sont extrêmement variés, allant du fourrage pour animaux, aux produits médicinaux et cosmétiques, en passant par les aliments pour les populations. Les moyens de subsistance de 250 millions à 1 milliard de personnes dépendent de ces produits (Byron et Arnold 1999). Les produits forestiers comestibles sont de la plus grande importance dans les pays en développement, par exemple, la viande de brousse et le poisson, qui sont des sources essentielles de protéines pour les populations locales

(Nasi *et al.* 2008). Les forêts tropicales produisent aussi des produits médicinaux traditionnels, couramment utilisés par les populations locales dans les pays en développement et pour la mise au point de médicaments (Shvidenko *et al.* 2005).

De nombreux services de régulation sont assurés par les forêts tropicales. Celles-ci jouent un rôle important dans la régulation du climat mondial, car elles séquestrent une large quantité de carbone, environ 212 milliards de tonnes dans la végétation (soit 45 % du carbone séquestré dans la végétation du monde) et 216 milliards de tonnes dans les sols jusqu'à une profondeur d'un mètre (soit 11 % du carbone dans les sols du monde) (Watson *et al.* 2000).

D'autres services de régulation sont locaux ou régionaux, comme la purification de l'eau, la modération des inondations et de la sécheresse, la détoxification et la décomposition des déchets, la production et le renouvellement des sols, la pollinisation des cultures et de la végétation naturelle, le contrôle des parasites, la dispersion de graines et la modération des températures extrêmes et de la force des vents et des vagues (Daily 1997). Ce qui importe particulièrement dans un contexte de changement climatique, c'est le rôle des forêts pour réguler l'eau en quantité et qualité. Même si les forêts ne sont pas une panacée pour toutes les difficultés associées à l'eau (comme la sécheresse dans les régions sèches ou les inondations à grande échelle), leur contribution à la protection du débit de base, à la réduction des débits lors d'averses, à la préservation de la qualité de l'eau, et à la réduction de la charge sédimentaire, a été constatée en de nombreux lieux (Chomitz et Kumari 1996 ; Calder 2002 ; Bruijnzeel 2004 ; Bonell et Bruijnzeel 2005 ; FAO et CIFOR 2005).

Pour de nombreuses communautés, les forêts tropicales ont une valeur spirituelle et religieuse et les modifications de leur écosystème peuvent affecter l'identité culturelle et la stabilité sociale (De Groot et Ramakrishnan 2005 ; Ramakrishnan 2007). D'autres services, liés à l'esthétique, les loisirs et l'héritage, sont appréciés par les populations locales, les visiteurs et les personnes pour qui l'écosystème a une valeur symbolique.

Les écosystèmes et le bien-être humain

Les services écosystémiques influent sur tous les aspects du bien-être présentés à la Figure 3 (Evaluation de l'écosystème du Millénaire 2005). Les services écosystémiques accroissent la sécurité des populations qui vivent à proximité – par exemple, grâce au rôle protecteur que jouent les services régulateurs contre les catastrophes naturelles. Les services écosystémiques sont directement liés aux revenus, à la sécurité alimentaire et à la disponibilité de l'eau, qui sont des éléments essentiels à la vie (Levy *et al.* 2005). La santé humaine est aussi liée aux forêts, comme l'ont montré bon nombre d'études et de synthèses (par exemple, Colfer *et al.* 2006 ; Colfer 2008). Les relations sociales

dépendent également des écosystèmes, grâce à leur aptitude à abriter des activités de contemplation ou de loisirs et à exprimer des valeurs culturelles associées à certains habitats ou espèces (Levy *et al.* 2005). Les services écosystémiques sont aussi liés à la liberté – la capacité de décider quel mode de vie mener. Citons comme exemple, la dégradation des services hydrologiques ou des ressources en bois de chauffage, qui peuvent accroître le temps que les populations locales passent à ramasser du bois et aller chercher de l'eau ; elles ont donc moins de temps à consacrer à l'éducation, à l'emploi ou aux loisirs (Levy *et al.* 2005).

De nombreuses études d'évaluation ont tenté de donner une valeur économique aux services écosystémiques, même quand ils n'ont aucune valeur marchande, à l'aide d'un grand éventail de méthodes (comme Costanza *et al.* 1997 ; Ludwig 2000 ; Farber *et al.* 2002 ; National Research Council 2004 ; Norton et Noonan 2007 ; Nijkamp *et al.* 2008). Des évaluations économiques ont été effectuées, afin de montrer les liens qui existent entre les écosystèmes et le bien-être humain, déterminer les écosystèmes importants, et éclairer la prise de décision sur la protection des écosystèmes (Bingham *et al.* 1995 ; Pritchard *et al.* 2000). Ces études ont montré combien les services écosystémiques étaient précieux à diverses échelles (comme Costanza *et al.* 1997 ; Pattanayak 2004).

La vulnérabilité des services écosystémiques

Les services écosystémiques sont menacés par diverses pressions humaines, autres que le changement climatique, comme le changement d'utilisation des terres, la fragmentation des paysages, la dégradation des habitats, la surexploitation des ressources, la pollution, le dépôt d'azote et les espèces envahissantes. Le changement climatique accentuera ces influences durant les décennies à venir (Fischlin *et al.* 2007). Les changements du climat auront des répercussions sur les espèces et les écosystèmes et entraîneront une diminution des services écosystémiques (Leemans et Eickhout 2004). La perte des services écosystémiques réduira le bien-être humain à toutes les échelles.

La dégradation croissante des écosystèmes est une préoccupation majeure pour le développement durable (Mäler 2008), et cette préoccupation s'avérera plus urgente à l'avenir, à mesure que les demandes des humains sur les services écosystémiques augmenteront (Evaluation des écosystèmes pour le Millénaire 2005). Les liens établis entre les forêts et la réduction de la pauvreté doivent être bien marqués dans les programmes de développement (Angelsen et Wunder 2003 ; Innes et Hickey 2006). Il est urgent d'inclure les services écosystémiques dans la planification afin de réaliser les divers objectifs de conservation et de se concentrer sur le bien-être humain (Egoh *et al.* 2007). Tous les niveaux institutionnels sont touchés par la perte des services écosystémiques, des ménages aux organismes nationaux et internationaux, en passant

par les communautés locales et les entreprises locales (Hein *et al.* 2006). Compte tenu du rôle des écosystèmes dans la régulation du climat mondial, les institutions internationales recherchent de plus en plus des solutions pour réduire la déforestation et la dégradation des forêts (voir Encadré 5).

Encadré 5. Vulnérabilité de la séquestration de carbone et les liens entre l'adaptation et l'atténuation

La vulnérabilité des écosystèmes au changement climatique entraîne d'importants impacts pour le système climatique, car il se peut que les changements écosystémiques relâchent du carbone dans l'atmosphère (amplifiant le réchauffement de la planète) ou retirent du carbone de l'atmosphère (réduisant le réchauffement de la planète). Ces réactions végétation-climat ont largement été étudiées, mais de nombreuses incertitudes demeurent (Canadell *et al.* 2004). A l'échelle mondiale, une concentration accrue de CO₂ atmosphérique, alliée à des saisons de croissance plus longues en haute altitude, pourraient provoquer une hausse de la productivité des écosystèmes, et donc une augmentation de l'absorption de carbone depuis l'atmosphère. Toutefois, l'ampleur de cet effet reste incertaine, car la disponibilité des éléments nutritifs pourrait être limitante, et le CO₂ a des effets secondaires sur les bilans hydriques et sur la composition des espèces (Fischlin *et al.* 2007). Dans les tropiques, les écosystèmes sont actuellement une source nette de gaz à effet de serre en raison de la déforestation. Cramer *et al.* (2004) ont utilisé des scénarios de climat et de la déforestation et estimé que les impacts du changement climatique et du déboisement ajouteraient entre 29 et 129 ppm de CO₂ dans l'atmosphère d'ici 2100, le déboisement étant responsable de la majeure partie de ces émissions. Pour les tropiques, certains modèles indiquent que la forêt de l'Amazonie pourrait se dégrader (Cox *et al.* 2004) ou que certaines régions de forêts tropicales pourraient devenir une source de carbone à cause de changements climatiques et du taux de CO₂, notamment en raison des contraintes dues à la sécheresse (Berthelot *et al.* 2002).

Des discussions internationales sont en cours en vue d'inclure la déforestation tropicale évitée dans le cadre du régime climatique international. Réduire les émissions causées par la déforestation et la dégradation des forêts (REDD) dans les pays en développement, est une mesure importante pour l'atténuation du changement climatique. Toutefois, la possibilité d'un mécanisme REDD pourrait être contrée par les impacts du changement climatique sur les forêts (Fischlin *et al.* 2007). De ce fait, la recherche d'options qui encouragent les synergies entre l'adaptation et l'atténuation, est justifiée (Nabuurs *et al.* 2007). De plus, les activités REDD pourraient influencer la vulnérabilité de la société à l'échelle locale ou régionale. La protection des services écosystémiques peut être bénéfique pour l'adaptation, mais des activités REDD mal conçues pourraient aussi priver les populations locales de leurs principaux moyens de subsistance. C'est pourquoi les impacts de l'atténuation sur l'adaptation sont d'une importance majeure. Il semble donc nécessaire d'encourager des synergies entre l'atténuation et l'adaptation dans la gestion des forêts et dans les secteurs qui dépendent des services écosystémiques forestiers (Murdiyarto *et al.* 2005 ; Klein *et al.* 2007 ; Ravindranath 2007).

3.2. Les forêts tropicales pour l'adaptation de la société

Les services écosystémiques et la vulnérabilité sociétale au changement climatique

Dans le cadre conceptuel pour comprendre les liens qui existent entre les services écosystémiques et le bien-être humain (Figure 3), de nombreux aspects du bien-être peuvent aussi être interprétés en lien avec la vulnérabilité au changement climatique. Par exemple, la sécurité et la sûreté individuelle a manifestement rapport à la vulnérabilité des êtres humains aux événements climatiques. Des moyens de subsistance adéquats et une bonne santé peuvent également déterminer la sensibilité et la capacité adaptative d'une population face au risque climatique.

Certains critères souvent utilisés dans les études quantitatives de la vulnérabilité sociale ont rapport au revenu, à la richesse, à l'éducation, à la santé, au capital social et aux réseaux, aux systèmes de protection, ou à l'accès à l'eau (comme dans Cutter *et al.* 2003 ; Sullivan et Meigh 2005 ; Eakin et Bojórquez-Tapia 2008). Ces critères de sensibilité ou de capacité adaptative des ménages, communautés ou pays sont manifestement liés aux services écosystémiques (Evaluation des écosystèmes pour le Millénaire 2003 et 2005).

Outre ces similarités entre les indicateurs de vulnérabilité et les éléments constituant le bien-être, nous proposons d'établir un lien entre les services écosystémiques et la vulnérabilité au changement climatique (référer à la Figure 4), à l'aide des aspects de vulnérabilité établis par le GIEC : exposition, sensibilité et capacité adaptative (se référer à l'Annexe, Figure 7, pour les définitions). Les services écosystémiques peuvent contribuer de diverses façons à réduire l'exposition, la sensibilité ou la vulnérabilité des systèmes socio-écologiques.

L'exposition d'un système au changement climatique peut être réduite à l'aide de politiques d'atténuation, dans lesquelles le service écosystémique de séquestration de carbone a un rôle à jouer (voir l'Encadré 5). Toutefois, les pratiques locales de séquestration du carbone n'auront pas un effet significatif sur l'exposition de la localité au changement climatique, car les activités de séquestration du carbone doivent être menées à l'échelle mondiale pour avoir des incidences sur l'atténuation. Les services écosystémiques locaux ou régionaux présentent davantage d'intérêt pour l'adaptation. Les services d'auto-entretien contribuent à la capacité adaptative d'un écosystème, car le cycle des nutriments et la production primaire sont d'importants éléments du fonctionnement, de la résistance et de la résilience de l'écosystème. Les services de régulation peuvent réduire la sensibilité d'un système socio-écologique les services de régulation de l'eau fournis par une forêt, par exemple, déterminent la réaction d'un bassin hydrographique aux précipitations. La vulnérabilité du système social

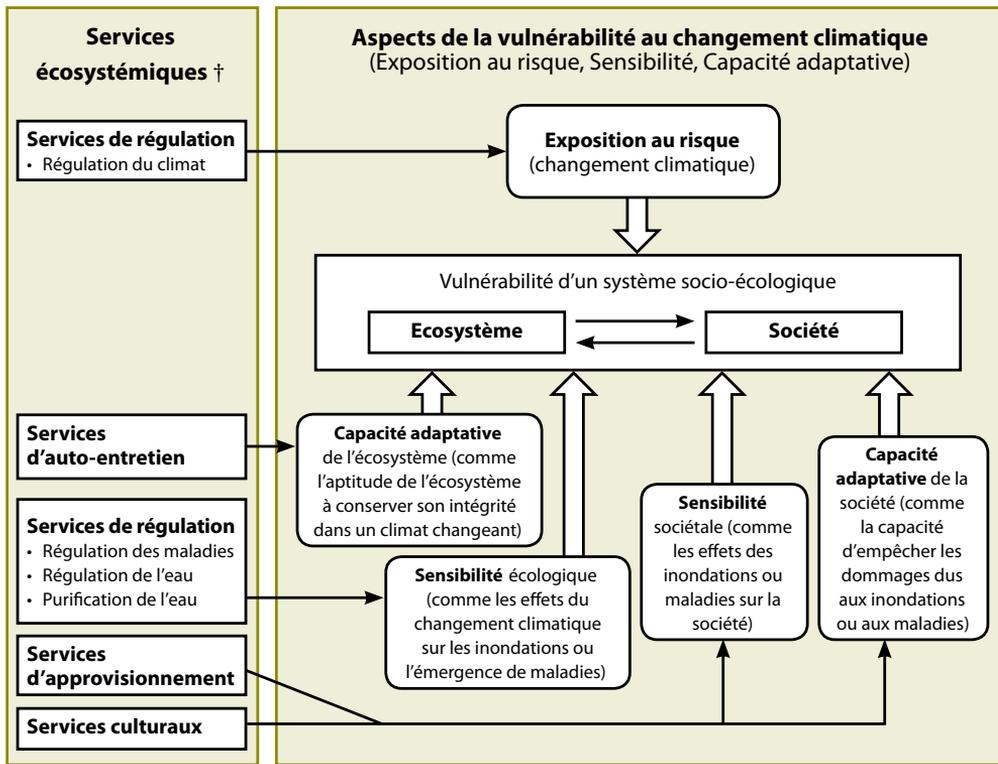


Figure 4. Les services écosystémiques et leurs liens à la vulnérabilité au changement climatique

† Se référer également à la Figure 3.

est également liée aux services de prélèvement ainsi qu'aux services culturels, car la nutrition, l'accès aux produits, la santé et la cohésion sociale contribuent à la sensibilité et à la capacité adaptative.

Tous les secteurs décrits par le GIEC (Parry *et al.* 2007) comme étant vulnérables au changement climatique, retirent un avantage des services écosystémiques (voir le tableau 2). La vulnérabilité de ces secteurs est influencée par la vulnérabilité des écosystèmes dont ils dépendent. Toutefois, la majorité des évaluations de la vulnérabilité utilisent une approche sectorielle, qui ne tient pas compte des liens entre secteurs et avec les écosystèmes. Nous avançons que, si les services écosystémiques présentent un intérêt à un secteur donné, l'évaluation de la vulnérabilité doit traiter en même temps des vulnérabilités des systèmes sociaux et écologiques et examiner les liens qui existent entre eux. Deux exemples de ces approches sont présentés ci-après et une application est montrée dans l'Encadré 6.

Tableau 2. Exemples de services écosystémiques présentant un intérêt aux secteurs vulnérables

Services écosystémiques	Secteurs vulnérables†					
	Ressources en eau douce	Ecosystèmes ‡	Aliments, fibres et produits forestiers	Systèmes côtiers et basses terres	Industrie, peuplement et sociétés§	Santé
<i>Prélèvement</i>						
Aliments			X		X	X
Bois, bois de chauffage, autres fibres			X		X	
Produits biochimiques et ressources génétiques			X		X	X
<i>Régulation</i>						
– Modération des inondations, glissements de terrain, érosion des sols, force des vagues et des vents	X	X	X	X	X	X
– Purification de l'eau, décomposition des déchets, contrôle des maladies	X	X	X		X	X
– Modération de la sécheresse et des températures extrêmes	X	X	X		X	X
– Pollinisation des cultures et des écosystèmes naturels, contrôle des parasites agricoles, dispersion des graines		X	X			X
– Régulation du climat mondial	X	X	X	X	X	X
<i>Culturels</i>					X	X

† Selon le GIEC (Parry *et al.* 2007).

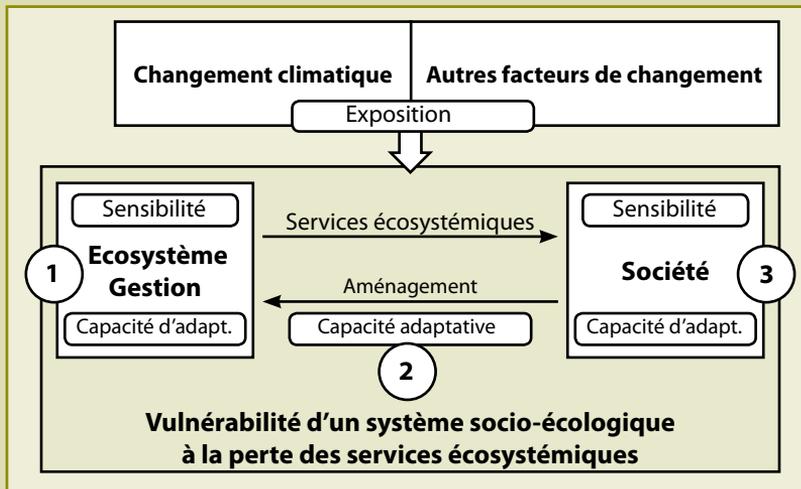
‡ Ecosystèmes en dehors des forêts qui fournissent des services.

§ Energie, transports, tourisme, assurance, etc.

Encadré 6. Critères pour évaluer la vulnérabilité des systèmes socio-écologiques

Les évaluations de la vulnérabilité fournissent des renseignements indispensables pour les responsables politiques qui ont besoin de donner un ordre de priorité aux initiatives d'adaptation (Luers *et al.* 2003). Les évaluations multicritères participatives sont efficaces quant à leur incidence sur la politique, car elles permettent aux responsables et aux acteurs locaux de participer à la détermination et à l'évaluation des critères (Mendoza et Prabhu 2005).

Un cadre général a été conçu par le projet TroFCCA (*Tropical Forest and Climate Change Adaptation* (Forêts tropicales et adaptation au changement climatique), CIFOR-CATIE, <http://www.cifor.cgiar.org/trofcca>) ; il est actuellement appliqué à des services écosystémiques variés dans divers contextes, comme les produits forestiers non ligneux (PFNL) en Afrique occidentale et les services hydrologiques en Amérique centrale. Ce cadre est volontairement large, car il doit servir de guide au débat durant son application dans des cas spécifiques (se référer à la Figure).



Le cadre conceptuel s'inspire des travaux de Tumer *et al.* (2003) et de Metzger *et al.* (2005) et souligne l'importance du rôle des services écosystémiques pour la société. Trois principaux groupes de critères y sont définis (se référer aux cercles dans la Figure). Le premier groupe (1) traite de la vulnérabilité des services écosystémiques au changement ou à la variabilité du climat, et d'autres expositions. Des critères relatifs à l'exposition et à la sensibilité au changement ou à la variabilité du climat, et relatifs à la capacité adaptative des écosystèmes (par exemple fonction de la dégradation ou d'autres pressions) peuvent entrer dans ce groupe.

Le deuxième groupe (2) traite du système humain et de sa vulnérabilité à la perte des services écosystémiques et d'autres expositions. La sensibilité du système (comme la dépendance sur les PFNL ou l'eau propre) et sa capacité adaptative (comme la disponibilité de substituts aux services perdus) peuvent servir de critères. Des facteurs extérieurs de changements, comme les politiques macroéconomiques ou les prix de l'énergie, doivent également être pris en compte.

Le troisième groupe (3) examine la capacité adaptative du système dans son ensemble. Il fait référence à la capacité des systèmes humains de réduire la perte des services écosystémiques. Des critères peuvent référer à la capacité de supprimer des pratiques qui augmentent les pressions exercées sur les écosystèmes et la capacité de mettre en œuvre l'adaptation des forêts.

Évaluer la vulnérabilité des systèmes socio-écologiques

Le projet ATEAM (*Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modelling*, (Analyse et modélisation avancées des écosystèmes terrestres) <http://www.pik-potsdam.de/ateam>) a élaboré une approche pour évaluer où les populations ou secteurs peuvent être vulnérables à la perte des services écosystémiques, en conséquence des changements du climat et d'utilisation des terres. Cette approche insiste sur le fait que la vulnérabilité sociétale au changement climatique découle des incidences sur les écosystèmes et leurs services (Metzger *et al.* 2005 et 2006).

Les systèmes de recherche et d'évaluation pour le programme de durabilité (*Research and Assessment Systems for Sustainability Program*) (<http://sust.harvard.edu>) ont élaboré un cadre théorique sur la vulnérabilité des systèmes socio-écologiques (Turner *et al.* 2003). Certains éléments essentiels examinés dans ce cadre sont: l'interdépendance entre la vulnérabilité humaine et biophysique, et la dynamique complexe des systèmes socio-écologiques.

Comme l'évaluation de la vulnérabilité doit examiner la vulnérabilité des secteurs conjointement avec la vulnérabilité des écosystèmes dont ils dépendent, il doit en être de même pour les politiques d'adaptation. Les mesures d'adaptation ne doivent pas se limiter aux actions techniques et socioéconomiques au sein du secteur, mais doivent être élargies afin d'examiner la gestion des écosystèmes comme option d'adaptation. Par exemple, une usine d'énergie hydraulique ou une installation d'eau potable qui encoure des problèmes d'envasement ou de qualité de l'eau pourrait participer à la gestion forestière en amont, au lieu d'investir dans des techniques de filtration ou de traitement. Les mesures politiques d'adaptation reliant les forêts à d'autres secteurs sont traitées dans la section suivante.

3.3. Intégrer les forêts tropicales dans les politiques d'adaptation

Des politiques d'adaptation sont nécessaires pour faciliter l'adaptation des forêts tropicales et renforcer le rôle des forêts pour l'adaptation de la société. La prise en compte des forêts tropicales dans les politiques d'adaptation doit poursuivre les deux objectifs suivants : premièrement, faciliter l'adaptation pour les forêts tropicales en encourageant la gestion adaptative des forêts ; et, deuxièmement, encourager les forêts tropicales pour l'adaptation en établissant un lien entre les forêts et les secteurs qui retirent un avantage de leurs services écosystémiques.

La nécessité d'intégrer l'adaptation des forêts dans les politiques

Comme mise en exergue dans les sections précédentes, l'adaptation technique et sociétale est nécessaire pour réduire la vulnérabilité des systèmes socio-écologiques au changement climatique. Malgré la nécessité bien mise en évidence d'une adaptation des forêts et des populations au changement climatique, des processus de politiques d'adaptation font encore défaut au niveau national. L'hésitation à concevoir des politiques et programmes d'adaptation est souvent liée au manque d'information, aux incertitudes concernant la direction du changement climatique et à une séquence d'inconnues. Elle est également associée aux préférences politiques visant à obtenir des gains économiques à court terme. Par impacts, les risques du changement et de la variabilité du climat n'ont pas suffisamment été incorporés aux stratégies nationales (Mortimore et Manvell 2006).

Il est clair que la gouvernance – avec ses structures, mécanismes et institutions – est un facteur clé de la capacité adaptative (Adger *et al.* 2004 ; Brooks *et al.* 2005), car elle établit le cadre dans lequel l'adaptation se produit ou là où l'adaptation est requise. Dans ce contexte, les politiques de développement et les structures de gouvernance nationales doivent permettre l'adaptation à des échelles multiples. C'est donc pourquoi nous devons prendre en compte l'adaptation dans les politiques, programmes et interventions de développement nationales, afin de réduire la vulnérabilité des systèmes écologiques et sociaux (Huq *et al.* 2003 ; DFID 2006 ; CCNUCC 2007 ; se référer à l'Annexe pour un débat sur les avantages et inconvénients d'une intégration de l'adaptation au développement).

La place des forêts dans les politiques d'adaptation

La nécessité de renforcer la place des forêts dans les politiques d'adaptation est évidente lorsqu'on examine les communications et plans d'action nationaux pour l'adaptation, préparés en vertu de la CCNUCC (se référer à l'Annexe pour une introduction aux communications et plans d'adaptation nationaux dans le cadre de la CCNUCC). Dans ces documents, le rôle des forêts pour l'adaptation et l'importance de l'adaptation pour les forêts n'ont pas bien été mis en évidence (CCNUCC 2008). Les forêts jouent un rôle secondaire (si elles en ont même un) dans les politiques d'adaptation (Kalame *et al.* 2009), malgré leur importance pour les modes de vie locaux et leurs liens avec les autres secteurs. Dans la majorité des cas, les forêts et la foresterie ne sont pas une priorité dans les Programmes d'action nationaux aux fins de l'adaptation (PANA). Il existe toutefois des exemples de stratégies d'adaptation qui incluent la foresterie : réduction des menaces du changement climatique grâce au boisement côtier au Bangladesh, prévention d'incendies de forêts au Samoa, conservation des bassins versants grâce au reboisement à Haïti, et plusieurs exemples en Afrique de l'Ouest (voir l'Encadré 7).

Encadré 7. Politiques de boisement et reboisement, et adaptation au changement climatique en Afrique de l'Ouest (par Fobissie Kalame)

L'Afrique de l'Ouest fait face à des sécheresses récurrentes et la désertification ou la dégradation des forêts et de l'environnement s'accélère, ce qui se traduit parfois par des sols, cultures et productivité forestière médiocres, par la famine et l'extrême pauvreté, augmentant de ce fait la vulnérabilité des écosystèmes et des communautés.

La majorité des gouvernements d'Afrique occidentale a agi contre la dégradation des forêts en élaborant des stratégies pour le boisement et le reboisement, avec deux objectifs : 1) procurer des services écosystémiques pour lutter contre la désertification et la dégradation de l'environnement, et 2) reconstituer les ressources forestières dégradées, dont les communautés locales dépendent (par les produits forestiers non ligneux, le bois d'œuvre ou le bois de chauffage).

Au Ghana, par exemple, la « Politique relative aux forêts et à la faune » de 1994 met l'accent sur la nécessité d'entamer des initiatives de reboisement, aux niveaux des secteurs public et privé et des communautés, afin de reconstituer les ressources forestières endommagées. De même, au Burkina Faso, le « Code de la foresterie » de 1997 décrit les zones dégradées à reboiser, boiser et régénérer, afin de protéger les forêts et l'environnement. Le projet « 8000 villages-8000 forêts » (1994–1997) et la « Campagne nationale de reboisement » (2003–2012) sont des exemples de programmes de reboisement à grande échelle au Burkina Faso.

La majorité des programmes de boisement/reboisement utilisent des espèces d'arbres polyvalents, à croissance rapide, résistants à la sécheresse et aux incendies. Des difficultés majeures existent encore au niveau de la mise en œuvre, sur les questions de participation locale et d'insuffisance des ressources humaines, matérielles et financières.

Même si elles ne sont pas estimées être des mesures d'adaptation au changement climatique, les activités de boisement/reboisement encouragées par les politiques forestières peuvent contribuer à réduire la vulnérabilité locale. Récemment dans certains pays (comme le Burkina Faso et le Mali), les PANA ont recommandé le boisement/reboisement comme mesure d'adaptation. De ce fait, les politiques forestières nationales doivent réaligner leurs objectifs en mettant clairement l'accent sur l'adaptation au changement climatique (Kalame *et al.* 2009).

Dans les PANA et les communications nationales présentés à la CCNUCC, les besoins d'adaptation identifiés dans le secteur forestier ont rapport à l'adaptation technique (comme les systèmes d'information pour les inventaires forestiers) et sociétale (comme le renforcement des capacités pour les organismes communautaires et nationaux). Les activités proposées ont souvent rapport à une meilleure commercialisation – par exemple, celle des produits forestiers non ligneux (PFNL) – et au réexamen ou à la mise en place de nouveaux plans de gestion et de conservation des forêts. Selon la majorité des communications et plans d'action nationaux pour l'adaptation, le manque de capacité humaine et financière est un obstacle au succès de l'adaptation.

Pour répondre aux problèmes identifiés, un ensemble de politiques est proposé dans les PANA et les communications nationales, avec des instruments réglementaires (comme la révision des lois forestières en vigueur, la mise en application des lois pour la protection et la conservation des forêts), économiques et incitatifs (comme les instruments de marché pour les PFNL, les paiements pour les services écosystémiques des forêts, les taxes), et d'information (comme la formation pour les organismes publics et les utilisateurs des forêts). L'accent est mis sur les instruments réglementaires et d'information, avec divers modes de gouvernance (hiérarchies, marchés et réseaux) et structures de gouvernance (traditionnelles, ascendantes, cogestion, décentralisées, centralisées, privées) dans lesquelles l'adaptation devrait être appliquée.

Les politiques nationales d'adaptation proposent souvent des instruments politiques traditionnels, sans étudier les « enseignements tirés » des échecs antérieurs dans les secteurs forestiers. D'autres facteurs peuvent également expliquer pourquoi les politiques d'adaptation n'ont toujours pas réussi à renforcer l'adaptation et à intégrer les forêts, malgré les efforts déployés dans les communications nationales et les PANA.

Premièrement, les approches réglementaires n'ont souvent mené à rien, en raison des lacunes dans la mise en œuvre et l'exécution des lois dans le contexte politique et institutionnel souvent faible des pays en développement. Le transfert des ressources forestières à l'échelle locale a également connu des obstacles majeurs (Agrawal et Ribot 1999 ; Colfer 2005 ; Ribot *et al.* 2006 ; Tacconi 2007). Dans son ouvrage sur l'histoire de la gestion des forêts en Afrique de l'Ouest, Ribot (2001) a montré que, même sous un gouvernement décentralisé, la gestion des forêts et ses bénéfices pouvaient rester centralisés, si la participation locale se limitait à des responsabilités sans droits. Les acteurs et structures à d'autres niveaux (comme les bailleurs de fonds) semblent aussi confirmer la gestion centralisée en acceptant le monopole du gouvernement sur la détermination de la bonne façon de gérer et d'utiliser les forêts, et niant donc les droits locaux et en limitant le développement d'une capacité adaptative locale (Ribot 2001).

Deuxièmement, des liens sont rarement établis entre les politiques d'adaptation et autres processus et enjeux politiques, comme les réformes foncières, les droits de propriété et l'accès aux ressources naturelles, alors que les droits et le foncier sont des caractéristiques clé pour la gouvernance des forêts et la capacité adaptative (Agrawal *et al.* 2008). Il se peut que la complexité de l'arène politique des forêts et de l'adaptation contribue à l'insuffisance de liaisons entre les forêts et l'adaptation.

Enfin, et peut-être le plus important, la coordination horizontale et verticale fait défaut parmi les institutions qui prennent part à la conception des politiques d'adaptation, souvent déconnectées de l'échelle locale où l'adaptation devrait avoir lieu (Agrawal 2008 ; Brockhaus et Kambire 2009).

Les échecs et insuffisances de la gouvernance des forêts pour leur gestion durable – constatés par le passé, même sans le changement climatique et la nécessité d’adaptation qui en résulte – ne sont toujours pas prises en compte dans les politiques nationales d’adaptation ; ceci peut rendre encore plus vulnérables les forêts et les populations et secteurs qui en sont tributaires.

De ce fait, des approches innovatrices sont nécessaires pour des politiques d’adaptation qui encouragent la gestion adaptative des forêts, et des politiques qui engagent les autres secteurs bénéficiant des services écosystémiques des forêts dans l’adaptation de celles-ci.

Politiques facilitant l’adaptation pour les forêts

Les politiques nationales pour faciliter l’adaptation des forêts au changement climatique doivent poursuivre des objectifs multiples. Premièrement, elles doivent réduire les menaces non climatiques menaçant les forêts, comme le changement d’utilisation des terres, la fragmentation ou la dégradation causée par des pratiques d’exploitation non durables. La suppression de politiques de mauvaise adaptation va dans cette direction et vise à déterminer quels instruments politiques augmentent la vulnérabilité des forêts, par exemple des mesures d’incitation aux biocarburants ou autres cultures en concurrence avec les forêts. Deuxièmement, les politiques doivent encourager une prise de décision à grande échelle pour la gestion des forêts ou, d’une manière plus générale, la biodiversité. Des approches paysage sont nécessaires pour concevoir et mettre en œuvre des mesures d’adaptation des forêts (Hansen *et al.* 2003). Troisièmement, les politiques de conservation doivent clairement intégrer le changement climatique en tant que facteur de changement (Hannah *et al.* 2002 ; Killeen et Solórzano 2008). Par exemple, la conception de systèmes nationaux d’aires protégées et des corridors biologiques doit tenir compte de la vulnérabilité de l’écosystème protégé et du rôle des corridors pour faciliter la migration d’espèces dans des scénarios de changement climatique (IUCN 2003). Quatrièmement, les politiques doivent essayer d’encourager l’échange d’information sur l’adaptation des forêts et mettre en place des systèmes de suivi des impacts du changement climatique sur les forêts. Le public doit être inclus comme cible pour la dissémination de l’information et la sensibilisation. Cinquièmement, les politiques forestières doivent encourager les partenariats dans le secteur de la foresterie au sens large (les acteurs forestiers locaux, le secteur forestier privé, les agences forestières gouvernementales, les chercheurs forestiers en sciences naturelles et sociales, les ONG chargées du développement et de la conservation, les agences internationales traitant des questions de foresterie). Sixièmement, comme les options d’adaptation à l’échelle locale sont souvent limitées par les capacités financières et institutionnelles (Agrawal 2008), les politiques doivent avoir l’objectif de renforcer les institutions locales à l’aide du renforcement des capacités et de financements.

De nombreux obstacles peuvent être rencontrés sur la voie menant à la mise en œuvre de ces politiques, comme l'expérience l'a montré par le passé. Les menaces du changement climatique peuvent toutefois être un catalyseur pour parvenir à une meilleure gestion ou une meilleure conservation des forêts, notamment si les acteurs qui bénéficient des services écosystémiques des forêts à diverses échelles, participent au processus.

Politiques encourageant les forêts pour l'adaptation

Comme mis en exergue plus haut, les services écosystémiques des forêts contribuent considérablement aux modes de vie des populations locales, au développement national et régional, et à la communauté internationale. Les secteurs tributaires des services écosystémiques des forêts ne participent pas actuellement à l'adaptation des forêts. La gestion des ressources naturelles est souvent assurée par des acteurs qui n'ont guère de liens (voire même aucun) avec ceux qui retirent un avantage des services écosystémiques ou qui subissent les impacts de la perte des services écosystémiques. Dans la gestion des bassins hydrographiques et des zones côtières, les secteurs ou acteurs qui bénéficient de la qualité de l'eau provenant des forêts en amont ou de la protection contre les tempêtes grâce aux mangroves, doivent participer à la prise de décision et à la gestion des écosystèmes (voir l'Encadré 8).

Dans une perspective allant de l'échelle mondiale à l'échelle locale, un grand nombre d'institutions et de secteurs sont concernés par l'adaptation des forêts : entre autres, les fonds internationaux pour l'adaptation (se référer à l'Annexe), les fonds pour l'atténuation et les mécanismes pour la protection du carbone séquestré dans les forêts, les fonds internationaux pour la biodiversité, les agences nationales engagées dans la prévention de catastrophes ou la réduction de la pauvreté, les ONG chargées de la conservation et du développement, le secteur privé bénéficiant de la beauté des paysages ou de la biodiversité pour l'écotourisme ou de l'eau propre à des fins industrielles, et les utilisateurs locaux de l'eau et des produits forestiers. Les politiques d'adaptation doivent viser à établir un lien entre ces acteurs et ceux engagés dans la gestion ou la conservation des forêts. La participation d'acteurs non forestiers peut prendre diverses formes, comme la participation à la prise de décision, le renforcement des capacités, le suivi et le financement.

La contribution financière des acteurs non forestiers à la gestion adaptative des forêts, est essentielle. Des instruments incitatifs, comme les paiements pour des services environnementaux (PSE), peuvent avoir un effet positif sur les initiatives de conservation et de gestion durable, et contribuer à l'adaptation des forêts et des utilisateurs des services écosystémiques. Toutefois, les PSE font également face à des difficultés relatives à l'évaluation de services, à la définition des paiements (montants

Encadré 8. Prise en compte des forêts dans les politiques d'adaptation et de développement aux Philippines (par Rodel Lasco)

Peu de considération a été accordée à une stratégie globale d'adaptation au changement climatique et à ses diverses options pour des forêts aux Philippines. La première Communication Nationale (*Initial National Communication*) des Philippines (1999) contient des options d'adaptation pour les bassins hydrographiques, qui s'appliquent en partie aux forêts. Il s'agit principalement de politiques réglementaires qui régissent l'utilisation et la conservation des ressources forestières aux Philippines.

La gestion des bassins hydrographiques, la conservation des forêts et une plus grande participation des communautés locales, pourraient aider l'adaptation au changement climatique. La protection des forêts existantes par exemple, leur permet de s'adapter naturellement à un nouveau climat. Une plus grande participation des communautés locales pourrait minimiser les coûts de l'adaptation (qui incombent aux agences publiques). Toutefois, le changement climatique n'est pratiquement pas pris en compte dans le processus de planification du gouvernement pour les ressources forestières. La préoccupation la plus urgente consiste à sauvegarder les forêts restantes contre l'exploitation humaine – danger imminent.

Compte tenu de ces lacunes, des initiatives aux Philippines mettent en valeur l'importance des médiateurs et catalyseurs dans l'arène des politiques du changement climatique et de l'adaptation, ainsi que la nécessité d'établir un lien entre les structures de gouvernance locales et les processus nationaux et mondiaux pour soutenir la prise en compte de l'adaptation et des forêts : le Centre international pour la recherche en agroforesterie (ICRAF), en association avec Luntiang Pilipinas (*Green Philippines*, organisation dans l'ensemble du pays, présidée par Loren Legarda, sénateur d'influence et environnementaliste actif), et financé initialement par GTZ, a lancé le Programme *Trees for Life* (les arbres pour la vie) en 2008. Ce programme est conçu pour promouvoir les arbres et l'agroforesterie pour l'adaptation au changement climatique et à son atténuation dans l'ensemble du pays, en ayant pour cible les unités gouvernementales locales (UGL). Un objectif clé du programme est d'accroître la sensibilisation et la capacité des UGL et des ONG dans l'ensemble du pays, quant à l'utilisation des arbres et de l'agroforesterie pour encourager l'adaptation au changement climatique et son atténuation, et ce, en reconnaissance du rôle que jouent les arbres et l'agroforesterie pour renforcer la capacité d'adaptation des agriculteurs au changement climatique.

De plus, en août 2008, le Sénateur Legarda a déposé un projet de loi au Sénat des Philippines, intitulé « Une loi accordant une place importante à l'adaptation au changement climatique » (*An Act Mainstreaming Climate Change Adaptation*), dont une des dispositions est la promotion des forêts et de la plantation d'arbres pour l'atténuation du changement climatique et son adaptation.

et types : monétaires ou en nature), à l'identification d'acheteurs et de vendeurs (privés, publics), aux procédures, aux institutions et à la gouvernance (Wunder, 2005). Même si des expériences des PSE spécifiquement pour l'adaptation n'ont pas été mises en évidence, cet instrument peut rendre possible un financement innovateur des mesures d'adaptation intégrant la conservation des forêts, une gestion adaptative, ou le reboisement et le boisement.

Quelles institutions ?

Outre la nécessité de réviser les politiques nationales de développement pour réaliser les deux objectifs (l'adaptation pour les forêts et les forêts pour l'adaptation), et celle d'adopter de nouvelles politiques spécifiquement pour ces objectifs, les structures actuelles de gouvernance doivent évoluer pour permettre à ces politiques d'être mises en œuvre avec succès.

La prise en compte des forêts dans les politiques d'adaptation nécessite des approches intersectorielles. Toutefois, l'intégration de ces politiques dans tous les secteurs reste un enjeu (Adger *et al.* 2005b). En vue de surmonter les obstacles que posent la conception et la mise en œuvre de politiques et processus adaptatifs, les institutions ont besoin de se pencher sur les communications réciproques entre les échelles, sans fragiliser la capacité de chaque échelle à s'organiser individuellement (Cash *et al.* 2006 ; Lebel *et al.* 2006). Toutefois, les relations de pouvoir non équilibrées dans les réseaux et institutions, peuvent perturber la gestion durable des ressources naturelles à une échelle locale et faire obstacle au changement en faveur de l'adaptation ; par exemple, lorsqu'un pouvoir est exercé pour conserver le *status quo* (Adger *et al.* 2005a, b ; Paavola et Adger 2006 ; Armitage 2008).

Il est également nécessaire de former des institutions adaptatives, flexibles et capables d'apprendre à toutes les échelles, afin de répondre à la dynamique non linéaire des ressources naturelles et des systèmes humains (Folke *et al.* 2005). Pour réaliser cet objectif, l'attention doit être tournée vers le renforcement des capacités et l'apprentissage. Les caractéristiques de la gouvernance et des capacités individuelles, organisationnelles ou communautaires, déterminent le succès de l'adaptation au changement climatique, et l'apprentissage et l'adaptabilité sont considérés comme en étant les principales caractéristiques pour l'adaptation (Pelling et High 2005). L'importance des connaissances, de l'apprentissage partagé et de la réflexion, considérés comme étant des caractéristiques clé pour la capacité adaptative, est confirmée dans des ouvrages plus généraux sur le changement hors du débat sur le climat, comme ceux ayant trait à la gestion adaptative des forêts (Colfer 2005 ; Armitage 2008). Les réseaux, l'action collective et le capital social inhérent sont également des facteurs clé pour faire face au changement et parvenir à une gestion durable des ressources

naturelles (Adger 2003 ; Tompkins et Adger 2004 ; Pelling et High 2005). L'appui et le renforcement de ces caractéristiques de gouvernance peuvent être une façon de progresser vers la réalisation d'une gouvernance adaptative des forêts dans le cadre du changement climatique, comme Boyd (2008) l'a montré pour la forêt amazonienne.

Le rôle de la science appropriée pour les politiques

La science doit jouer un rôle fondamental dans la prise en compte des forêts dans les politiques d'adaptation, car elle peut éclairer les responsables de l'élaboration des politiques sur la façon d'évaluer les vulnérabilités, déterminer les options d'action et concevoir des stratégies d'adaptation. L'évaluation des vulnérabilités doit donner priorité aux lieux ou secteurs les plus vulnérables et montrer comment l'adaptation des forêts peut contribuer à réduire la vulnérabilité des acteurs non forestiers.

Etablir un dialogue science-politique est essentiel. Les résultats de la recherche doivent être traduits dans un langage approprié à la politique et placés dans le contexte politique. Toutefois, il a été souvent observé que l'élaboration des politiques n'est pas toujours basée sur la recherche et s'appuyant sur des preuves. De plus, la recherche scientifique ne répond pas toujours aux critères, de recherches de solutions et de production de résultats au moment opportun pour les politiques (Sutcliffe et Court 2006).

Afin de réaliser ce dialogue science-politique et de concevoir une bonne politique d'adaptation, les chercheurs doivent analyser les structures et orientations dans un contexte institutionnel spécifique pour déterminer les politiques réalisables et appuyer les processus de changement et d'adaptation. Une approche appropriée doit permettre de travailler simultanément sur ces deux obstacles clés dans ce dialogue science-politique – science inappropriée et processus de politiques mal adaptatifs. Un cadre de recherches en politiques réunissant les acteurs et les réseaux politiques, doit permettre d'analyser le contenu et la structure d'arènes de prise de décision. Ce cadre doit considérer des activités de recherche biophysiques et socioéconomiques, afin d'éclairer activement le processus même de politique (se référer à l'exemple dans l'Encadré 9).

L'analyse de réseaux permet d'identifier les lieux d'interactions entre acteurs politiques et de comprendre les obstacles structureaux. Les médiateurs identifiés peuvent aider à réduire les contraintes institutionnelles (voir l'Encadré 10). La science même fait fonction de médiateur en politiques, et les réseaux scientifiques dans une région déterminée peuvent mettre à profit ces possibilités, pour que les résultats de la recherche soient convertis en politique.

Encadré 9. Un cadre de recherche en politiques sur les acteurs, la prise de décision et les réseaux de politiques

Dans le projet TroFCCA (*Tropical Forests and Climate Change Adaptation* <http://www.cifor.cgiar.org/trofcca>), les activités de recherche en politiques sont fortement axées sur les capacités adaptatives des acteurs participant aux processus d'élaboration et de prise de décision des politiques sur l'ensemble des échelles et des secteurs, qui présentent un intérêt aux forêts et à l'adaptation au changement climatique. Ce cadre consiste en une approche couplée socio-écologique, où trois phases de recherche en partie simultanées sont appliquées.

1^e Phase – Détermination de l'exposition et la sensibilité d'un système: la recherche biophysique sur les écosystèmes des forêts et leurs services affectés par le changement climatique est couplée à la recherche sur le système social affecté par le changement climatique, directement et indirectement, par des changements dans la provision de ces services.

2^e Phase – Détermination de la capacité adaptative du système : le cadre institutionnel et politique est étudié par le biais du contenu de la politique et une analyse des acteurs (perceptions, sensibilisation au risque, systèmes de valeurs, capacité d'apprentissage individuel et organisationnel, préférences politiques), y compris une analyse des réseaux d'acteurs dans l'arène politique pour les forêts et l'adaptation (réseaux d'information et d'influence).

3^e Phase – Contribution à renforcer la place de l'adaptation et des forêts en déterminant les options d'adaptation et en soutenant la conception des stratégies d'adaptation.

Les deux premières phases facilitent la conception de stratégies d'adaptation avec les acteurs et la prise en compte de l'adaptation dans les politiques de développement.

Les premiers résultats provenant du Burkina Faso, du Costa Rica, de l'Indonésie, du Mali et des Philippines, confirment que plusieurs activités peuvent aider à déterminer des voies réalisables pour prendre en compte l'adaptation dans la politique et, simultanément, susciter une amélioration de la capacité adaptative. Ces trois activités sont :

- l'analyse des structures et du contenu de l'arène des politiques
- la détermination des médiateurs et passerelles, des groupes et coalitions actuels
- la compréhension des points de vue des acteurs.

La complexité des processus de changement, avec de multiples déterminants externes et internes, ne se prête pas à des réponses simplistes fondées sur de simples causalités. Comprendre la complexité du changement climatique, des services écosystémiques des forêts et l'adaptation, est un défi tant pour la science que pour les responsables politiques et la société civile (voir l'Encadré 11). D'autres efforts doivent être déployés par tous acteurs nationaux et régionaux pour mettre en œuvre des politiques d'adaptation efficaces.

Encadré 10. L'énergie hydroélectrique, les forêts et l'adaptation au Costa Rica : soutenir les processus de prise de décision adaptatifs *(par Raffaele Vignola)*

La production hydroélectrique est une priorité du développement au Costa Rica et est extrêmement vulnérable aux impacts du changement climatique. Une étude de cas dans le bassin hydrographique du Reventazon montre que l'augmentation des périodes d'extrêmes précipitations va accélérer l'érosion et, par conséquent, l'envasement des barrages qui sont essentiels à la génération d'énergie hydroélectrique. Dans ce contexte, la gestion actuelle inappropriée des hautes terres pentues menace d'accroître le budget déjà élevé (plus de 4 millions de dollars US par an) affecté au maintien d'un volume utile approprié pour la production d'énergie hydroélectrique.

Les politiques actuelles sont inadéquates pour mettre à exécution un programme de gestion durable des sols et maintenir et renforcer les services assurés par les forêts. En effet, le paiement pour services écosystémiques ne couvre pas tous les usages du sol, dont l'agriculture, et ne parvient donc pas à contrôler de manière significative l'érosion.

En vue d'établir des institutions innovatrices pour financer et gérer les services écosystémiques de protection des sols, nous avons tout d'abord dû comprendre le contexte biophysique et caractériser les scénarios possibles. Dans un même temps, nous avons caractérisé les intérêts, objectifs et contraintes des acteurs, puis utilisé des scénarios pour structurer un processus de décision. De plus, en analysant le rôle et la position de divers acteurs dans les réseaux d'information, nous avons pu déterminer les acteurs clé pour catalyser l'adoption de solutions.

Encadré 11. Le rôle de la science dans la coordination et le soutien aux processus adaptatifs en Afrique de l'Ouest (par Houria Djoudi, Hermann Kambire et Maria Brockhaus)

Les premiers résultats d'une étude en cours des réseaux des politiques au Burkina Faso, indiquent que les informations ne circulent pas entre les agences nationales de coordination pour l'adaptation et les structures de gouvernance régionales. De plus, aucune coordination horizontale pour l'adaptation et les forêts n'existe au niveau national ou au niveau local, et les institutions locales (institutions élues, coutumières et organismes publics, comme les services de vulgarisation) sont souvent déconnectées. Des opportunités – comme le processus de décentralisation et le transfert des ressources forestières à l'échelle locale – restent inexploitées pour soutenir des initiatives d'adaptation à l'échelle locale (Brockhaus et Kambire 2009).

Un atelier sur la gouvernance locale, les forêts et les capacités adaptatives dans une municipalité du sud-ouest au Burkina Faso, avec des participants d'échelles diverses, a établi une tribune pour les connaissances et l'apprentissage partagés sur les forêts et l'adaptation au changement climatique. Des efforts sont actuellement déployés pour contribuer à une coordination verticale de l'adaptation, ainsi qu'un soutien pour la gouvernance locale et la coordination horizontale dans les processus de prise de décision sur l'adaptation et les forêts. Toutefois, le contexte institutionnel peut faire obstacle à une adaptation réussie en raison d'un manque de capacités et de structures pour l'apprentissage, et un manque de connaissances (mis en évidence durant cet atelier et d'autres, au Burkina Faso et au Mali). Une recherche comparative dans deux municipalités au Burkina Faso a montré que différentes compréhensions du cadre de gouvernance par les individus impliquent différentes actions d'adaptation. Des réalités institutionnelles déconnectées à divers niveaux, et les avantages et inconvénients perçus parmi les secteurs peuvent causer une marginalisation des régions, secteurs et parties de la population (Brockhaus et Kambire 2009).

Une recherche en cours sur l'adaptation à l'interface des services écosystémiques des forêts avec les systèmes d'élevage au Mali, montre les difficultés rencontrées pour une adaptation réussie dans les régions éloignées et les régions sans représentation publique, notamment dans un contexte où les programmes et les interventions de développement n'ont toujours pas pris en compte le changement climatique et n'ont pas accordé une place importante à l'adaptation dans la conception des projets (Brockhaus et Djoudi 2008). Dans ces circonstances, ces interventions peuvent contrecarrer et neutraliser les stratégies et initiatives d'adaptation locales actuelles. C'est pourquoi une approche de recherche intégrée est appliquée, là où la science peut relier les échelles nationale et locale.



4 Conclusions

- Comme les forêts tropicales sont vulnérables au changement climatique, les pratiques de gestion et de conservation doivent intégrer les menaces qu'il pose et viser à réduire cette vulnérabilité. Des options d'adaptation ont déjà été déterminées pour protéger les forêts contre les perturbations ou pour faciliter une transition ou évolution des forêts vers de nouveaux états adaptés aux conditions climatiques. Des approches flexibles et diversifiées pour l'adaptation des forêts sont d'autant plus nécessaires compte tenu des incertitudes.
- Les forêts tropicales fournissent d'importants services de prélèvements, de régulations et culturels qui contribuent au bien-être humain, à des échelles allant de la population locale au monde. La dégradation croissante et la capacité décroissante des écosystèmes à offrir des services sont des préoccupations majeures pour le développement durable et la vulnérabilité de la société au changement climatique, car les services éco-systémiques aident à réduire l'exposition ou la sensibilité et à accroître la capacité adaptative de la majorité des secteurs de la société. Par conséquent, l'évaluation de la vulnérabilité doit tout autant tenir compte de la vulnérabilité de ces secteurs que de la vulnérabilité des écosystèmes dont ils sont tributaires.
- Il est nécessaire de mettre en œuvre des mesures d'adaptation et de concevoir des politiques pour faciliter l'adaptation des forêts tropicales et renforcer le rôle des forêts pour l'adaptation de la société. Outre l'intégration de l'adaptation dans le développement, les forêts ont besoin d'être prises en compte dans les stratégies d'adaptation. Les politiques nationales doivent promouvoir l'adaptation pour les forêts – politiques d'adaptation qui encouragent la gestion adaptative des forêts. En même temps, elles doivent promouvoir les forêts pour l'adaptation – en reconnaissant le rôle qu'elles jouent à réduire la vulnérabilité sociétale et en incluant les secteurs qui tirent des avantages des services écosystémiques forestiers

dans l'adaptation des forêts (notamment, en faisant participer ces secteurs dans la planification et la mise en œuvre de l'adaptation des forêts).

- Intégrer les forêts dans les politiques d'adaptation exige des approches intersectorielles ; toutefois, le développement de politiques intersectorielles d'adaptation pose encore des difficultés. Pour parvenir à l'adaptation sur l'ensemble des échelles et secteurs, des institutions adaptatives, souples et capables d'apprentissage sont nécessaires à toutes les échelles, afin de répondre à la dynamique non linéaire des ressources naturelles et des systèmes humains. Un certain nombre de modifications institutionnelles seront nécessaires. A tous les niveaux, les gestionnaires ont besoin de comprendre les mécanismes qui permettent à la population locale d'adapter leurs propres systèmes. La mise en œuvre de l'adaptation des forêts ne doit pas partir de zéro, mais doit être fondée sur la diversité des expériences qui ont visé à mettre en place une gestion adaptative et collaborative, reconnaissant que des liens et un soutien mutuel d'un niveau à l'autre sont nécessaires. Pour réussir à intégrer les forêts dans les politiques d'adaptation, la science doit jouer un rôle fondamental dans cette arène politique.



Annexe : Comprendre l'adaptation

Cette annexe présente des informations générales sur les scénarios de climat (section A.1), définit les notions de vulnérabilité (A.2) et d'adaptation (A.3), et décrit les politiques et fonds internationaux pour l'adaptation (A.4).

A.1. Scénarios de changement climatique dans les tropiques

Dans la série chronologique de 1850 à 2005, le relevé des températures mondiales à la surface des terres et des mers indique que la température moyenne a tendance à augmenter (voir la Figure 5) (Brohan *et al.* 2006). Parmi les années les plus chaudes de la série, douze sur treize sont entre 1995 et 2007, et il est *fort probable*⁴ que les dix premières années 2000 seront plus chaudes que les années 90, la décennie complète la plus chaude de la série. De 1850-1899 à 2001-2005, la hausse de température totale s'élevait à $0,76 \text{ °C} \pm 0,19 \text{ °C}$ (GIEC 2007). D'après le quatrième rapport d'évaluation du GIEC (GIEC 2007), il est *fort probable* qu'une concentration accrue de gaz anthropogéniques à effet de serre (GES) soit la cause du réchauffement au 20^e siècle. Compte tenu des tendances de développement et des politiques d'atténuation du changement climatique, les émissions de GES mondiales continueront d'augmenter pendant plusieurs décennies. Les modèles climatiques prédisent une moyenne de réchauffement d'environ $0,2 \text{ °C}$ tous les dix ans, jusqu'au milieu des années 2020, pour un ensemble de scénarios d'émissions (GIEC 2007).

⁴ Suite au quatrième rapport d'évaluation du GIEC (GIEC 2007), les expressions suivantes ont été utilisées pour indiquer la possibilité de l'événement : Pratiquement certain >99% de l'événement, Extrêmement probable >95%, Fort probable >90%, Probable >66%, Plus que moins probable >50%, A peu près aussi probable que non 33 à 66% probabilité, Improbable <33%, Fort improbable <10%, Extrêmement improbable <5%.

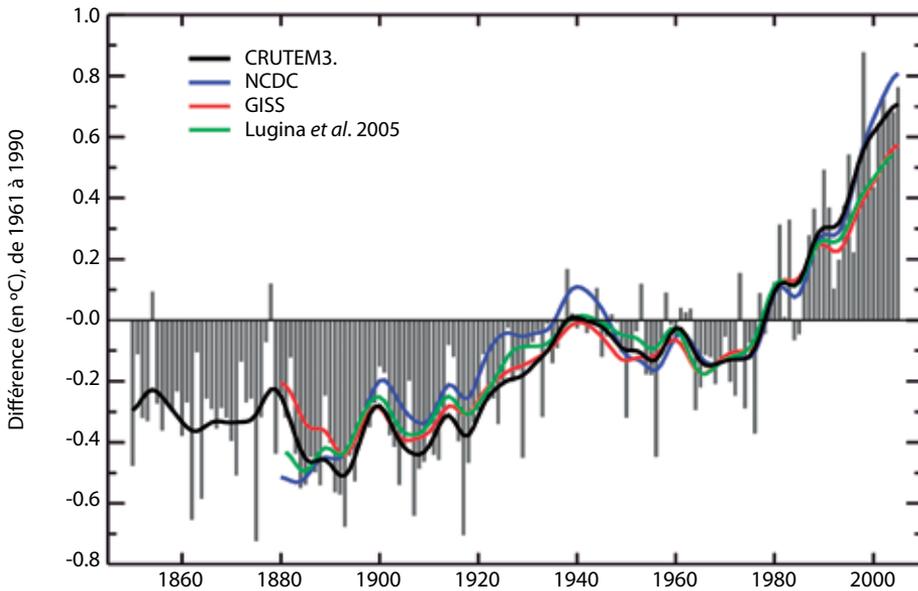


Figure 5. Anomalies annuelles de la température mondiale de l'air à la surface des terres, de 1850 à 2005, relative à la moyenne 1961-1990 pour le jeu de données CRUTEM3 (mise à jour d'après Brohan *et al.* 2006). Les courbes montrent les variations décennales dans divers jeux de données (Trenberth *et al.* 2007).

Prédire le climat à venir est nécessaire pour en évaluer les impacts sur les systèmes environnementaux, économiques et sociaux, et leur vulnérabilité. Le climat à venir dépend en majeure partie des émissions de GES, elles-mêmes tributaires de nombreux facteurs incertains, comme la démographie, la consommation, la technologie, les politiques et le comportement envers l'environnement. Pour cette raison, les tendances climatiques à venir sont simulées à l'aide d'estimations des conditions socioéconomiques futures plausibles et des émissions de GES qui s'y rapportent. Les modèles climatiques numériques complexes, qui représentent les processus physiques du système climatique, sont le seul outil crédible actuellement disponible pour simuler la réaction du système climatique mondial à la concentration croissante de GES (Randal *et al.* 2007).

Selon le GIEC (2007), la moyenne mondiale prévue de réchauffement de la surface de la Terre, à la fin du 21^e siècle, est 4,0 °C (fourchette *probable* de 2,4 °C à 6,4 °C) pour le scénario A1FI⁵ d'émissions élevées et 1,8 °C (fourchette *probable* de 1,1 °C à 2,9 °C) pour

⁵ A1FI et B1 sont des scénarios extraits du rapport spécial du GIEC sur les Scénarios d'émissions (*Special Report on Emission Scenarios*) (SRES) (Nakicenovic et Swart 2000). Ces scénarios sont groupés en six appellations couramment utilisées pour désigner les scénarios d'émissions les plus élevés aux plus bas : A1FI, A1T, A1B, A2, B1 et B2.

le scénario B1 d'émissions faibles, relatif à la fin du 20^e siècle. L'élévation mondiale du niveau de la mer prévue à la fin du 21^e siècle, varie de 0,18m à 0,59m pour les mêmes scénarios. Tous les modèles montrent une hausse de la moyenne mondiale des précipitations (GIEC 2007). Une augmentation du volume des précipitations est *probable* dans les régions tropicales et les régions à haute latitude (voir la Figure 6), tandis qu'une diminution est *probable* dans les régions subtropicales et les régions à moyenne latitude, en conséquence d'une intensification générale du cycle hydrologique mondial (Solomon *et al.* 2007).

A la fin du 21^e siècle, il est *probable* ou *fort probable* que le réchauffement des régions tropicales en Afrique, en Asie du sud et en Amérique centrale s'avère plus rapide que la moyenne annuelle mondiale de réchauffement (Christensen *et al.* 2007). Les changements prévus des précipitations annuelles varient d'une région tropicale à l'autre (voir la Figure 6). En Afrique orientale et durant la mousson d'été en Asie du sud et du sud-est, il est *probable* que les précipitations augmentent (Christensen *et al.* 2007). Dans la majeure partie de l'Amérique centrale, il est *probable* que les précipitations annuelles diminuent – cette région est un site particulièrement marqué

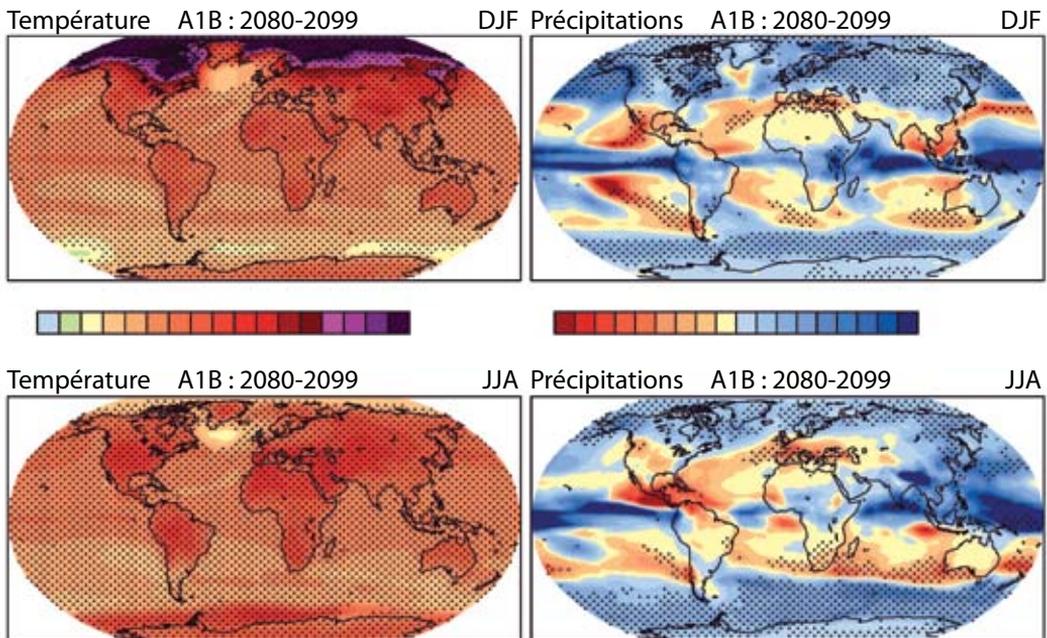


Figure 6. Moyenne des changements plurimodèles de la température de l'air en surface (en °C, à gauche) et des précipitations (mm/jour, à droite), pour l'hiver boréal (DJF, en haut) et l'été boréal (JJA, en bas). Les changements sont donnés pour le scénario SRES A1B, pour la période allant de 2080 à 2099, relative aux années de 1980 à 1999. Le pointillé dénote les zones où l'ampleur de la moyenne de l'ensemble plurimodèles dépasse l'écart-type intermodèles (Meehl *et al.* 2007).

par le changement climatique, comme défini par Giorgi (2006). On ne sait pas au juste comment les précipitations dans le Sahel africain et en Amazonie changeront (voir le tableau 3). Dans bien des régions, l'intensité des précipitations est prévue de s'intensifier, même dans les régions où la moyenne des précipitations diminue. Dans ces zones, les intervalles entre chutes de pluie seraient plus longs.

Il est *probable* que la pointe des vents des cyclones tropicaux s'intensifiera—comme le révèlent les modèles intégrés à haute résolution et les modèles globaux (dimension de maille allant de 9 km à 100 km)—notamment en Asie du sud-est tropical et en Asie du sud, provoquant de violentes chutes de pluie (Christensen *et al.* 2007). Les prévisions indiquent une diminution de la fréquence des tempêtes tropicales de faible intensité et une augmentation des cyclones tropicaux de forte intensité, mais avec *peu de confiance*⁶ (Meehl *et al.* 2007).

El Niño est un phénomène climatique important généré dans l'océan Pacifique, qui cause de la variabilité climatique dans bon nombre de régions tropicales et subtropicales sur des échelles de temps interannuelles. Divers mécanismes à grande échelle actionnent également *Indian Ocean Dipole Mode* (Saji *et al.* 1999; Vinayachandran *et al.* 2002) et l'Oscillation nord-atlantique (Salinger 2005). Les données climatiques antérieures indiquent que les événements El Niño s'avèrent être plus fréquents et plus violents depuis la moitié des années 70 (Trenberth and Hoar 1996). Malgré les progrès de la modélisation du climat, de grandes incertitudes demeurent, quant à l'amplitude et la variabilité d'El Niño (Meehl *et al.* 2000 et 2007). La fréquence de ce phénomène demeure imprévisible, car on ne comprend pas encore très bien ce qui le déclenche (Cuny 2001).

Les modèles climatiques se sont améliorés et les résolutions des derniers Modèles Océan-Atmosphère de Circulation Générale (AOGCM) sont plus fines que $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ latitude/longitude. Toutefois, certaines études d'impact nécessitent de plus hautes résolutions, notamment si la topographie est susceptible d'affecter le climat. Il existe aussi des modèles emboîtés améliorés de climat régional, qui offrent une simulation dynamique 3D à haute résolution allant couramment jusqu'à $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$ ou $25 \text{ km} \times 25 \text{ km}$.

⁶ Suite au quatrième rapport d'évaluation du GIEC (GIEC 2007), les expressions suivantes ont été utilisées pour indiquer le niveau de confiance dans l'observation : Très grande confiance correspond à au moins 9 chances sur 10 d'exactitude ; Grande confiance correspond à environ 8 chances sur 10 d'exactitude ; Moyenne confiance correspond à environ 5 chances sur 10 d'exactitude ; Peu de confiance correspond à environ 2 chances sur 10 d'exactitude ; Très peu de confiance correspond à moins d'1 chance sur 10 d'exactitude.

Tableau 3. Tendances du changement climatique sur trois continents, d'après le GIEC (Christensen *et al.* 2007).

Var†	Lieu	Confiance	Tendance
Afrique			
Temp	Sur l'ensemble du continent	Fort probable	Réchauffement plus élevé que la moyenne annuelle mondiale en toutes saisons
Temp	Régions subtropicales plus sèches	Fort probable	Réchauffement supérieur à celui des tropiques plus humides
Préc	Majeure partie de l'Afrique méditerranéenne et du nord du Sahara	Probable	Diminution des précipitations annuelles
Préc	Afrique Australe	Probable	Diminution des précipitations dans la plupart de la région des pluies d'hiver et de la marge occidentale
Préc	Afrique de l'Ouest	Probable	Augmentation de la moyenne annuelle des précipitations
Préc	Le Sahel, la Côte guinéenne et le sud du Sahara	Peu clair	Tendances peu claires des précipitations
Asie			
Temp	Asie centrale, le Plateau tibétain et le nord de l'Asie	Probable	Réchauffement bien au-dessus de la moyenne mondiale
Temp	Asie de l'est et Asie du sud	Probable	Réchauffement supérieur à la moyenne mondiale
Temp	Asie du sud-est	Probable	Réchauffement similaire à la moyenne mondiale
Préc	Nord de l'Asie et le Plateau tibétain	Fort probable	Augmentation des précipitations durant l'hiver boréal
Préc	Asie de l'est et régions sud du sud-est asiatique	Probable	Augmentation des précipitations durant l'hiver boréal
Préc	Asie du nord, de l'est et du sud, majeure partie du sud-est asiatique	Probable	Augmentation des précipitations en été
Préc	Asie centrale	Probable	Diminution des précipitations en été
Extr	Asie de l'est	Fort probable	Vagues de chaleur/périodes de chaleur de longue durée, plus intense et plus fréquentes
Extr	Asie de l'est et régions d'Asie du sud	Fort probable	Augmentation de la fréquence des périodes de précipitations intenses
Extr	Asie de l'est, du sud-est et du sud	Probable	Augmentation des précipitations et vents extrêmes associés aux cyclones tropicaux
Amérique centrale et du sud			
Temp	Sud de l'Amérique du sud	Probable	Réchauffement similaire à la moyenne mondiale de réchauffement
Temp	Toutes les régions, sauf le sud de l'Amérique du sud	Probable	Réchauffement plus élevé que la moyenne mondiale de réchauffement
Préc	La plupart de l'Amérique centrale et dans le sud des Andes	Probable	Diminution des précipitations annuelles (avec une grande variabilité locale des suites aux précipitations dans les régions montagneuses)
Préc	Tierra del Fuego	Probable	Augmentation des précipitations d'hiver
Préc	Sud-est de l'Amérique du sud	Probable	Augmentation des précipitations d'été
Préc	Nord de l'Amérique du sud, dont les forêts de l'Amazonie	Peu clair	Tendances peu claires de la moyenne annuelle et saisonnière des précipitations, mais cohérence qualitative en Equateur et dans le nord du Pérou (précipitations en hausse) et tout au nord du continent et dans le sud du nord-est du Brésil (en baisse)

† Var (variables) : Préc = précipitations, Temp = température, Extr = événements extrêmes

Les incertitudes des scénarios climatiques proviennent de sources multiples, comme les incertitudes émanant des scénarios d'émissions et le modèle climatique même, notamment pour les scénarios de climat régional (Mitchell et Hulme 1999). Les tendances des précipitations dans les tropiques sont particulièrement incertaines (se référer à la Figure 6, à droite où les points correspondent à une variabilité plus faible parmi les scénarios et donc à une plus grande confiance). Malgré leurs limitations, les scénarios climatiques sont utiles afin de mieux comprendre les mesures à prendre pour faire face à un climat futur (Price et Flannigan 2000), évaluer les impacts et risques possibles associés aux menaces climatiques, et pour de meilleurs processus de planification et de prise de décision.

Le GIEC (2007) révèle que de nombreux secteurs seront affectés par le changement climatique, lorsque des adaptations ne sont pas mises en œuvre : les ressources en eau douce et leur gestion ; les écosystèmes ; les produits alimentaires, fibreux et forestiers ; les systèmes côtiers et les zones de basses-terres ; les industries, les établissements humains et la société ; et la santé. La disponibilité de l'eau douce pourrait augmenter dans les régions tempérées et dans les tropiques humides, mais de diminuer dans les tropiques et sous-tropiques secs. La sécheresse et les inondations sont prévues d'augmenter dans le monde entier, ce qui rendrait la gestion de l'eau plus difficile. Sous les contraintes du changement climatique, certains écosystèmes pourraient changer, en étant déplacés ou détruits, concurremment avec des perturbations existantes ou accrues, comme les incendies, les glissements de terrain, le changement d'affectation des terres et la pollution. L'agriculture pourrait être en danger, en raison des pressions croissantes sur l'eau dans bon nombre de pays, et des catastrophes comme les inondations et la sécheresse qui pourraient frapper la production vivrière. La production des forêts pourrait augmenter à court terme, mais les tendances sont incertaines à long terme. Les zones côtières et à basse altitude risquent d'être inondées, en raison de l'élévation du niveau de la mer et de l'érosion, tandis que des températures extrêmes pourraient nuire aux coraux. Dans certaines régions, les infrastructures comme les établissements humains et les industries sont exposées à des catastrophes comme les inondations et les glissements de terrain. L'exposition climatique prévue pourrait affecter la santé des populations qui ont une faible capacité d'adaptation, en raison d'une mauvaise nutrition, davantage de catastrophes provoquant des morts et des blessés, et une extension géographique des vecteurs de maladies contagieuses.

A.2. Concepts de vulnérabilité

Afin de comprendre comment s'adapter au changement climatique, nous devons tout d'abord définir le concept primordial de l'adaptation, qui est la *vulnérabilité*. Il est nécessaire de comprendre et évaluer les vulnérabilités au changement climatique pour

éclairer les responsables, afin qu'ils élaborent des politiques visant à réduire les risques associés au changement climatique. Cela contribue à accroître les connaissances scientifiques sur les systèmes socioéconomiques ou écologiques sensibles au climat, à orienter les actions politiques vers les lieux ou secteurs les plus vulnérables, et à définir les options d'adaptation (Füssel et Klein 2006). Il n'est pas facile de comprendre la vulnérabilité, une des raisons étant la diversité des définitions et des expressions associées utilisées dans les textes, comme le risque, le danger, la sensibilité, l'exposition, la capacité adaptative, la résilience et les impacts potentiels (Brooks 2003). En outre, la définition courante de « vulnérabilité », « exposé au risque d'être agressé ou blessé », d'après le dictionnaire d'Oxford, n'est pas suffisamment précise pour être utile aux évaluations de vulnérabilité.

Diverses interprétations

Plusieurs communautés scientifiques travaillant sur la vulnérabilité – par exemple, celles qui traitent des moyens de subsistance, de la sécurité alimentaire, des catastrophes, de la santé et du changement climatique – ont établi diverses définitions (Eakin et Luers 2006). Parmi celles-ci, deux interprétations distinctes de la vulnérabilité se détachent. Premièrement, une interprétation technique constituée principalement par la communauté chargée de la gestion des risques et des catastrophes, considère que la vulnérabilité est la probabilité qu'un danger exogène (comme un cyclone ou une tempête) et les impacts associés sur un système se produisent, sans tenir compte du rôle des facteurs sociaux permettant d'affronter le danger (Carter *et al.* 1994). Deuxièmement, une interprétation sociale, constituée par des économistes politiques et des spécialistes en géographie humaine, met l'accent sur les facteurs socioéconomiques et politiques qui expliquent pourquoi un système est, ou n'est pas capable de surmonter une menace extérieure (Dow 1992 ; Adger et Kelly 1999). Dans ce cas, la vulnérabilité est décrite par l'état interne du système, plus que par les caractéristiques des menaces (Brooks 2003).

Plusieurs auteurs ont souligné combien il est important de définir la vulnérabilité pour une situation spécifique, à savoir la vulnérabilité des variables spécifiées d'un système spécifié, aux menaces spécifiées dans un horizon temporel spécifié, au lieu d'évaluer la vulnérabilité d'un lieu au changement climatique en général (Brooks 2003 ; Füssel 2007a ; Luers *et al.* 2003). Une évaluation, par exemple, peut traiter de la vulnérabilité à la sécheresse des moyens de subsistance dépendants de la forêt dans le Sahel, au cours des 30 prochaines années. Il est surtout important de spécifier les menaces, étant donné qu'un système peut être capable de s'adapter à certaines (comme la sécheresse) et pas à d'autres (comme les inondations). Brooks (2003) a cerné trois grandes catégories de menaces : 1^{re} catégorie (menaces ponctuelles dans le temps et répétées, comme les tempêtes ou la sécheresse), 2^e catégorie (menaces

continues, comme la hausse de la moyenne des températures) et 3^e catégorie (menaces ponctuelles dans le temps et uniques, comme un dérèglement climatique brusque).

La définition du GIEC

Entre ces deux interprétations de la vulnérabilité, la définition proposée par le GIEC est à présent couramment adoptée dans la communauté du changement climatique et peut être vue comme un troisième courant de pensée (Füssel et Klein 2006). Selon le GIEC, la vulnérabilité est « le degré de capacité d'un système de faire face ou non aux effets néfastes du changement climatique (y compris la variabilité climatique et les extrêmes). La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur et du rythme de l'évolution climatique, des variations auxquelles le système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation » (McCarthy *et al.* 2001). Cette définition inclut explicitement des facteurs externes (exposition) et internes (sensibilité et capacité adaptative) et permet d'examiner les facteurs à la fois socioéconomiques et biophysiques (voir le tableau 4).

Tableau 4. Catégories des facteurs de vulnérabilité (d'après Füssel 2007a)

Champ	Domaine	
	Socioéconomique	Biophysique
Interne	Revenu des ménages, réseaux sociaux, accès à l'information	Topographie, conditions environnementales, usage du sol
Externe	Politiques nationales, aide internationale, mondialisation économique	Grosses tempêtes, tremblements de terre, changement du niveau de la mer

Selon la définition du GIEC, les trois éléments de la vulnérabilité sont l'exposition au risque, la sensibilité et la capacité adaptative (voir la Figure 7 pour les définitions). Cette définition est utile pour une évaluation de la vulnérabilité et a couramment été appliquée ; par Metzger *et al.* (2005), par exemple, dans un cadre opérationnel pour étudier la vulnérabilité des services écosystémiques et leurs utilisateurs, au changement de la planète (voir l'Encadré 12). La définition du GIEC est aussi compatible avec d'autres approches, comme le cadre d'analyse de la vulnérabilité élaboré par Turner *et al.* (2003).

Composantes de la vulnérabilité

Dans la définition du GIEC, l'exposition est externe au système, tandis que la sensibilité et la capacité adaptative sont internes. par exemple, dans le cas de la vulnérabilité de la production forestière aux changements de température, les trois facteurs E, S et CA pourraient être respectivement l'élévation de la température, la sensibilité de

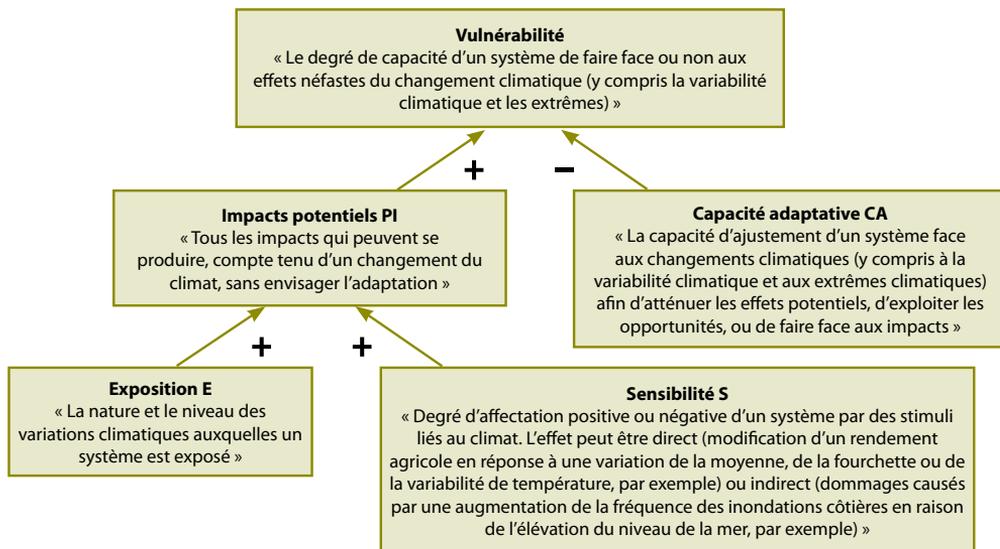


Figure 7. Les composantes de la vulnérabilité (les définitions proviennent du GIEC : McCarthy *et al.* 2001). Les signes sous les flèches signifient qu'une forte exposition, une forte sensibilité et une faible capacité adaptative induisent une forte vulnérabilité.

Encadré 12. Le cadre d'analyse d'ATEAM pour évaluer les vulnérabilités

Etablir des mesures de la vulnérabilité peut faciliter le dialogue politique-science sur l'adaptation et l'utilisation des résultats par les politiques. Plusieurs jeux d'indicateurs ont été mis au point pour diverses composantes de la vulnérabilité (par exemple, Moss *et al.* 2001 ; Cutter *et al.* 2003 ; Brooks *et al.* 2005 ; Eakin et Bojórquez-Tapia 2008).

Construisant sur les définitions de vulnérabilité, exposition, sensibilité et capacité adaptative établies par le GIEC, le projet ATEAM (*Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modeling*, www.pik-potsdam.de/ateam) (Modélisation et analyse avancées des écosystèmes terrestres) a créé un cadre d'analyse spatialement explicite et quantitatif pour l'évaluation de la vulnérabilité (Metzger *et al.* 2005). Des modèles écosystémiques sont utilisés pour évaluer les changements dans la provision de divers services écosystémiques, en vertu de scénarios de changement climatique en Europe. Les changements de la capacité adaptative, fondés sur les scénarios socio-économiques, sont ensuite utilisés pour évaluer la vulnérabilité de divers secteurs : l'agriculture, la gestion de l'eau, l'énergie et la protection de la nature. Les profils de vulnérabilité permettent de déterminer les régions les plus vulnérables, les secteurs les plus vulnérables dans une région donnée, et les scénarios les moins nuisibles pour ces régions et secteurs (Metzger *et al.* 2006).

Il n'est pas si simple de regrouper les indicateurs d'impacts potentiels et de la capacité adaptative, dans un indice de vulnérabilité. En raison de la base empirique limitée de certains indices de capacité adaptative, Metzger *et al.* (2006) ont élaboré des profils de vulnérabilité indiquant les deux composantes de la vulnérabilité, impacts potentiels et capacité adaptative, sans les regrouper en une seule dimension.

Encadré 13. Les pays vulnérables

Plusieurs auteurs ont proposé des indicateurs de sensibilité et de capacité adaptative au changement climatique à une échelle nationale et les ont utilisés pour classer les pays en fonction de leur vulnérabilité (ou sensibilité et capacité adaptative selon la définition du GIEC). Il se peut que ces études soient utiles aux responsables de l'élaboration des politiques à l'échelle nationale ou mondiale, mais elles ont été critiquées pour ne pas avoir pris en compte d'importants facteurs de vulnérabilité qui ne peuvent être observés qu'aux échelles sous-nationales (Adger et Vincent 2005) et pour l'ambiguïté de ce qui est évalué vulnérable et à quoi les nations sont estimées être vulnérables (Luers 2005).

Ceux qui utilisent une approche inductive guidée par les données, définissent un ensemble d'indicateurs et sélectionnent les indicateurs qui sont le plus corrélés à des mesures indirectes de vulnérabilité (comme les données sur les catastrophes antérieures) ou que les experts perçoivent comme étant les meilleurs indicateurs de vulnérabilité (par exemple, Moss *et al.* 2001). Brooks *et al.* (2005), par exemple, établissent un grand éventail d'indicateurs potentiels de vulnérabilité ayant rapport à l'économie, la santé et la nutrition, l'éducation, l'infrastructure, la gouvernance, la géographie et la démographie, l'agriculture, l'écologie et la technologie. Ils sélectionnent 11 indicateurs qui ont une forte corrélation avec la mortalité résultant de catastrophes liées au climat (la population ayant accès aux installations d'assainissement, le taux d'alphabétisation de ceux âgés de 15 à 24 ans, la mortalité maternelle, le taux d'alphabétisation de ceux âgés de plus 15 ans, la consommation calorifique par l'alimentation, la voix et la responsabilisation, les libertés civiles, les droits politiques, l'efficacité du gouvernement, la proportion d'alphabètes femmes par rapport aux hommes, l'espérance de vie à la naissance). Ils classent ensuite les pays à l'aide de ces indicateurs et montrent que les pays les plus vulnérables sont ceux qui sont situés en Afrique sub-saharienne et ceux qui ont récemment connus des conflits.

Réciproquement, les études guidées par la théorie partent de suppositions concernant le lien entre la vulnérabilité et divers facteurs environnementaux et de développement (par exemple, Cutter *et al.* 2003, à l'échelle des comtés américains). Adger et Vincent (2005) appliquent l'indice de vulnérabilité sociale (IVS)—indice cumulé de la sensibilité humaine et de la capacité adaptative aux changements de la disponibilité de l'eau, provoqués par le changement climatique—pour classer la vulnérabilité des pays africains. L'IVS comporte cinq sous-indices composés : le bien-être et la stabilité économiques, la structure démographique, la stabilité institutionnelle et la force de l'infrastructure publique, l'interconnectivité mondiale, et la dépendance sur les ressources naturelles (Vincent 2004).

la dynamique des arbres à la température, et les changements de composition des écosystèmes, suite aux changements dans les dynamiques au niveau des arbres. Dans les études sur le changement climatique, l'exposition est généralement climatique, comme exprimé dans la définition du GIEC, mais peut être étendue ou modifiée pour inclure d'autres facteurs. Premièrement, l'exposition socio-économique peut aussi être examinée en même temps que le climat, par exemple la mondialisation (O'Brien *et al.* 2004). Deuxièmement, en fonction du système à l'étude, l'exposition au risque peut regrouper le changement climatique et les facteurs écosystémiques.

Par exemple, une étude sur la vulnérabilité de la société aux inondations, pourrait exprimer l'exposition au risque comme une fonction de l'intensité des précipitations et la réaction hydrologique d'un bassin versant ou d'une forêt.

La sensibilité est une caractéristique d'un système et représente la « relation dose-effet » entre l'exposition au risque et les impacts : par exemple, la probabilité de la destruction de l'infrastructure à cause d'une inondation ou les changements dans la productivité des cultures causés par une diminution des précipitations. La capacité adaptative décrit l'aptitude d'un système à modifier ses caractéristiques (comme un écosystème qui modifie sa composition vers des espèces plus adaptées au nouveau climat) ou son comportement (comme un agriculteur qui choisit de nouvelles cultures mieux adaptées à la sécheresse). Les facteurs déterminants de la sensibilité et de la capacité adaptative peuvent être endogènes au système (comme la richesse biologique d'un écosystème, ou bien les richesses, les réseaux sociaux, la technologie et l'éducation pour une communauté humaine) ou exogènes (comme la connectivité des paysages aux marges d'un écosystème, les politiques nationales ou le marché mondial pour une communauté humaine). L'Encadré 13 présente des exemples d'indicateurs de sensibilité et de capacité adaptative à l'échelle nationale.

Outre les impacts potentiels définis à la Figure 7, d'autres sont envisagées par le GIEC et d'autres auteurs (se référer à la Figure 8). Les impacts potentiels résultent de l'exposition au risque et de la sensibilité sans prendre en compte l'adaptation, tandis que les impacts attendus sont ceux qui se produiraient après une adaptation autonome du système et les impacts résiduels après une adaptation planifiée (Füßel et Klein 2006).

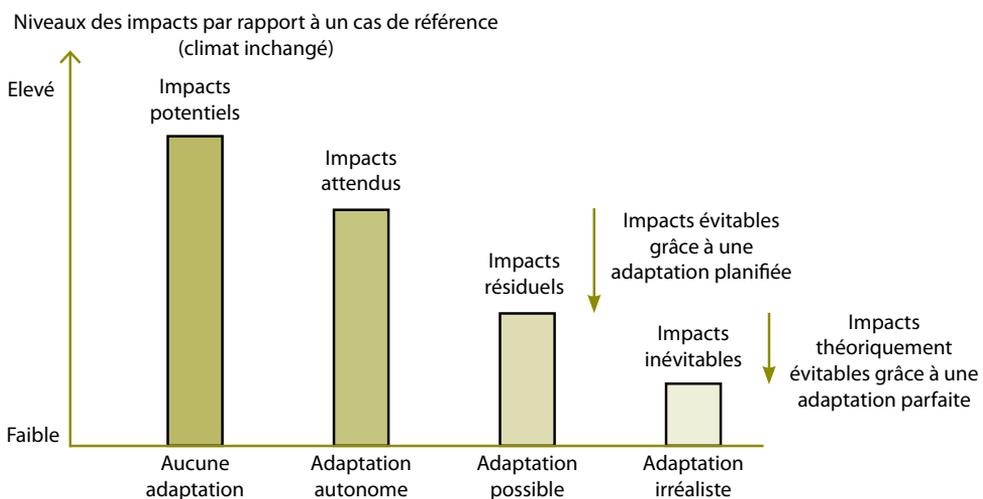


Figure 8. Diverses conceptualisations des impacts et de l'adaptation (après Füßel et Klein 2006).

Evaluations de la vulnérabilité

En fonction de leur objectif, les évaluations de la vulnérabilité peuvent mettre l'accent sur diverses composantes de la vulnérabilité. Füssel et Klein (2006) reconnaissent quatre types distincts d'évaluations de la vulnérabilité : les évaluations des impacts (estimant les impacts du changement climatique sur un système) ; les évaluations de la vulnérabilité de première génération (considérant des facteurs non climatiques et des mesures possibles d'adaptation) ; les évaluations de deuxième génération (portant l'attention sur la capacité adaptative et ses déterminants) ; et les évaluations des politiques d'adaptation (avec la participation des acteurs à l'analyse de la vulnérabilité actuelle, recommandant des mesures d'adaptation en phase avec d'autres politiques).

L'exposition au risque et la sensibilité sont des composantes clé dans les évaluations d'impacts, même s'il se peut que la capacité adaptative éventuelle soit aussi incluse (Carter *et al.* 1994). Les résultats de ces études sont utiles à la conception de mesures techniques d'adaptation, ainsi qu'au débat sur l'atténuation, car ils fournissent des renseignements sur les impacts potentiels de divers niveaux de GES (Smit *et al.* 1999). Parmi les textes de référence pour l'évaluation des impacts, figurent les *IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations* (Recommandations techniques du GIEC pour évaluer les impacts du changement climatique et les adaptations) (Carter *et al.* 1994).

Réciproquement, la capacité adaptative est la composante clé des études sur les politiques d'adaptation, qui se concentrent sur l'analyse de la vulnérabilité interne (sensibilité et capacité adaptative) et comment accroître la capacité adaptative. Ces études présentent un intérêt pour la conception de projets et de politiques d'adaptation et pour les grandes questions de développement (Burton *et al.* 2002). Citons comme exemple de textes de référence pour les études sur les politiques d'adaptation, le cadre de politique d'adaptation du PNUD-FEM (Adaptation Policy Framework) (Lim et Spanger-Siegfried 2004).

Même si les évaluations d'impacts ont apporté des résultats et des données scientifiques utiles pour définir des options techniques d'adaptation, elles n'ont généralement pas été utiles à la conception des politiques d'adaptation, car elles se penchent rarement sur le contexte politique. De plus, en raison des incertitudes propres aux évaluations d'impacts et aux scénarios de climat à l'échelle locale, les résultats scientifiques n'apportent pas de messages précis aux responsables de l'élaboration des politiques (Burton *et al.* 2002). Pour cette raison, les évaluations de la vulnérabilité visant les impacts des politiques se sont progressivement orientées vers des études sur les politiques d'adaptation, en intégrant mieux les principaux acteurs dans le processus

Encadré 14. Les huit phases d'une méthode pour évaluer les vulnérabilités (par Schröter et al. 2005).

Afin de répondre à la nécessité d'évaluer la vulnérabilité de systèmes socio-écologiques couplés, Schröter *et al.* (2005) ont élaboré un cadre méthodologique pour les évaluations de la vulnérabilité « axées sur les lieux ». Ce cadre comporte huit phases :

1. Déterminer la zone d'étude ainsi que les acteurs
 - Choisir l'échelle spatiale et temporelle.
2. Se familiariser avec le lieu au fil du temps
 - Réexaminer les publications. Prendre contact avec les chercheurs. Passer du temps sur place avec les acteurs. Explorer les zones voisines.
3. Conjecturer qui est vulnérable à quoi
 - Redéfinir la priorité donnée aux sous-groupes d'acteurs. Cerner les éléments moteurs.
4. Créer un modèle causal de vulnérabilité
 - Examiner l'exposition, la sensibilité et la capacité adaptative. Formaliser en modèle(s).
5. Trouver des indicateurs pour les composantes de la vulnérabilité
 - Exposition, Sensibilité, Capacité adaptative.
6. Mettre en œuvre le(s) modèle(s) de vulnérabilité
 - Appliquer le(s) modèle(s) pour soupeser et combiner les indicateurs. Valider les résultats.
7. Prévoir la vulnérabilité à venir
 - Choisir les scénarios avec les acteurs. Appliquer le(s) modèle(s).
8. Communiquer la vulnérabilité de façon avisée
 - Etre clair au sujet de l'incertitude. Faire confiance aux acteurs. Utiliser des médias multiples, interactifs.

Les trois premières étapes ont lieu avant la mise en œuvre de l'approche de modélisation. Les auteurs entendent par « modèles » une description formalisée d'un système, qui peut être numérique et traitée quantitativement, mais pas nécessairement. Le cadre doit être appliqué en faisant participer les parties prenantes et diverses disciplines scientifiques, en permettant l'expression de connaissances diversifiées et souples, en reconnaissant les multiples éléments moteurs du changement climatique et la capacité adaptative différentielle, et en utilisant des renseignements à la fois prospectifs et historiques. Les auteurs présentent deux exemples d'application du cadre sur la vulnérabilité de l'agriculture aux USA et au Zimbabwe.

et en comprenant mieux les processus de politiques et les questions non climatiques (Füssel et Klein 2006). L'Encadré 14 fournit un exemple de la manière de procéder à une évaluation de la vulnérabilité.

A.3. Qu'est-ce que l'adaptation ?

Selon le GIEC, l'adaptation est un « ajustement des systèmes naturels ou humains, suite à des stimuli climatiques réels ou attendus ou à leurs effets, qui réduit les effets nocifs ou exploite les possibilités bénéfiques » (McCarthy *et al.* 2001). Si l'on suit la définition de vulnérabilité donnée par le GIEC, trois principes fondamentaux d'adaptation peuvent être établis. Premièrement, l'*exposition* peut être réduite où il est possible de le faire, par exemple, en réinstallant une communauté située dans une zone sujette à des inondations ou en mettant en œuvre un système d'alerte. Deuxièmement, la *sensibilité* peut être réduite, par exemple, en plantant de nouvelles cultures résistantes à la sécheresse ou en établissant des normes de construction pour les bâtiments situés dans des zones exposées au danger. Troisièmement, la *capacité adaptative* peut être accrue, par exemple, en améliorant le bien-être et l'éducation de la population ou en concevant des programmes d'assurance (Adger *et al.* 2005a).

Une distinction est habituellement faite entre l'adaptation autonome (ou spontanée) et l'adaptation planifiée. Selon le GIEC, l'adaptation autonome ne constitue pas une réaction consciente aux stimuli climatiques, tandis qu'une adaptation planifiée est le « résultat d'une décision stratégique délibérée, fondé sur une perception que les conditions ont changé ou sont sur le point de changer et qu'une action est requise pour revenir à un état souhaité, le conserver ou y parvenir » (McCarthy *et al.* 2001). Les adaptations autonomes au changement ou à la variabilité climatique, antérieures et actuelles, ont souvent été étudiées (par exemple, Mortimore et Adams 2001 ; Orlove 2005), mais ces adaptations ne seront peut-être pas suffisantes pour s'adapter aux rythmes actuels et attendus du changement climatique. On estime, à présent, que la planification d'une adaptation au-delà de l'adaptation autonome est une priorité, du fait que la science a recueilli des éléments d'information sur le changement climatique actuel et à venir, et qu'un grand nombre de gestionnaires des ressources naturelles et de responsables politiques ont à traiter des aspects de vulnérabilité (Füssel 2007b ; Agrawal 2008).

Planifier l'adaptation

Aucune solution universelle n'existe pour concevoir et mettre en œuvre l'adaptation (Füssel 2007b), car celle-ci touche une grande variété de secteurs ayant des objectifs et des vulnérabilités propres à chaque danger climatique – comme l'agriculture, la santé humaine, la gestion de l'eau, la gestion des écosystèmes (y compris la foresterie), la prévention de catastrophes, les établissements humains, l'industrie et l'énergie. De plus, maintes options d'adaptation sont disponibles, chacune ayant ses propres séquences, acteurs, fonctions et formes (voir le tableau 5). Ces options doivent être adaptées aux conditions économiques, environnementales, politiques et culturelles locales de la région, et à l'arène institutionnelle appropriée pour le secteur.

Tableau 5. Types d'adaptation (après Smit *et al.* 1999 ; définitions du GIEC, McCarthy *et al.* 2001)

Caractéristique	Types d'adaptation
Séquence	<ul style="list-style-type: none"> – L'adaptation anticipatrice (ou proactive) a lieu avant que les impacts du changement climatique soient observés – L'adaptation adaptable (ou réactive) a lieu après que les impacts du changement climatique ont été observés
Champ temporel	<ul style="list-style-type: none"> – A court terme (ou tactique) – A long terme (ou stratégique)
Champ spatial	<ul style="list-style-type: none"> – Localisée – Etendue
Acteurs	<ul style="list-style-type: none"> – Adaptation privée : initiée ou mise en œuvre par des personnes, ménages ou sociétés privées. L'adaptation privée est habituellement dans l'intérêt rationnel propre de l'acteur – Adaptation publique : initiée et mise en œuvre par les gouvernements à tous les niveaux. L'adaptation publique s'adresse habituellement aux besoins collectifs
Fonction ou effets	Se replier. Accommoder. Protéger. Prévenir. Tolérer. Disperser. Changer. Restaurer
Forme	Structurelle. Juridique. Institutionnelle. Réglementaire. Financière. Technologique

Dans certains cas, l'adaptation individuelle peut suffire à réduire la vulnérabilité individuelle ; toutefois, des interventions collectives sont souvent requises (Adger *et al.* 2005a). Les décisions pour une adaptation collective sont prises à des échelles différentes, par des acteurs très variés, comme des individus, des entreprises, la société civile et les organisations publiques locales, régionales, nationales et internationales. Les diverses échelles de prise de décision sont interdépendantes ; par exemple, les décisions individuelles sont limitées par les organisations nationales, et les politiques nationales d'adaptation sont influencées par des processus internationaux comme la CCNUCC.

Les actions d'adaptation peuvent avoir une influence à diverses échelles spatiales (allant des exploitations agricoles, aux pays, en passant par les régions) et faire participer des acteurs et des organisations ayant des domaines d'influence différents (allant d'une entreprise ou communauté, à un organisme national ou international). Une étape importante de la planification de l'adaptation consiste à comprendre les échelles qui présentent un intérêt pour les acteurs concernées par l'adaptation et les interactions d'une échelle à l'autre (Adger *et al.* 2005a). Une composante clé de la planification de

l'adaptation locale est, notamment, de comprendre les institutions locales, car celles-ci influencent la vulnérabilité et déterminent les mesures d'adaptation individuelles et collectives possibles à prendre, ainsi que leurs résultats (Agrawal 2008).

Les acteurs et les communautés locales doivent être placés au centre de la planification de l'adaptation. Comme les communautés choisissent et mettent en œuvre des stratégies adaptatives en fonction de leurs ressources, de leurs organismes officiels, et de leurs relations et valeurs sociales informelles (Pelling et High 2005), l'importance des connaissances locales et la mise à profit du capital social doivent être une priorité de la planification de l'adaptation (Allen 2006). Cette planification consiste, par exemple, à comprendre les stratégies que les communautés locales ont élaborées pour s'adapter à la variabilité climatique par le passé, ainsi que leurs perceptions et connaissances du climat et de la vulnérabilité (Agrawal 2008). Outre comprendre la structure et les valeurs des communautés, une adaptation planifiée doit également viser à renforcer la position des acteurs locaux (dont les femmes et autres groupes marginalisés) et à mettre à profit le capital social à divers niveaux (Allen 2006).

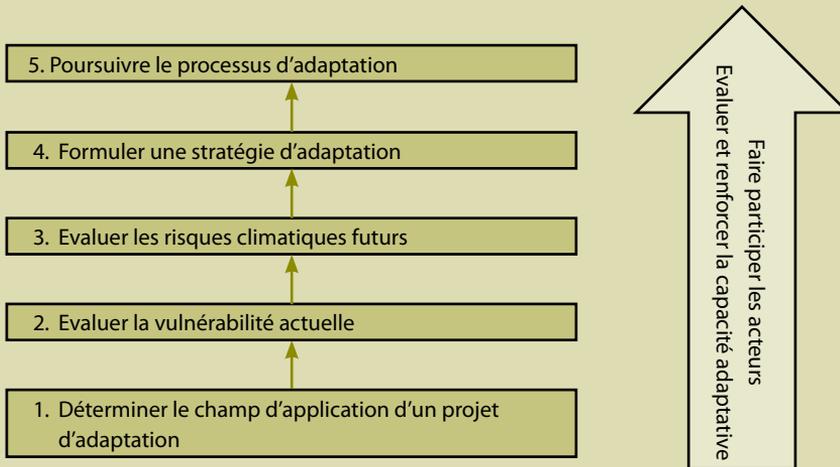
Afin d'accomplir une adaptation collective, les décideurs des organisations publiques et privées, les acteurs locaux, les gestionnaires des ressources naturelles, les chercheurs, les analystes des politiques et les économistes doivent spécifier les priorités d'adaptation en se fondant sur le contexte politique, social et économique plus large, déterminer et évaluer les options d'adaptation, et décider comment mettre en œuvre ces options (se référer à l'exemple d'approche dans l'Encadré 15).

Certaines approches de l'évaluation de la vulnérabilité et de la planification de l'adaptation (par exemple, le cadre de politique d'adaptation, se référer à l'Encadré 15) commencent à partir de la vulnérabilité actuelle. Dans bon nombre de pays en développement, l'adaptation aux menaces actuelles est la tâche la plus urgente à mettre en œuvre. Ces menaces, qui sont liées à la vulnérabilité et à d'autres facteurs (comme les politiques, les marchés), doivent tout d'abord être traitées, avant que les questions de changement climatique puissent être examinées. Il est essentiel de réduire la vulnérabilité actuelle dans le processus d'adaptation au changement climatique, car une société moins vulnérable aux problèmes actuels sera plus susceptible de s'adapter aux changements à venir.

L'évaluation des options d'adaptation ne doit pas être limitée à leur efficacité, à savoir, leur capacité à accomplir les objectifs bien arrêtés de réduire la vulnérabilité (Adger *et al.* 2005a) ; mais d'autres critères doivent aussi être examinés, en particulier l'équité, l'efficacité économique, la légitimité, l'adaptabilité, la faisabilité et la durabilité environnementale (Smit *et al.* 1999). Étant donné que les succès à court terme ou locaux peuvent entraîner des échecs à plus long terme ou en d'autres lieux, les résultats d'une

Encadré 15. Le cadre de politique d'adaptation (d'après Lim et Spanger-Siegfried 2004)

Le cadre de la politique d'adaptation (Adaptation Policy Framework, APF) a pour but d'aider à concevoir les stratégies, les politiques et les mesures d'adaptation. L'APF comporte cinq éléments :



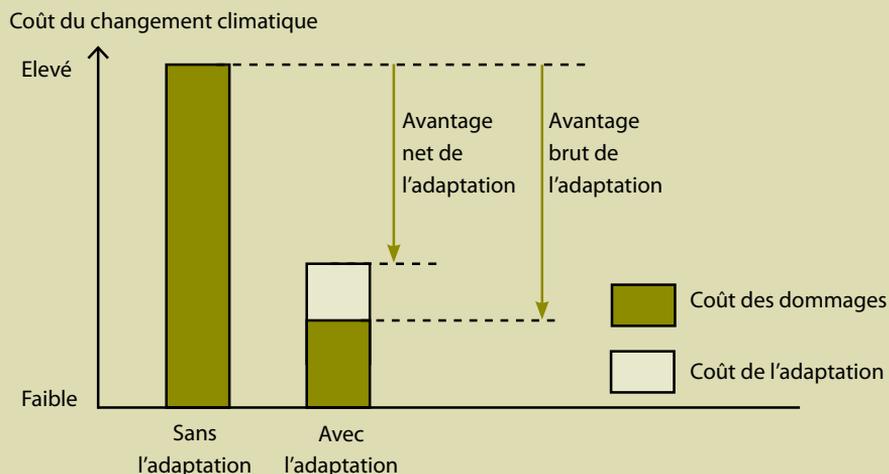
A ces cinq éléments s'ajoutent deux processus transversaux : faire participer les acteurs à tous les éléments en assurant un dialogue soutenu pour une mise en œuvre réussie d'une stratégie d'adaptation, et évaluer et renforcer la capacité adaptative, de façon que les sociétés puissent mieux s'adapter au changement climatique, y compris la variabilité du climat.

Les utilisateurs peuvent appliquer les cinq éléments et les deux processus transversaux avec diverses intensités, en fonction de leurs besoins et de l'information disponible. L'APF ne nécessite pas de données ou de recherches considérables, mais insiste sur des évaluations réfléchies et des processus participatifs solides.

évaluation des options d'adaptation sont fonction de l'échelle temporelle et spatiale de l'étude (Adger *et al.* 2005a). Ce dont nous avons besoin, c'est d'une étude qui croise différentes échelles, afin de pouvoir évaluer les options d'adaptation de façon plus approfondie. Sur le plan de l'efficacité économique et de l'analyse coûts-bénéfices, l'évaluation doit également prendre en compte le financement de mécanismes pour l'adaptation, provenant notamment de fonds internationaux. Toutefois, le financement international pour l'adaptation pose encore des difficultés, en raison du dilemme de financer des services ayant des avantages mondiaux (atténuation) contre des services ayant des avantages locaux (mesures d'adaptation) et des incertitudes que posent les coûts et bénéfices de l'adaptation (se référer à l'Encadré 16).

Encadré 16. Coûts et avantages de l'adaptation

Les coûts et bénéfices de l'adaptation sont difficiles à estimer, en raison des incertitudes concernant les coûts des impacts du changement climatique, les mesures d'adaptation à mettre en œuvre, les coûts de ces mesures, et leur contribution à réduire les impacts (se référer à la Figure, Stern 2007).



D'après plusieurs évaluations mondiales des impacts du changement climatique (réexaminées par Hitz et Smith 2004), le coût moyen des dommages en 2100, pour un réchauffement de 2 °C à 3 °C, varie entre 0 et 2,7 % du PNB mondial. En supposant un réchauffement plus élevé, Stern (2007) a fourni des estimations entre 5 % et 20 %, en fonction des impacts et des résultats présumés. En avril 2008, Stern a affirmé que le rapport 2007 du GIEC fournissait des données pour une estimation plus élevée du coût des dommages.

Peu d'estimations ont été données pour les coûts et avantages mondiaux de l'adaptation. La Banque mondiale (2006) estime très approximativement que protéger les investissements provenant du financement du développement, pourrait coûter de 9 à 41 milliards de dollars US. Les estimations mondiales des coûts de l'adaptation sont fort incertaines et cachent l'hétérogénéité des situations locales où l'adaptation est une priorité ; toutefois, les estimations locales peuvent être très utiles aux responsables de l'élaboration des politiques (Callaway 2004).

Les coûts-avantages locaux de l'adaptation sont des aspects importants, car les coûts encourus en s'adaptant ou les coûts encourus en ne s'adaptant pas peuvent perpétuer la pauvreté et la dégradation environnementale dans les pays en développement (Kates 2000). Stern (2007) fait part des gros avantages de plusieurs expériences de gestion des catastrophes, qui ont réussi. Prenons comme exemple, les 3,15 milliards de dollars dépensés en Chine pour maîtriser les inondations entre 1960 et 2000, signalés avoir empêché une perte de 12,8 milliards de dollars. Au Vietnam, un projet visant à protéger une population côtière en plantant des mangroves, a obtenu un coefficient avantage-coût de 52 (Stern 2007).

Pleine intégration de l'adaptation dans le développement

Etant donné que le changement climatique aura des répercussions sur tous les aspects du développement durable et que la vulnérabilité dépend fortement du développement, les décideurs politiques doivent s'efforcer d'intégrer pleinement l'adaptation au changement climatique dans le développement national et sectoriel (Huq *et al.* 2003 ; Lemos *et al.* 2007 ; CCNUCC 2007). Les interventions en matière de développement, qui n'envisagent pas l'adaptation au changement climatique, peuvent aggraver la situation socioéconomique (Agrawal 2008). Les décideurs politiques doivent aussi cerner et supprimer les pratiques mal adaptatives, à savoir les politiques en vigueur qui augmentent la vulnérabilité (comme les incitations à la surexploitation des ressources naturelles) ou les mesures d'adaptation qui ne parviennent pas à réaliser leurs objectifs (CCNUCC 2007). Un autre argument en faveur de la pleine intégration de l'adaptation dans les politiques de développement est que les menaces du changement climatique et la nécessité d'adaptation peuvent être un catalyseur pour parvenir à un développement durable (CCNUCC 2007). Toutefois, certaines préoccupations ont été exprimées concernant le risque de la pleine intégration de l'adaptation dans le développement (Klein 2006). Les fonds pour l'adaptation sont limités – si la différence n'est pas faite entre l'adaptation et le développement, les fonds pour l'adaptation risquent d'être affectés à des activités de développement, quelles que soient les répercussions sur l'adaptation. Ces fonds seraient utilisés pour des activités de développement et les répercussions sur l'adaptation pourraient être imprécises ou impossibles à suivre. Un autre risque est que les fonds pour les politiques sur le climat pourraient réduire les flux de l'aide officielle au développement (AOD), qui répondent aux besoins de développement les plus urgents (Klein 2006). Quant aux politiques nationales et aux fonds internationaux en matière d'adaptation, la pleine intégration de l'adaptation dans le développement national fera de l'adaptation « une affaire normale » et cachera les coûts supplémentaires des initiatives d'adaptation, empêchant ainsi les pays en développement de demander des fonds internationaux pour l'adaptation.

A.4. Politiques et fonds internationaux

Quelque 15 ans après avoir signé la CCNUCC à Rio de Janeiro, les décideurs du monde entier ont enfin reconnu la nécessité d'intégrer les préoccupations relatives au changement climatique, dans les politiques publiques. Les efforts déployés ont été orientés, en majeure partie, vers l'atténuation, mais à présent, la nécessité de créer des politiques et des mécanismes de financement pour l'adaptation à un climat changeant, est largement acceptée. On observe également de plus en plus que l'adaptation et l'atténuation sont interconnectées de nombreuses façons ; il se peut, par exemple, que les nouveaux engagements importants en matière d'atténuation

dans le régime climatique après 2012 soient politiquement réalisables, uniquement s'ils sont accompagnés d'un soutien plus fort pour l'adaptation (Burton *et al.* 2006).

L'adaptation dans le cadre de la CCNUCC

En principe, il a été établi que l'adaptation soit une priorité dès le tout début des initiatives internationales sur le climat. Dans la CCNUCC signée en 1992, toutes les parties se sont engagées dans l'ensemble à mettre en place des mesures nationales d'adaptation et à coopérer pour se préparer aux impacts du changement climatique. Dans le processus de la CCNUCC, les mesures d'adaptation sont étroitement liées aux engagements futurs en matière d'atténuation du climat ; de ce fait, le processus de négociation de la CCNUCC est le moyen le plus évident de structurer des accords mondiaux à long terme, pour l'adaptation et pour l'atténuation.

Voici les éléments spécifiques d'une approche pour l'adaptation, fondée sur la convention : a) un soutien aux pays vulnérables pour l'élaboration de stratégies d'adaptation nationales détaillées ; b) des fonds pour aider les pays, dont les stratégies nationales sont approuvées, à mettre en ce œuvre les mesures de haute priorité qui traitent des impacts raisonnablement attribuables au changement climatique ; c) la mise en place ou la nomination d'un organisme international pour assurer un soutien technique, juger l'adéquation des stratégies nationales et sélectionner les projets prioritaires pour l'obtention de fonds (Burton *et al.* 2006).

Il existe toutefois des contraintes à propos de ce qui peut être réalisé au sein d'un régime fondé sur la convention, créé spécifiquement pour traiter du changement climatique. Premièrement, il se peut que l'attention prioritaire spécifiquement axée sur le changement climatique par le régime, ne se prête pas à des initiatives approfondies qui traitent à la fois du changement climatique et de la variabilité naturelle du climat. Deuxièmement, par le passé, le régime climatique n'a pas engagé un grand nombre des agences et acteurs, dont la participation dans l'adaptation est essentielle.

Même si le régime a accordé une plus grande priorité à l'adaptation, il se pourrait encore que cette voie ne soit pas la meilleure pour faire participer les responsables politiques et les acteurs (Burton *et al.* 2006). Par conséquent, un régime d'adaptation fondé sur la convention aurait tendance à polariser l'attention davantage sur les politiques et les mesures qui sont conçues pour répondre directement au changement climatique, que sur des politiques visant à renforcer la capacité adaptative de la société ou traitant d'aspects comme la vulnérabilité à la variabilité du climat ou les avantages environnementaux de l'adaptation. Dans le cadre de la CCNUCC, les fonds pour les

Encadré 17. Fonds de la CCNUCC pour l'adaptation

Le secrétariat de la CCNUCC a estimé que les placements et flux financiers requis pour l'adaptation s'élèveront probablement à des dizaines de milliards de dollars par an, durant plusieurs décennies, et pourraient atteindre plus de 100 milliards de dollars US par an.

Le Fonds pour l'adaptation dans le cadre du Protocole de Kyoto est prévu de financer des projets et programmes d'adaptation dans les pays en développement qui sont particulièrement vulnérables aux effets nuisibles du changement climatique. Il est prévu que ces fonds proviendront d'un prélèvement de 2 % sur le produit des projets MDP (Mécanisme pour un développement propre) (à l'exception de ceux entrepris dans les pays les moins avancés), ainsi que d'autres sources bénévoles. Le Fonds pour l'adaptation est sur le point d'être concrétisé. Le montant réel qui sera disponible à partir de ce fonds n'est pas défini, car cela dépendra de l'ampleur du MDP et du prix du carbone.

L'article 4 de la Convention souligne que les Parties des pays développés fourniront des ressources financières pour aider les Parties des pays en développement à s'adapter au changement climatique. Pour faciliter cette opération, la Convention a chargé le FEM de mettre à exécution son mécanisme financier. Le FEM permet à des ressources financières provenant de pays développés d'être transférées dans des pays en développement, en établissant des programmes opérationnels, en fournissant des documents de programmation et en attribuant les ressources. Fondé sur les lignes directrices de la CCNUCC, le FEM gère trois fonds : 1) le Fonds spécial du FEM, 2) le Fonds pour les pays les moins avancés (FPMA) et 3) le Fonds spécial pour le changement climatique (FSCC).

Le Fonds spécial du FEM et sa Priorité stratégique pour l'adaptation (PSA) soutiennent les activités de facilitation, les projets pilotes et de démonstration, qui se préoccupent de l'adaptation et qui génèrent des avantages environnementaux dans le monde.

Le FSCC est en partie conçu pour financer des activités d'adaptation qui accroissent la capacité d'adaptation aux impacts du changement climatique, en se concentrant sur les mesures prises pour une adaptation, notamment en ce qui concerne les ressources en eau, les terres, l'agriculture, la santé, le développement de l'infrastructure, la capacité de faire face aux catastrophes, et les écosystèmes et zones côtières fragiles.

Le FPMA a été établi, en partie, pour soutenir les projets qui traitent des besoins d'adaptation urgents et immédiats dans les pays les moins avancés, comme identifié par leurs PANA.

Les fonds qui sont actuellement disponibles dans le cadre de la Convention et du Protocole de Kyoto, sont faibles par rapport à l'ampleur des besoins identifiés par la CCNUCC. Les ressources financières disponibles pour l'adaptation dans les fonds actuellement gérés par le FEM, s'élevaient à environ 275 millions de dollars en août 2007. Le Fonds pour l'adaptation pourrait recevoir entre 80 et 300 millions de dollars par an, pour la période de 2008 à 2012. En supposant qu'une part de 2 % du produit pour l'adaptation continue à s'appliquer après 2012, le niveau de financement pourrait être de 100 à 500 millions de dollars par an, pour une faible demande de MDP, et de 1 à 5 milliards de dollars par an pour une plus forte demande. Toutefois, il reste encore un déficit dans les fonds qui doit être comblé.

mesures d'adaptation sont conçus principalement pour couvrir la totalité des coûts marginaux d'adaptation (Bouwer et Aerts, 2006) et passent par divers mécanismes (voir l'Encadré 17).

Autres options de politique et de financement pour l'adaptation

Les autres options au niveau international consistent essentiellement à utiliser les canaux existants d'aide multilatérale et bilatérale en place pour intégrer les aspects de l'adaptation sur toute la gamme de l'aide au développement. Une stratégie axée sur le développement pourrait être un complément proche de l'approche fondée sur la convention, décrite plus haut, et aider à s'assurer que les stratégies d'adaptation nationales préparées sont en fait mises en œuvre ; elle pourrait également au fil du temps tirer parti de bien davantage de ressources qu'il serait probable d'espérer sous le régime climatique (Burton *et al.* 2006).

Etant donné que la CCNUCC couvrira uniquement les coûts supplémentaires, le financement de base de l'adaptation devra provenir d'autres sources, en majeure partie des banques pour le développement, d'autres conventions et de l'ODA. D'autres options consistent à concevoir des mesures spécifiques visant les projets de développement testés résistants aux menaces climatiques ou des mesures pour la gestion du risque et des polices d'assurance (Mills 2005 ; Bouwer et Aerts 2006). Burton *et al.* (2006) et Müller (2008) présentent un examen approfondi de ces approches « innovatrices » pour le financement international de l'adaptation.

Communications nationales et les PANA

Dans le cadre de la CCNUCC, les pays sont engagés à soumettre leurs communications nationales au secrétariat de la Convention. Dans les leurs, les pays en développement ont fourni des renseignements sur leurs vulnérabilités au changement climatique dans une grande diversité de secteurs et ont mis en exergue les options et réactions sectorielles en matière d'adaptation. Ces réactions étaient à la fois proactives et réactives au changement climatique. L'approche sectorielle à l'adaptation soulève au moins deux questions – l'équité et l'impartialité – lorsqu'il s'agit de déterminer les secteurs prioritaires pour un pays (Paavola et Adger 2006), et met en évidence la coordination potentiellement faible des mesures nationales au niveau politique le plus élevé (Glantz 2001).

La 7^e Conférence des Parties de la CCNUCC, en reconnaissant les circonstances spécifiques des pays les moins avancés (PMA), a établi un programme de travail PMA incluant les PANA. Les PANA se concentrent sur les besoins urgents et immédiats des PMA – ceux pour lesquels des retards pourraient augmenter la vulnérabilité ou

entraîner des coûts accrus à une phase ultérieure. Les PANA utilisent les renseignements actuellement disponibles ; ils sont orientés vers l'action et pilotés par les pays, flexibles et basés sur les circonstances nationales. En octobre 2008, quelque 39 pays avaient préparé leurs PANA. Les fonds pour la mise en œuvre des PANA sont canalisés par le Fonds pour l'environnement mondial (FEM) (voir l'Encadré 17) (Huq et Burton 2003 ; Bouwer et Aerts 2006).

Les PANA visent à déterminer les objectifs des futurs mécanismes d'adaptation pour qu'un pays réduise les effets néfastes du changement climatique, y compris la variabilité et les événements extrêmes, et encourage le développement durable. Des stratégies et mécanismes futurs sont proposés en fonction des processus et pratiques actuellement disponibles, tout en poursuivant un objectif d'adaptation au changement climatique.





5 Bibliographie

- Adger, W.N. 2003 Social capital, collective action, and adaptation to climate change. *Economic Geography* 79 : 387–404.
- Adger, W.N. et Kelly, P.M. 1999 Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 4 : 253–266.
- Adger, W.N. et Vincent, K. 2005 Uncertainty in adaptive capacity. *Comptes rendus Geosciences* 337 : 399–410.
- Adger, W.N., Brooks, N., Bentham, G., Agnew, M. et Eriksen, S. 2004 New indicators of vulnerability and adaptive capacity. Tyndall Centre for Climate Change Research, Norwich, RU.
- Adger, W.N., Arnell N.W. et Tompkins, E.L. 2005a Adapting to climate change: perspectives across scales. *Global Environmental Change* 15 : 75–76.
- Adger, W.N., Brown, K. et Tompkins, E.L. 2005b The political economy of cross-scale networks in resource co-management. *Ecology and Society* 10(2) : 9. <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss2/art9/> (13 nov. 2008).
- Agrawal, A. 2008 The role of local institutions in adaptation to climate change. International Forestry Research and Institutions Program (IFRI) - Document de travail n° W08I-3 - Université de Michigan, USA.
- Agrawal, A. et Ribot, J. 1999 Accountability in decentralization: A framework with South Asian and West African cases. *The Journal of Developing Areas* 33(4) : 473–502.
- Agrawal, A., Chhatre, A. et Hardin, R. 2008 Changing governance of the world's forests. *Science* 320 : 1460–1462.

- Alexiades, M.N. et Shanley, P. (éds) 2005 Forest products, livelihoods and conservation: Case studies of non-timber forest product systems. Tome 3 : Amérique latine. CIFOR, Bogor, Indonésie. 471 p.
- Allen, K.M. 2006 Community-based disaster preparedness and climate adaptation: Local capacity building in the Philippines. *Disasters* 30(1) : 81–101.
- Angelsen, A. et Wunder, S. 2003 Exploring the forest-poverty link: Key concepts, issues and research implications. Document hors série n° 40 CIFOR, Bogor, Indonésie.
- Armitage, D. 2008 Governance and the commons in a multi-level world. *International Journal of the Commons* 2(1) : 7–32.
- Armitage, D., Marschke, M. et Plummer, R. 2008 Adaptive co-management and the paradox of learning. *Global Environmental Change – Human and Policy Dimensions* 18 : 86–98.
- Banque Mondiale 2006 The costs of impacts of climate change and adaptation. *Dans* : Clean energy and development: Towards an investment framework, 143–144. Banque Mondiale, Washington D.C., USA.
- Barlow, J. et Peres, C.A. 2004 Ecological responses to El Niño-induced surface fires in central Brazilian Amazonia: Management implications for flammable tropical forests. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 359 : 367–380.
- Bawa, K.S. et Dayanandan, S. 1998 Global climate change and tropical forest genetic resources. *Climatic Change* 39 : 473–485.
- Bazzaz, F.A. 1998 Tropical forests in a future climate: Changes in biological diversity and impact on the global carbon cycle. *Climatic Change* 39 : 317–336.
- Berthelot, M., Friedlingstein, P., Ciais, P., Monfray, P., Dufresne, J.L., Le Treut, H. et Fairhead, L. 2002 Global response of the terrestrial biosphere to CO₂ and climate change using a coupled climate-carbon-cycle model. *Global Biogeochemical Cycles* 16 (art. 1084).
- Bingham, G., Bishop, R., Brody, M., Bromley, D., Clark, E.T., Cooper, W., Costanza, R., Hale, T., Hayden, G., Kellert, S., Norgaard, R., Norton, B., Payne, J., Russell, C. et Suter, G. 1995 Issues in ecosystem valuation: Improving information for decision making. *Ecological Economics* 14 : 73–90.
- Bodin, P. et Wiman, B.L.B. 2007 The usefulness of stability concepts in forest management when coping with increasing climate uncertainties. *Forest Ecology and Management* 242 : 541–552.
- Bonell, M. et Bruijnzeel, L.A. 2005 Forests, water and people in the humid tropics: Past, present and future hydrological research for integrated land and water

- management. International Hydrology Series. Cambridge University Press, Cambridge, RU.
- Bouwer, L.M. et Aerts, J.C.J.H. 2006 Financing climate change adaptation. *Disasters* 30(1) : 49–63.
- Boyd, E. 2008 Navigating Amazonia under uncertainty: Past, present and future environmental governance. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363 : 1911–1916.
- Brockhaus, M. et Djoudi, H. 2008 Adaptation at the interface of forest ecosystem goods and services and livestock production systems in northern Mali. Infobrief 19. CIFOR, Bogor, Indonésie.
- Brockhaus, M. et Kambire, H. Forthcoming. Decentralization : window of opportunity for successful adaptation? *Dans* : Adger, N. W., Lorenzoni, I. et O'Brien, K. (éds) *Adapting to climate change: Thresholds, values, governance*. Cambridge University Press, Cambridge, RU.
- Brohan, P., Kennedy, J.J., Harris, I., Tett, S.F.B. et Jones, P.D. 2006 Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: A new dataset from 1850. *Journal of Geophysical Research* 111, D12106, doi:10.1029/2005JD006548.
- Brook, B.W., Sodhi, N.S. et Bradshaw, C.J.A. 2008 Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in Ecology and Evolution* 23(8) : 453–460.
- Brooks, N. 2003 Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. Tyndall Centre for Climate Change Research - Document de travail n° 38 - Norwich, RU.
- Brooks, N., Adger, W.N. et Kelly, P.M. 2005 The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change* 15 : 151–163.
- Bruijnzeel, L.A. 2004 Hydrological functions of tropical forests: Not seeing the soil for the trees? *Agriculture, Ecosystems and the Environment* 104 : 185–228.
- Buck, L., Geisler, C.C. et Schelhas, J. (éds) 2001 *Biological diversity: Balancing interests through adaptive collaborative management*. CRC Press, Boca Raton, Floride, USA.
- Burton, I., Huq, S., Lim, B., Pilifosova, O. et Schipper, E.L. 2002 From impact assessment to adaptation priorities: The shaping of adaptation policy. *Climate Policy* 2 : 145–149.
- Burton, I., Diringier, E. et Smith, J. 2006 *Adaptation to climate change: International policy options*. Pew Center on Global Climate Change, Arlington, Virginie, USA.
- Byron, R.N. et Arnold, J.E.M. 1999 What futures for the people of the tropical forests? *World Development* 27(5) : 789–805.

- Calder, I.R. 2002 Forests and hydrological services: Reconciling public and science perceptions. *Land Use and Water Resources Research* 2 : 1–12.
- Callaway, J.M. 2004 Adaptation benefits and costs: Are they important in the global policy picture and how can we estimate them? *Global Environmental Change* 14 : 273–282.
- Canadell, J.G., Ciais, P., Cox, P. et Heimann, M. 2004 Quantifying, understanding and managing the carbon cycle in the next decades. *Climatic Change* 67 : 147–160.
- Carter, T.R., Parry, M.L., Harasawa, H. et Nishioka, S. 1994 IPCC technical guidelines for assessing climate change impacts and adaptations. II^e Groupe de travail GIEC, University College London, Londres, RU et National Institute for Environmental Studies, Ibaraki, Japon.
- Cash, D.W., Adger, W.N., Berkes, F., Garden, P., Lebel, L., Olsson, P., Pritchard, L. et Young, O. 2006 Scale and cross-scale dynamics: Governance and information in a multilevel world. *Ecology and Society* 11(2) : 8 [en ligne] <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art8/> (19 oct. 2008).
- Chomitz, K. et Kumari, K. 1996 The domestic benefits of tropical forests. Document de travail 1601 de la Banque mondiale sur la recherche en matière de politique, Washington, D.C., USA.
- Christensen, J.H., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R.K., Kwon, W.-T., Laprise, R., *et al.* 2007 Regional climate projections. *Dans* : Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. et Miller, H.L. (éds) *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution du I^e Groupe de travail au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.* Cambridge University Press, Cambridge, RU.
- Centre de recherche forestière internationale (CIFOR) 2008 Adaptive collaborative management can help us cope with climate change (La gestion collaborative adaptative peut nous aider à faire face au changement climatique). CIFOR Infobrief 13, Bogor, Indonésie. 4 p.
- Clark, D.A. 2007 Detecting tropical forests' responses to global climatic and atmospheric change: Current challenges and a way forward. *Biotropica* 39(1) : 4–19.
- Colfer, C.J.P. 2005 The complex forest: Communities, uncertainty, and adaptive collaborative management. *Resources for the Future et CIFOR*, Washington, D.C., USA.
- Colfer, C.J.P. (éds) 2008 Human health and forests: A global overview of issues, practice and policy. Earthscan, Londres, RU. 374 p.
- Colfer, C.J.P., Sheil, D., Kaimowitz, D. et Kishi, M. 2006 Forests and human health in the tropics: Some important connections. *Unasylva* 57(224) : 3–10.

- Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) 2007 Climate change: Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries. CCNUCC, Bonn, Allemagne. 68 p.
- Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) 2008 Submitted national communications and national action programs for adaptation under the UNFCCC. <http://unfccc.int> (30 sept. 2008).
- Corlett, R.T. et Lafrankie, J.V. Jr 1998 Potential impacts of climate change on tropical Asian forests through an influence on phenology. *Climatic Change* 39 : 439–453.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R.S., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R., Sutton, P. et van den Belt, M. 1997 The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387 : 253–260.
- Cox, P.M., Betts, R.A., Collins, M., Harris, P.P., Huntingford, C. et Jones, C.D. 2004 Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century. *Theoretical and Applied Climatology* 78 : 137–156.
- Cramer, W., Bondeau, A., Schaphoff, S., Lucht, W., Smith, B. et Sitch, S. 2004 Tropical forests and the global carbon cycle: Impacts of atmospheric carbon dioxide, climate change and rate of deforestation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 359 : 331–343.
- Cuny, J.F. 2001 El Nino, a possible trigger mechanism. *Journal of Theoretics, Commentary* 3 (5) [en ligne] <http://www.journaloftheoretics.com/Articles/3-5/commentary3-5.htm> (8 Apr. 2003).
- Cutter, S.L., Boruff, B.J. et Shirley, W.L. 2003 Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly* 84(2) : 242–261.
- Daily, G.C. (éds) 1997 *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington, D.C., USA.
- De Groot, R.S. et Ramakrishnan, P.S. 2005 Cultural and amenity services. *Dans : Ecosystems and human well-being. Tome 1 : Current state and trends. Millennium Ecosystem Assessment Series*. Island Press, Washington, D.C., p. 455–476.
- Department for International Development (DFID) 2006 *Eliminating world poverty: Making governance work for the poor*. DFID, Londres, RU.
- Dounias, E.W. et Colfer C.J.P. 2008 Sociocultural dimensions of diet and health in forest-dwellers' systems. *Dans : Colfer, C.J.P. (éds) Human health and forests: A global overview of issues, practice and policy*. Earthscan, Londres, RU. p. 275–292.
- Dow, K. 1992 Exploring differences in our common future(s): The meaning of vulnerability to global environmental change. *Geoforum* 23 : 417–436.

- Dudley, N. 1998 Forests and climate change: A report for WWF International. Forest Innovations, Gland, Suisse.
- Eakin, H. et Bojórquez-Tapia, L.A. 2008 Insights into the composition of household vulnerability from multicriteria decision analysis. *Global Environmental Change* 18 : 112–127.
- Eakin, H. et Luers, A.L. 2006 Assessing the vulnerability of social-environmental systems. *Annual Review of Environment and Resources* 31 : 365–394.
- Egoh, B., Rouget, M., Reyers, B., Knight, A.T., Cowling, R.M., van Jaarsveld, A.S. et Welz, A. 2007 Integrating ecosystem services into conservation assessments: A review. *Ecological Economics* 63 : 714–721.
- Enquist, C.A.F. 2002 Predicted regional impacts of climate change on the geographical distribution and diversity of tropical forests in Costa Rica. *Journal of Biogeography* 29(4) : 519–534.
- Evans, K. et Guariguata, M. 2008 Participatory monitoring in tropical forest management: A review of tools, concepts and lessons learned. CIFOR, Bogor, Indonésie.
- Evans, K., Velarde, S.J., Prieto, R.P., Rao, S.N., Sertzen, S., Davila, K., Cronkleton, P. et de Jong, W. 2006 Field guide to the future: Four ways for communities to think ahead. CIFOR, Alternatives to Slash and Burn Consortium et World Agroforestry Centre, Nairobi, Kenya.
- Evans, K., de Jong, W. et Cronkleton, P. 2008 Future scenarios as a tool for collaboration in forest communities. *Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society* 1 : 97–103.
- Farber, S.C., Costanza, R. et Wilson, M.A. 2002 Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics* 41 : 375–392.
- Fischlin, A., Midgley, G.F., Price, J.T., Leemans, R., Gopal, B., Turley, C., Rounsevell, M.D.A., Dube, O.P., Tarazona, J. et Velichko, A.A. 2007 Ecosystems, their properties, goods, and services. *Dans* : Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. et Hanson, C.E. (éds) *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution du II^e Groupe de travail au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, 211–272. Cambridge University Press, Cambridge, RU.
- Folke, C., Hahn, T., Olsson, P. et Norberg, J. 2005 Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources* 30 : 441–473.
- Foster, P. 2002 The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Reviews* 55(1–2) : 73–106.
- Füssel, H.M. 2007a Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change* 17(2) : 155–167.

- Füssel, H.M. 2007b Adaptation planning for climate change: Concepts, assessment approaches, and key lessons. *Sustainability Science* 2 : 265–275.
- Füssel, H.M. et Klein, R.J.T. 2006 Climate change vulnerability assessments: An evolution of conceptual thinking. *Climatic Change* 75(3) : 301–329.
- GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) 2007 Climate change 2007: Synthesis report. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Equipe de rédaction cadre, Pachauri, R.K et Reisinger, A. (éds)]. GIEC, Genève, Suisse. 104 p.
- Giorgi, F. 2006 Climate change hot-spots. *Geophysical Research Letters* 33, L08707, doi: 10.1029/2006GL025734.
- Gitay, H., Suarez, A., Watson, R.T. et Dokken, D.J. (éds) 2002 Climate change and biodiversity. Fiche technique du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), Genève, Suisse.
- Glantz, M.H. (éds) 2001 Once burned, twice shy? Enseignements tirés de El Niño 1997–98. Université des Nations Unies, Tokyo, Japon.
- Goldammer, J.G. et Price, C. 1998 Potential impacts of climate change on fire regimes in the tropics based on MAGICC and a GISS GCM-derived lightning model. *Climatic Change* 39 : 273–296.
- Granger Morgan, M., Pitelka, L.F. et Shevliakova, E. 2001 Elicitation of expert judgments of climate change impacts on forest ecosystems. *Climatic Change* 49 : 279–307.
- Guariguata, M.R., Cornelius, J.P., Locatelli, B., Forner, C. et Sánchez-Azofeifa, G.A. 2008 Mitigation needs adaptation: Tropical forestry and climate change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 13 : 793–808.
- Guijt, I. 2007 Negotiated learning: Collaborative monitoring for forest resource management. RFF/CIFOR, Washington, D.C., USA.
- Hannah, L., Midgley, G.F., Lovejoy, T., Bond, W.J., Bush, M., Lovett, J.C., Scott, D. et Woodward, F.I. 2002 Conservation of biodiversity in a changing climate. *Conservation Biology* 16(1) : 264–268.
- Hansen, L.J., Biringer, J.L. et Hoffman, J.R. 2003 Buying time: A user's manual for building resistance and resilience to climate change in natural systems. WWF, Climate Change Program, Berlin, Allemagne. 246 p.
- Hartanto, H., Lorenzo, M.C.B., Valmore, C., Arda-Minas, L., Burton, L. et Prabhu, R. 2003 Learning together: Responding to change and complexity to improve community forests in the Philippines. CIFOR, Bogor, Indonésie. 166 p.

- Hein, L., van Koppen, K., de Groot, R.S. et van Ierland, E.C. 2006 Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. *Ecological Economics* 57 : 209–228.
- Hilbert, D.W., Ostendorf, B. et Hopkins, M.S. 2001 Sensitivity of tropical forests to climate change in the humid tropics of north Queensland. *Austral Ecology* 26 : 590–603.
- Hitz, S. et Smith, J. 2004. Estimating global impacts from climate change. *Global Environmental Change Part A* 14(3) : 201–218.
- Hughen, K.A., Eglinton, T.I., Xu, L. et Makou, M. 2004 Abrupt tropical vegetation response to rapid climate changes. *Science* 304 : 1955–1959.
- Hulme, P.E. 2005 Adapting to climate change: Is there scope for ecological management in the face of a global threat? *Journal of Applied Ecology* 42 : 784–794.
- Huq, S. et Burton, I. 2003 Funding adaptation to climate change: What, who and how to fund? IIED (Institut international pour l'environnement et le développement) Série Sustainable Development Opinion, Londres, RU.
- Huq, S., Rahman, A., Konate, M., Sokona, Y. et Reid, H. 2003 Mainstreaming adaptation to climate change in least developed countries (*LDCs*) (Intégrer l'adaptation au changement climatique dans les pays les moins avancés (PMA)). IIED (Institut international pour l'environnement et le développement), Londres, RU. 40 p.
- Innes, J.L. et Hickey, G.M. 2006 The importance of climate change when considering the role of forests in the alleviation of poverty. *International Forestry Review* 8(4) : 406–416.
- IUCN 2003 Climate change and nature: Adapting for the future. IUCN, Gland, Suisse. 6 p.
- Johnston, M. et Williamson, T. 2007 A framework for assessing climate change vulnerability of the Canadian forest sector. *The Forestry Chronicle* 83(3) : 358–361.
- Julius, S.H. et West, J.M. (éds) 2008 Preliminary review of adaptation options for climate-sensitive ecosystems and resources. Rapport du US Climate Change Science Program et du Subcommittee on Global Change Research. US Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA. 873 p.
- Kalame, F.N.J., Idinoba, M. et Kanninen, M. à l'impression. Matching national forest policies and management practices for climate change adaptation in Burkina Faso and Ghana. *Mitigation and Adaptation for Global Change*. doi: 10.1007/s11027-008-9155-4.
- Kates, R.W. 2000 Cautionary tales: Adaptation and the global poor. *Climatic Change* 45 : 5–17.

- Killeen, T.J. et Solórzano, L.A. 2008 Conservation strategies to mitigate impacts from climate change in Amazonia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363 : 1881–1888.
- Klein, R.J.T. 2006 Mainstreaming adaptation to climate change into official development assistance: Promoting synergies or diverting money. *Université d'Oslo, Global Environmental Change and Human Security News* (printemps 2006) : 4–6.
- Klein, R.J.T., Huq, S., Denton, F., Downing, T., Richels, R.G., Robinson, J.B. et Toth, F.L. 2007 Inter-relationships between adaptation and mitigation. *Dans* : Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. et Hanson, C.E. (éds) *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution du II^e Groupe de travail au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, 23–78. Cambridge University Press, Cambridge, RU.
- Komarudin, H., Siagian, Y.L., Colfer, C.J.P., Neldysavrino, Syamsuddin et Irawan, D. 2008 Collective action to secure property rights for the poor: A case study in Jambi Province, Indonesia. CAPRI [Collective Action and Property Rights], Document de travail n° 90, Washington, D.C., USA. 46 p.
- Kusters, K. et Belcher, B. (éds) 2004 *Forest products, livelihoods and conservation: Case studies of non-timber forest product systems. Tome 1 : Asie*. CIFOR, Bogor, Indonésie. 365 p.
- Lebel, L., Anderies, J.M., Campbell, B., Folke, C., Hatfield-Dodds, S., Hughes, T.P. et Wilson, J. 2006 Governance and the capacity to manage resilience in regional social-ecological systems. *Ecology and Society* 11(1) : 19 [en ligne] <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art19/> (13 nov. 2008).
- Leemans, R. et Eickhout, B. 2004 Another reason for concern: Regional and global impacts on ecosystems for different levels of climate change. *Global Environmental Change* 14 : 219–228.
- Lemos, M.C., Boyd, E., Tompkins, E.L., Osbahr, H. et Liverman, D. 2007 Developing adaptation and adapting development. *Ecology and Society* 12(2) : 26 [en ligne] <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art26/> (13 nov. 2008).
- Levy, M., Babu, S. et Hamilton, K. 2005 Ecosystem conditions and human well-being. *Dans* : *Ecosystems and human well-being. Tome 1 : Current state and trends*, 123–164. Millennium Ecosystem Assessment Series. Island Press, Washington, D.C., USA.
- Lim, B. et Spanger-Siegfried, E. (éds) 2004 *Adaptation policy frameworks for climate change: Developing strategies, policies and measures*. Cambridge University Press, Cambridge, RU. 258 p.

- Loope, L.L. et Giambelluca, T.W. 1998 Vulnerability of island tropical montane cloud forests to climate change with special reference to East Maui, Hawaii. *Climatic Change* 39 : 503–517.
- Ludwig, D. 2000 Limitations of economic valuation of ecosystems. *Ecosystems* 3 : 31–35.
- Luers, A.L. 2005 The surface of vulnerability: An analytical framework for examining environmental change. *Global Environmental Change* 15 : 214–223.
- Luers, A.L., Lobell, D., Sklar, L.S., Addams, C.L. et Matson, P.M. 2003 A method for quantifying vulnerability, applied to the Yaqui Valley, Mexico. *Global Environmental Change* 13 : 255–267.
- Macqueen, D. et Vermeulen, S. 2006 Climate change and forest resilience. IIED [Institut international pour l'environnement et le développement] Sustainable Development Opinion, Londres, RU.
- Malcolm, J.R., Markham, A., Neilson, R.P. et Garaci, M. 2002 Estimated migration rates under scenarios of global climate change. *Journal of Biogeography* 29 : 835–849.
- Malcolm, J.R., Liu, C., Neilson, R.P., Hansen, L. et Hannah, L. 2006 Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conservation Biology* 20(2) : 538–548.
- Måler, K.G. 2008 Sustainable development and resilience in ecosystems. *Environmental Resource Economics* 39 : 17–24.
- Malhi, Y., Roberts, J.T., Betts, R.A., Killeen, T.J., Li, W. et Nobre, C.A. 2008 Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. *Science* 319(5860) : 169–172.
- Markham, A. 1996 Potential impacts of climate change on ecosystems: Review of implications for policymakers and conservation biologists. *Climate Research* 6 : 179–191.
- McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. et White, K.S. (éds) 2001 *Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge, RU.
- McCarty, J.P. 2001 Ecological consequences of recent climate change. *Conservation Biology* 15(2) : 320–331.
- McDougall, C. 2002 *Adaptive and collaborative management of community forests: Nepal country report*. CIFOR, Bogor, Indonésie.
- Meehl, G.A., Zwiers, F., Evans, J., Knutson, T., Mearns, L.O. et Whetton, P. 2000 Trends in extreme weather and climate events: Issues related to modeling extremes in projections of future climate change. *Bulletin of the American Meteorological Society* 81 : 427–436.

- Meehl, G.A., Stocker, T.F., Collins, W.D., Friedlingstein, P., Gaye, A.T., Gregory, J.M., Kitoh, A., Knutti, R., Murphy, J.M., Noda, A., *et al.* 2007 Global climate projections. *Dans* : Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. et Miller, H.L. (éds) *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution du 1^e Groupe de travail au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.* Cambridge University Press, Cambridge, RU et New York, USA.
- Mendoza, G.A. et Prabhu, R. 2005 Combining participatory modelling and multi-criteria analysis for community-based forest management. *Forest Ecology and Management* 207 : 145–156.
- Metzger, M.J., Leemans, R. et Schröter, D. 2005 A multidisciplinary multi-scale framework for assessing vulnerabilities to global change. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 7(4) : 253–267.
- Metzger, M.J., Rounsevell, M.D.A., Acosta-Michlik, L., Leemans, R. et Schröter, D. 2006 The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114 : 69–85.
- Midgley, G.F., Thuiller, W. et Higgins, S.I. 2007 Plant species migration as a key uncertainty in predicting future impacts of climate change on ecosystems: Progress and challenges. *Dans* : Canadell, J., Pataki, D.E. et Pitelka, L.F. (éds) *Terrestrial ecosystems in a changing world*, 129–137. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Miles, L., Newton, A.C., DeFries, R.S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V. et Gordon, J.E. 2006 A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33(3) : 491–505.
- Millar, C.I., Stephenson, N.L. et Stephens, S.L. 2007 Climate change and forests of the future: Managing in the face of uncertainty. *Ecological Applications* 17(8) : 2145–2151.
- Millennium Ecosystem Assessment 2003 *People and ecosystems: A framework for assessment and action.* Island Press, Washington, D.C., USA.
- Millennium Ecosystem Assessment 2005 *Ecosystems and human well-being: Synthesis.* Island Press, Washington, D.C., USA.
- Mills, E. 2005 Insurance in a climate of change. *Science* 309 : 1040–1044.
- Mitchell, T.D. et Hulme, M. 1999 Predicting regional climate change: Living with uncertainty. *Progress in Physical Geography* 23(1) : 57–78.
- Mortimore, M. et Adams, W.M. 2001 Farmer adaptation, change and crisis in the Sahel. *Global Environmental Change* 11(1) : 49–57.

- Mortimore, M. et Manvell, A. 2006 Climate change: Enhancing adaptive capacity. NRSP [Natural Resource Systems Program] Mémoire. HTSPE, Hemel Hempstead, RU.
- Moss, R.H., Brenkert, A.L. et Malone, E.L. 2001 Vulnerability to climate change: A quantitative approach. US Department of Energy, Oak Ridge, Tennessee, USA.
- Mueller, J.M. et Hellmann, J.J. 2008 An assessment of invasion risk from assisted migration. *Conservation Biology* 2(3) : 562–567.
- Müller, B. 2008 International adaptation: The need for an innovative and strategic approach. EV42. Oxford Institute for Energy Studies. 43 p.
- Murdiyarso, D. et Lebel, L. 2007 Local and global perspectives of Southeast Asian forest and land fires. *Journal of Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12 : 3–11.
- Murdiyarso, D., Robledo, C., Brown, S., Coto, O., Drexhage, J., Forner, C., Kanninen, M., Lipper, L., North, N. et Rondon, M. 2005 Linkages between mitigation and adaptation in land-use change and forestry activities. *Dans* : Robledo, C., Kanninen, M. et Pedroni, L. (éds) *Tropical forests and adaptation to climate change: In search of synergies*, 122–153. CIFOR, Bogor, Indonésie.
- Mwakifwamba, S. et Mwakasonda, S. 2001 Assessment of vulnerability and adaptation to climate change in the forest sector in Tanzania. The Centre for Energy, Environment, Science and Technology (CEEST), Tanzanie.
- Nabuurs, G.J., Masera, O., Andrasko, K., Benitez-Ponce, P., Boer, R., Dutschke, M., Elsiddig, E., Ford-Robertson, J., Frumhoff, P., Karjalainen, T., *et al.* 2007 Forestry. *Dans* : Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R. et Meyer, L.A. (éds) *Climate change 2007: mitigation. Contribution du III^e Groupe de travail au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Cambridge University Press, Cambridge, RU et New York, USA.
- Nakicenovic, N. et Swart, R. (éds) 2000 *Emissions scenarios*. Cambridge University Press, RU. 432 p.
- Nasi, R., Brown, D., Wilkie, D., Bennett, E., Tutin, C., van Tol, G. et Christophersen, T. 2008 Conservation and use of wildlife-based resources: The bushmeat crisis. Série technique n° 33. Secretariat of the Convention on Biological Diversity et CIFOR, Montréal, Canada et Bogor, Indonésie. 50 p.
- National Research Council 2004 *Valuing ecosystem services: Toward better environmental decision-making*. National Academies Press, Washington, D.C., USA. 290 p.

- Nepstad, D.C., Stickler, C.M., Soares-Filho, B. et Merry, F. 2008 Interactions among Amazon land use, forests and climate: Prospects for a near-term forest tipping point. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363(1498) : 1737–1746.
- Nijkamp, P., Vindigni, G. et Nunes, P.A.L.D. 2008 Economic valuation of biodiversity: A comparative study. *Ecological Economics* 67(2) : 217–231.
- Norton, B.G. et Noonan, D. 2007 Ecology and valuation: Big changes needed. *Ecological Economics* 63 : 664–675.
- Noss, R.F. 2001 Beyond Kyoto: Forest management in a time of rapid climate change. *Conservation Biology* 15(3) : 578–590.
- O'Brien, K., Leichenko, R., Kelkar, U., Venema, H., Aandahl, G., Tompkins, H., Javed, A., Bhadwal, S., Barg, S., Nygaard, L. et West, J. 2004 Mapping vulnerability to multiple stressors: Climate change and globalization in India. *Global Environmental Change* 14 : 303–313.
- Ogden, A.E. et Innes, J.L. 2008. Climate change adaptation and regional forest planning in southern Yukon, Canada. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 13 : 833–861.
- Orlove, B. 2005 Human adaptation to climate change: A review of three historical cases and some general perspectives. *Environmental Science and Policy* 8(6) : 589–600.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et [CIFOR] 2005 Forests and floods: Drowning in fiction or thriving on facts? *Forest Perspectives* (série n° 2). CIFOR, Bogor, Indonésie. 40 p.
- Paavola, J. et Adger, W.N. 2006 Fair adaptation to climate change. *Ecological Economics* 56 : 594–609.
- Parry, M.L., Canziani, O.F. et Palutikof, J.P. 2007 Technical summary. *Dans* : Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. et Hanson, C.E. (éds) *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution du II^e Groupe de travail au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évaluation du climat*, 23–78. Cambridge University Press, Cambridge, RU.
- Pattanayak, S.K. 2004 Valuing watershed services: Concepts and empirics from Southeast Asia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104 : 171–184.
- Pearson, R.G. 2006 Climate change and the migration capacity of species. *Trends in Ecology and Evolution* 21(3) : 111–113.
- Pelling, M. et High, C. 2005 Understanding adaptation: What can social capital offer assessments of adaptive capacity? *Global Environmental Change A* 15(4) : 308–319.

- Peterson, G., Allen, C.R. et Holling, C.S. 1998 Ecological resilience, biodiversity, and scale. *Ecosystems* 1 : 6–18.
- Pfund, J.L., Watts, J.D., Boffa, J., Colfer, C.J., Dewi, S., Guizol, P., Levang, P., van Noordwijk, M., Rantala, S., Shanley, P. et Swallow, B. 2008 Integrating livelihoods and multiple biodiversity values in landscape mosaics: Research guidelines. CIFOR et CIRAF, Bogor, Indonésie et Nairobi, Kenya. <http://www.biodiversityplatform.cgiar.org>.
- Pounds, J.A., Fogdan, M.P.L. et Campbell, J.H. 1999 Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* 398 : 611–615.
- Prabhu, R. et Colfer, C.J.P. 1996 Testing criteria and indicators for the sustainable management of forests: A report on phase I of the CIFOR research project. GTZ Wald-Info et CIFOR, Bogor, Indonésie.
- Prabhu, R., Maynard, W., Atyi, R.E., Colfer, C.J.P., Shepherd, G., Venkateswarlu, P. et Tiayon, F. 1998 Testing and developing criteria and indicators for sustainable forest management in Cameroon: The Kribi test. Rapport final. CIFOR, Bogor, Indonésie.
- Price, D.T. et Flannigan, M.D. 2000 Modelling impacts of climate change on forests and forestry using climate scenarios. *Dans* : Cramer, W., Doherty, R., Hulme, M. et Viner, D. (éds) *Climate scenarios for agricultural and ecosystem impacts*. Actes du 2^e atelier de l'Initiative de concertation ECLAT-2 de l'UE, Potsdam, Allemagne, 13–15 octobre 2000. Climatic Research Unit, Norwich, RU.
- Pritchard, L., Folke, C. et Gunderson, L. 2000 Valuation of ecosystem services in institutional context. *Ecosystems* 3 : 36–40.
- Ramakrishnan, P.S. 2007 Traditional forest knowledge and sustainable forestry: A north-east India perspective. *Forest Ecology and Management* 249(1–2) : 91–99.
- Randal, D.A., Wood, R.A., Bony, S., Colman, R., Fichet, T., Fyfe, J., Kattsov, V., Pitman, A., Shukla, J., Srinivasan, J., *et al.* 2007 Climate models and their evaluation. *Dans* : Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. et Miller, H.L. (éds) *Climate change 2007: the physical science basis*. Contribution du Ie Groupe de travail au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cambridge University Press, Cambridge, RU et New York, USA.
- Ravindranath, N.H. 2007 Mitigation and adaptation synergy in forest sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12(5) : 843–853.
- Ribot, J.C. 2001 Science, use rights and exclusion: A history of forestry in Francophone West Africa. Issues Paper 104. IIED, Londres, RU.

- Ribot, J.C., Agrawal, A. et Larson, A.M. 2006 Recentralizing while decentralizing: How national governments reappropriate forest resources. *World Development* 34 : 1864–1886.
- Root, T.L., Price, J.T., Hall, K.R., Schneider, S.H., Rosenzweig, C. et Pounds, J.A. 2003 Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421 : 57–60.
- Saji, N.H., Goswami, B.N., Vinayachandran, P.N. et Yamagata, T. 1999 A dipole mode in the tropical Indian Ocean. *Nature* 401 : 360–363.
- Salinger, M.J. 2005 Climate variability and change: Past, present and future – an overview. *Climatic Change* 70 : 9–29.
- Schröter, D., Polsky, C. et Patt, A.G. 2005 Assessing vulnerabilities to the effects of global change: An eight step approach. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 10 : 573–596.
- Shea, G.A., Francisca, I. et Andaryati, A. 2005. Gender and climate change in Indonesia. *Dans* : Murdiyarso D. et Herawati H. (éds) *Carbon forestry: Who will benefit? Actes de l'atelier sur la séquestration de carbone et des moyens de subsistance durable*, 176–196. CIFOR, Bogor, Indonésie.
- Shvidenko, A., Barber, C.V. et Persson, R. 2005 Forest and woodland systems. *Dans* : *Ecosystems and human well-being. Tome 1 : Current state and trends*, 585–621. Millennium Ecosystem Assessment Series. Island Press, Washington, D.C., USA.
- Smit, B., Burton, I., Klein, R.J.T. et Street, R. 1999 The science of adaptation: A framework for assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 4 : 199–213.
- Smithers, J. et Smit, B. 1997 Human adaptation to climatic variability and change. *Global Environmental Change* 7(2) : 129–146.
- Solomon, S., *et al.* 2007 Technical summary. *Dans* : Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. et Miller, H.L. (éds) *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution du Ie Groupe de travail au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Cambridge University Press, Cambridge, RU et New York, USA.
- Spittlehouse, D.L. 2005 Integrating climate change adaptation into forest management. *The Forestry Chronicle* 81 : 691–695.
- Spittlehouse, D.L. et Stewart, R.B. 2003 Adaptation to climate change in forest management. *BC Journal of Ecosystems and Management* 4(1) : 1–11.
- Stern, N. 2007 *The economics of climate change: The Stern review*. Cambridge University Press, Cambridge, RU.

- Sullivan, C. et Meigh, J. 2005 Targeting attention on local vulnerabilities using an integrated index approach: The example of the Climate Vulnerability Index. *Water Science and Technology* 51(5) : 69–78.
- Sunderland, T.C.H. et Ndoye, O. (éds) 2004 Forest products, livelihoods and conservation: Case studies of non-timber forest product systems. Tome 2 : Afrique. CIFOR, Bogor, Indonésie. 333 p.
- Sutcliffe, S. et Court, J. 2006 A toolkit for progressive policymakers in developing countries. ODI, Research and Policy in Development Programme, Londres, RU.
- Tacconi, L. 2007 Decentralization, forests and livelihoods: Theory and narrative. *Global Environmental Change – Human and Policy Dimensions* 17 : 338–348.
- Tompkins, E.L. et Adger, W.N. 2004 Does adaptive management of natural resources enhance resilience to climate change? *Ecology and Society* 9(2) : 10 [en ligne] <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art10/> (13 Nov. 2008).
- Trenberth, K.E. et Hoar, T.J. 1996 The 1990-1995 El Nino-Southern oscillation event: longest on record. *Geophysical Research Letters* 23 : 57–60.
- Trenberth, K.E., Jones, P.D., Ambenje, P., Bojariu, R., Easterling, D., Klein Tank, A., Parker, D., Rahimzadeh, F., Renwick, J.A., Rusticucci, M., *et al.* 2007 Observations: Surface and atmospheric climate change. *Dans* : Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. et Miller, H.L. (éds) *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution du Groupe de travail au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.* Cambridge University Press, Cambridge, RU et New York, USA.
- Turner II, B.L., Kasperson, R.E., Matson, P.A., McCarthy, J.J., Corell, R.W., Christensen, L., Eckley, N., Kasperson, J.X., Luers, A., Martello, M.L., Polsky, C., Pulsipher, A. et Schiller, A. 2003 A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Actes de la National Academy of Sciences des Etats-Unis d'Amérique* 100 : 8074–8079.
- Vinayachandran, P.N., Iizuka, S. et Yamagata, T. 2002 Indian Ocean dipole mode events in an ocean general circulation model. *Deep Sea Research II* 49 : 1573–1596.
- Vincent, K. 2004 Creating an index of social vulnerability for Africa. Document de travail 56. Tyndall Centre for Climate Change Research, Université d'East Anglia, Norwich, RU.
- Walker, B.H. 1992 Biodiversity and ecological redundancy. *Conservation Biology* 6 : 18–23.
- Walker, B.H. 1995 Conserving biological diversity through ecosystem resilience. *Conservation Biology* 9 : 747–752.

- Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.R. et Kinzig, A. 2004 Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society* 9(2) : 5. <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5> (13 nov. 2008).
- Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D.J. et Dokken, D.J. (éds) 2000 Land use, land-use change, and forestry. Rapport du GIEC. Cambridge University Press, Cambridge, RU. 377 p.
- Wollenberg, E., Edmunds, D. et Buck, L. 1999 Using scenarios to make decisions about the future: Anticipatory learning for the adaptive co-management of community forests. *Landscape and Urban Planning* 47 : 65–77.
- World Resources Institute (WRI), IUCN et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) 1992 Global biodiversity strategy. WRI, IUCN et PNUE, Washington, D.C., USA.
- Wright, S.J. 2005 Tropical forests in a changing environment. *Trends in Ecology and Evolution* 20(10) : 553–560.
- Wunder, S. 2005 Payments for environmental services: Some nuts and bolts. Document hors série n° 42. CIFOR, Bogor, Indonésie.
- Yuliani, E.L., Adnan, H. et Indriatmoko, Y. 2008a The use of appreciative inquiry as a tool for enhancing adaptive capacity in natural resources management. Document présenté à l'International Association for the Study of the Commons, Cheltenham, RU, juillet 2008.
- Yuliani, E.L., Indriatmoko, Y., Valentinus, H., Ernawati, S., Prasetyo, L.B. et Zul, M.S. 2008b Promoting good governance in managing Danau Sentarum National Park through adaptive collaborative management approach. *Dans* : Manos, B. et Papathanasiou, J. (éds) Governance and ecosystems management for conservation of biodiversity. Projet Gemconbio, EU et Université d'Aristotle de Thessaloniki.

Sur le plan international, les mesures les plus notables prises pour faire face au changement climatique sont axées sur l'atténuation (réduire l'accumulation de gaz à effet de serre) plutôt que sur l'adaptation (réduire la vulnérabilité de la société et des écosystèmes). Toutefois, le changement climatique étant inévitable, l'adaptation gagne de l'importance dans l'arène politique et fait partie intégrale des négociations en cours vers un nouvel accord international.

Ce rapport montre l'importance de l'adaptation pour les forêts tropicales (réduire les impacts du changement climatique sur les forêts et services écosystémiques) et des forêts tropicales pour l'adaptation (utiliser les forêts pour aider les populations locales et la société en général à s'adapter aux changements inévitables).

Les politiques afférentes aux forêts et à l'adaptation au changement climatique doivent répondre à ces préoccupations et adopter une approche intersectorielle, essentielle pour définir des stratégies d'adaptation à multiples bénéfices. En outre, les organisations qui participent à l'élaboration et à la mise en œuvre des politiques doivent elles-mêmes faire preuve de souplesse et être capables de tirer des enseignements de la dynamique des systèmes humains et environnementaux. Et tout ceci doit s'effectuer à tous les niveaux, de la communauté locale au gouvernement national, en passant par les organisations internationales.

Une annexe au rapport couvre les scénarios de climat, les concepts de vulnérabilité et d'adaptation et les politiques et fonds internationaux.

Les *Regards sur la forêt* du CIFOR favorisent les échanges de vues et le débat sur les aspects clé de la forêt. Téléchargez-en un exemplaire sur le site : www.cifor.cgiar.org/publications.

www.cifor.cgiar.org

