

Chapitre 4

Changement climatique et gestion des ressources naturelles : Principales thématiques des études de cas

par

Shardul Agrawala, Simone Gigli, Vivian Raksakulthai, Andreas Hemp,
Annett Moehner, Declan Conway, Mohamed El Raey, Ahsan Uddin Ahmed,
James Risbey, Walter Baethgen et Daniel Martino

Les ressources naturelles et leur gestion forment une interface essentielle entre la lutte contre le changement climatique et le développement. Le changement climatique peut rejaillir sur la qualité et la fiabilité de nombreux services assurés par les ressources naturelles. Par ailleurs, ces dernières jouent un rôle important dans l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et servent également de première ligne de défense face au changement climatique. Ce chapitre étudie les divers synergies et antagonismes en matière d'intégration de la problématique du changement climatique dans la gestion des ressources naturelles dans six systèmes clés : l'Himalaya au Népal, le Kilimandjaro en Tanzanie, le Nil en Égypte, les Sundarbans au Bangladesh, les mangroves côtières à Fidji, et les secteurs agricole et forestier en Uruguay. Les incidences du changement climatique et l'adaptation à ce phénomène constituent l'axe prioritaire de réflexion dans cinq de ces six études, celle sur l'Uruguay examinant les liens avec l'atténuation des émissions de GES.

1. Introduction

La question des ressources naturelles et de leur gestion constitue une interface essentielle entre le changement climatique et le développement. Outre qu'elles offrent de nombreux biens et services qui procurent des moyens d'existence au monde rural, qui améliorent la qualité de l'environnement et qui favorisent le développement économique, les ressources naturelles servent de première ligne de défense dans la lutte contre le changement climatique. En effet, le changement climatique peut avoir des incidences sur la qualité, la quantité et la fiabilité d'un grand nombre des services apportés par les ressources naturelles. Ces incidences peuvent, à leur tour, affecter un ensemble d'objectifs de développement, allant de la lutte contre la pauvreté au soutien de la croissance économique. De surcroît, dans la lutte contre le changement climatique, les politiques de gestion des ressources naturelles jouent un rôle déterminant en assurant plusieurs fonctions qui vont du développement des possibilités de piégeage du carbone par le boisement, à la réduction des émissions de GES par une exploitation accrue de la biomasse et de l'hydroélectricité.

Ce chapitre étudie les divers synergies et antagonismes en matière d'intégration de la problématique du changement climatique dans les objectifs de développement et de gestion des ressources naturelles dans six systèmes clés : l'Himalaya au Népal, le Kilimandjaro en Tanzanie, le Nil en Égypte, les Sundarbans au Bangladesh, les mangroves côtières à Fidji, et les secteurs agricole et forestier en Uruguay. Cette sélection géographique comprend plusieurs emblèmes de la conservation : le Kilimandjaro et les Sundarbans sont des sites classés patrimoine mondial de l'UNESCO, quand le réseau hydrographique du Nil et l'Himalaya abritent plusieurs sites analogues. Si le nombre restreint de cas étudiés limite, à l'évidence, les possibilités de généralisation, les six études de cas couvrent néanmoins un large éventail de systèmes naturels et aménagés tels que montagnes, ressources en eau, forêts, zones côtières et terres agricoles. Les incidences du changement climatique et l'adaptation à ce changement constituent l'axe prioritaire de réflexion dans cinq de ces six études, celle sur l'Uruguay examinant les liens entre l'atténuation des émissions de GES et les politiques agricole et forestière. Les sections qui suivent présentent chacune de ces études de façon quelque peu détaillée et examinent les synergies et les antagonismes entre, d'une part, les considérations touchant au changement climatique, et de l'autre, les priorités

liées à la conservation et au développement économique. La dernière section recense les principales thématiques qui peuvent être dégagées de ces études de cas.

2. Recul des glaciers et débâcles glaciaires dans l'Himalaya au Népal

Le Népal est un royaume petit et enclavé de la chaîne de l'Himalaya, situé entre les géants asiatiques que sont la Chine et l'Inde. Il compte huit des dix sommets les plus hauts du monde, dont le mont Everest qui culmine à 8 848 mètres au-dessus du niveau de la mer. Il abrite aussi des régions qui se situent à 80 mètres à peine au-dessus du niveau de la mer. Cet écart d'altitude entre le nord et le sud se produisant dans un rayon d'à peine 200 km, le climat du Népal présente une variation spatiale extrême, allant du climat arctique au climat tropical, sur une distance comparable à la taille d'une maille moyenne dans un modèle climatique.

Malgré la beauté de son milieu naturel et son énorme potentiel hydroélectrique et touristique, le Népal fait partie des pays les plus pauvres du monde avec 82,5 % de la population vivant en dessous du seuil international de pauvreté de 2 USD par jour. En fait, 38 % environ de sa population survit avec moins d'1 USD par jour (Banque mondiale, 2002). La population est essentiellement rurale, et l'agriculture est le moyen de subsistance de près de 81 % d'entre elle, contribuant au PIB à hauteur de 40 %. La majorité des agriculteurs dépendent de l'eau des nombreux cours d'eau himalayens, alimentés par la mousson durant la saison des pluies et par la fonte des neiges lors de la saison sèche. L'économie du Népal est aussi fortement tributaire des devises étrangères procurées par le tourisme lié à ses montagnes et à ses autres ressources naturelles. De plus, son infrastructure électrique est très dépendante de l'énergie hydraulique, qui fournit 91 % de l'électricité produite.

2.1. Conséquences du changement climatique

Les glaciers et les ressources en eau constituent les principaux canaux de développement du Népal dans presque tous les domaines. Les cours d'eau, alimentés par la fonte des neiges et les moussons, apportent l'eau nécessaire aux activités agricoles qui assurent la subsistance de la quasi-totalité de la population, et ils approvisionnent la production hydroélectrique. Les sommets couverts de glace constituent un des principaux pôles d'attraction pour le tourisme étranger. L'évolution récente du climat et les projections du changement climatique laissent présager des conséquences importantes pour ces ressources naturelles essentielles. Des études attestent d'un réchauffement notable au Népal depuis la fin des années 70. Le réchauffement nettement plus important enregistré au niveau des sommets les plus hauts de l'Himalaya

témoigne de cette évolution (Shrestha et al., 1999). Les mesures réalisées sur l'autre versant de la chaîne de l'Himalaya au Tibet confirment la sensibilité des hautes altitudes à la hausse des températures (Liu et Chen, 2000).

Un réchauffement plus marqué aux altitudes les plus élevées est particulièrement préoccupant au Népal, car il accentue le recul des glaciers et, plus généralement, la fonte des glaces. Si l'évolution constatée concernant le régime pluviométrique et le débit des cours d'eau est nettement moins prononcée que celle observée s'agissant des températures et du recul des glaciers, l'augmentation des événements pluviométriques intenses et le nombre de jours consécutifs d'inondations sont néanmoins attestés par des études (Shakya 2003).

De surcroît, les scénarios du changement climatique au Népal établis à l'aide de modèles climatiques multiples font état de profils de réchauffement concordants, qui prévoient des hausses de température de 1.2 °C d'ici à 2050 et de 3 °C d'ici à 2100 (OCDE, 2003a). Certains indices donnent aussi à penser que la mousson d'été pourrait s'intensifier, ce qui serait cohérent avec le constat d'une augmentation des précipitations d'été intenses.

2.1.1. Impacts sur le recul des glaciers et le débit des cours d'eau

Les modifications observées du climat ont déjà eu des impacts significatifs dans l'Himalaya népalais. Les glaciers du Népal, qui sont globalement en régression, accusent une vitesse de recul mesurée de l'ordre de 30 à 60 mètres par décennie (Shrestha et Shrestha, 2004). D'après les projections du changement climatique, ce recul devrait se poursuivre, voire s'accélérer. Le recul continu des glaciers et la réduction des précipitations hivernales, également prévue par ces projections, réduiront le débit des cours d'eau à la saison sèche. Il s'agit là d'un point crucial car la saison sèche peut durer jusqu'à neuf mois et toute réduction du débit aura des conséquences majeures pour l'agriculture et la production d'hydroélectricité. Par ailleurs, toute intensification de la mousson d'été – qui a déjà été observée et qui figure dans les projections du changement climatique – accroîtra la vulnérabilité des populations et des infrastructures aux inondations et aux glissements de terrain. Ces derniers non seulement détruisent les champs, les habitats, les forêts et les routes, mais ils augmentent la charge solide des cours d'eau, ce qui, par contrecoup, peut raccourcir la durée de vie des infrastructures d'approvisionnement en eau et d'hydroélectricité. La réduction du débit à la saison sèche et son augmentation durant la mousson ont pour effets conjugués d'en accroître la variabilité et d'en réduire la fiabilité (Shakya, 2003).

2.1.2. Inondations causées par les débâcles glaciaires

Le recul des glaciers et la fonte des neiges plus généralement accroissent considérablement la superficie et le volume de plusieurs des 2 000 lacs glaciaires

que comptent le Népal. Ces lacs peuvent se former soit derrière des barrages de glace ou de moraines instables, soit devant le glacier ou à son sommet. Beaucoup de ces lacs glaciaires s'écoulent périodiquement par des chenaux naturels lorsque l'eau atteint un certain niveau. Toutefois, si l'écoulement est impossible ou insuffisant, l'excès d'eau peut provoquer la rupture des barrages naturels et la vidange brutale du lac glaciaire, phénomène appelé débâcle ou crue glaciaire qui est à l'origine d'inondations souvent catastrophiques.

Ces débâcles glaciaires ont été observées pour la première fois en Islande où on les appelle des *jökulhlaup* (ce qui signifie « saut de glacier »). La rupture des digues naturelles qui retiennent les lacs glaciaires libère de gros volumes d'eau qui s'abattent en aval sous forme d'une lame dévastatrice pour les habitats et les infrastructures. Ces phénomènes peuvent être déclenchés par des tremblements de terre, par la rupture spontanée de barrages morainiques, par des avalanches, par l'effondrement de glaciers suspendus dans un lac ou par d'autres phénomènes (Ives, 1986). Le changement climatique et l'élévation des températures concourent à un accroissement substantiel de la superficie et du volume de nombre de lacs glaciaires au Népal, ce qui augmente considérablement la probabilité d'inondations causées par leur débordement. Le tableau 4.1 présente une liste des principaux phénomènes de débâcle glaciaire enregistrés au Népal. Il fait apparaître que nombre d'entre eux trouvent leur origine dans le Tibet voisin, soulignant le caractère transfrontalier des impacts possibles de tels événements.

Tableau 4.1. **Débâcles glaciaires enregistrées au Népal**

	Bassin versant	Nom du lac
450 ans auparavant	Seti Khola	Machhapuchhare, Népal
1935	Sun Koshi	Taraco, Tibet
1964	Arun	Gelaipco, Tibet
1964	Sun Koshi	Zhangzangbo, Tibet
1964	Trishuli	Longda, Tibet
1968	Arun	Ayaco, Tibet
1969	Arun	Ayaco, Tibet
1970	Arun	Ayaco, Tibet
1977	Dudh Koshi	Nare, Tibet
1980	Tamur	Nagmapokhari, Népal
1981	Sun Koshi	Zhangzangbo, Tibet
1982	Arun	Jinco, Tibet
1985	Dudh Koshi	Dig Tsho, Népal
1991	Tama Koshi	Chubung, Népal
1998	Dudh Koshi	Sabai Tsho, Népal

Source : Shrestha et Shrestha (2004).

Au Népal, la débâcle glaciaire la plus importante en termes de dégâts recensés s'est produite en 1985. Une vague de quinze mètres de haut, composée d'eau et de débris divers, est venue gonfler la Bhote Koshi et la Dudh Koshi sur 90 km. Au plus fort de la crue, le débit était de 2 000 m³/s, soit deux à quatre fois le niveau de débit maximum enregistré pendant la mousson. Ce déferlement a détruit la petite centrale hydroélectrique de Namche qui était sur le point d'être achevée et qui avait coûté plus d'un million d'USD, la très forte érosion emportant le déversoir et le canal d'amenée de la centrale (Raksakulthai, 2003). Les dégâts se sont étendus sur 90 km en aval. Quatorze ponts, dont des ponts suspendus nouvellement construits, ont été détruits. Des phénomènes d'érosion, d'excavation et de déstabilisation se sont produits sur de longues portions de la piste principale conduisant au camp de base de l'Everest. Lorsque la piste a rouvert, le prix des produits de première nécessité avait été multiplié par deux en moyenne (Ives, 1986). Les pertes en vies humaines ont été limitées mais, en pleine saison de trekking, elles auraient pu être élevées. En revanche, les pertes en moyens d'existence ont été considérables : de vastes superficies de terres cultivables ont été rendues inutilisables, de même que des infrastructures vitales telles que ponts et routes.

Un inventaire réalisé en 2001 a recensé au Népal plus de 3 252 glaciers, 2 323 lacs glaciaires et 20 sites susceptibles d'être inondés par des débâcles glaciaires (Mool et al., 2002). En plus de ce tableau de risques statiques, la surveillance sur site de certains lacs glaciaires fait apparaître un gonflement du volume des lacs au fil des ans. L'évolution du gonflement des lacs est en rapport avec la tendance à la hausse des températures observée aux altitudes les plus élevées dans l'Himalaya, tendance évoquée plus haut. Toutes ces données additionnées mettent en évidence un risque grave qui est étroitement lié à la hausse des températures, attribuable au changement climatique.

2.2. Stratégies d'adaptation envisageables face au risque de débâcle glaciaire et à la variabilité du débit des cours d'eau

Il existe plusieurs stratégies d'adaptation pour faire face au risque de débâcle glaciaire et à la variabilité du débit des cours d'eau. Certaines d'entre elles en sont déjà à des stades variés de mise en œuvre dans le cadre de projets de développement. Jusqu'à présent, l'accent a été mis davantage sur des solutions techniques que sur des mesures sociales visant à réduire la vulnérabilité.

2.2.1. Choix de sites à faible risque pour l'implantation des installations hydroélectriques

L'un des moyens de protéger les infrastructures hydroélectriques des débâcles glaciaires consiste à implanter ces installations sur des sites où le risque de survenue du phénomène est faible. Les documents relatifs à la centrale de Namche qui a été détruite en 1985 n'indiquent pas qu'une « attention spéciale

ait été portée à la possible survenue d'événements géomorphologiques catastrophiques, bien que la centrale fût située dans l'une des régions montagneuses les plus hautes et les plus escarpées du monde » (Ives, 1986). Toutefois, après la catastrophe de Namche, la centrale a été reconstruite sur un autre site. Elle fonctionne en continu depuis lors, et le risque estimé d'inondations causées par une débâcle glaciaire est faible.

En règle générale cependant, le déplacement des installations existantes vers d'autres sites n'est sans doute pas possible. L'installation sur des sites à faible risque n'est probablement envisageable que pour des installations nouvelles. Mais, même dans ce cas, la question peut se poser de savoir si la capacité de production est plus faible ou les coûts de transport plus élevés que sur l'autre site. En fait, il peut parfois y avoir conflit entre risque et rentabilité : un site susceptible d'offrir le plus fort potentiel hydroélectrique et les plus bas coûts de production peut aussi être celui qui présente le plus de risques. Compte tenu de l'incertitude générale quant au risque de débâcle glaciaire, les investisseurs et les responsables de la planification énergétique peuvent hésiter à choisir un autre site quand ce risque n'est qu'un facteur de choix parmi beaucoup d'autres. Un autre obstacle, non négligeable dans la prise en compte du risque de crue glaciaire dans le choix de l'implantation, tient à l'absence de cartes géographiques des lacs menaçant de déborder. Toutefois, il n'est pas facile d'établir des cartes de risques puisque les crues glaciaires peuvent inonder des zones situées jusqu'à 200 km en aval. Des analyses au niveau de l'ensemble du bassin versant seraient nécessaires pour déterminer la vulnérabilité à ce risque des zones situées en aval. De surcroît, le ruissellement des lacs glaciaires peut faire courir un risque tout aussi considérable aux centrales hydroélectriques en formant de larges réservoirs d'eau de fonte susceptibles de se rompre. En fait, le risque peut être d'autant plus grand que ces réservoirs se trouvent plus près des centrales. Une démarche intégrée de gestion des risques est donc nécessaire, en complément de la cartographie satellitaire des lacs eux-mêmes et des risques qui leur sont associés.

2.2.2. Systèmes d'alerte précoce

Compte tenu du caractère catastrophique que peuvent revêtir les débâcles glaciaires, il convient d'installer des systèmes d'alerte précoce en aval des lacs dangereux. Si nombre de catastrophes peuvent être prévues avec une certaine précision (celles liées à El Niño, par exemple), on ne dispose pas de tels moyens concernant les débâcles glaciaires. Toutefois, une fois le processus enclenché, le lancement d'une alerte en temps utile peut sauver des vies dans les vallées. Compte tenu cependant de la vitesse de débit d'une crue glaciaire, les systèmes d'alerte précoce n'ont de chances d'être véritablement efficaces que pour des zones situées très en aval. De surcroît, une alerte précoce ne saurait sauver les infrastructures vitales pour les populations locales, telles que les centrales

hydroélectriques, les ponts et les routes. Un autre écueil majeur est constitué par les coûts élevés d'installation de tels systèmes automatisés d'alerte précoce, qui sont estimés à 1 million d'USD par bassin versant. La mise en place de systèmes adéquats représenterait un investissement très important pour un pays pauvre comme le Népal, puisque plusieurs de ses bassins versants sont exposés à des risques d'inondations et que ces risques vont s'accroître avec la hausse des températures.

2.2.3. Hydroélectricité : microcentrales ou centrales avec capacité de stockage?

Le changement implique deux séries d'impacts sur la production d'hydroélectricité qui peuvent nécessiter des stratégies d'adaptation contradictoires. D'une part, le risque accru d'inondations causées par le débordement de lacs glaciaires plaiderait en faveur d'une multiplication du nombre de microcentrales hydroélectriques dispersées sur les petits bassins versants. Cette solution diversifierait le risque et limiterait la perte globale d'infrastructures et de capacité de production en cas de dégâts causés à une centrale par une crue glaciaire. La microhydroélectricité offre la possibilité de satisfaire une grande part de la demande d'énergie du monde rural au Népal. L'installation de micro- et mini-centrales, qui soit conforme aux priorités de développement du Népal, est encouragée tant par les pouvoirs publics que par les donateurs. Le changement climatique pourrait donc constituer une raison supplémentaire de promouvoir une stratégie, déjà mise en œuvre pour des raisons de développement économique.

D'autre part, comme indiqué précédemment, le changement climatique va vraisemblablement concourir à accroître la variabilité saisonnière des débits des cours d'eau et à réduire ces débits à la saison sèche. La régularité du débit des cours d'eau et le maintien du débit d'étiage de référence durant la saison sèche sont essentiels à la production hydroélectrique. Dans la mesure où le débit des petits cours d'eau devrait logiquement connaître une plus grande variabilité, l'adaptation à ces impacts nécessiterait de construire les centrales sur de grands bassins versants. En outre, la réduction des débits en saison sèche pourrait militer en faveur non pas d'installations au fil de l'eau, qui sont actuellement les plus répandues, mais de centrales avec capacité de stockage. Toutefois, en termes de risque d'inondations causées par une crue glaciaire, le stockage d'importants volumes d'eau risque d'être une mauvaise solution car il pourrait encore aggraver les conséquences si le réservoir se rompait sous l'effet d'une débâcle glaciaire. Ce dilemme met l'accent sur un point important : les mesures d'adaptation peuvent ne pas être toujours cohérentes les unes avec les autres ni, en l'occurrence, par rapport à d'autres priorités sociales ou de développement. Des contradictions peuvent surgir qui exigent d'étudier de près les arbitrages possibles.

2.2.4. Prise en compte des questions liées aux débâcles glaciaires et à la variabilité du débit des cours d'eau dans la conception des centrales

En cas d'inondations causées par une débâcle glaciaire, les dégâts causés aux infrastructures hydroélectriques en aval sont certes inévitables, mais ils peuvent être limités par des mesures au niveau de la conception. On peut, par exemple, construire le bâtiment de la centrale en sous-sol, protéger le canal de fuite, et prendre en compte dans la conception du réservoir le risque de sédimentation excessive (Shrestha et Shrestha, 2004).

L'adaptation à des impacts moins certains peut aussi être favorisée par une plus grande souplesse de conception. La production hydroélectrique recourt déjà à plusieurs mécanismes pour faire face aux fluctuations des débits liées à la variabilité saisonnière et climatique. Une centrale peut être équipée, par exemple, de trois canaux d'amenée qui alimentent les turbines pendant la période d'écoulement maximal (mousson) et dont un ou deux sont fermés pendant la saison sèche. Cette solution permet à la centrale de produire de l'électricité d'une manière plus efficace et sans pertes liées à sa capacité excédentaire. L'étude de cette solution nécessite d'analyser l'avantage économique que procurerait l'intégration, dans la conception des centrales hydroélectriques, d'une possibilité de réduction ultérieure de la capacité (au bout de 25 ans, par exemple). La norme actuelle de conception et de construction des petites centrales hydroélectriques prévoit une durée de vie moyenne de 50 ans, et la plupart des investisseurs espèrent une rentabilité de leur investissement dans les sept ans. Cette situation fait naître un défi supplémentaire compte tenu de l'incertitude considérable qui entoure l'ampleur et le rythme de beaucoup d'effets liés au changement climatique.

2.2.5. Réduction directe des risques liés aux débâcles glaciaires

Une autre stratégie d'adaptation face aux dangers liés aux débâcles glaciaires consiste à réduire concrètement les risques d'inondations. On peut notamment siphonner ou pomper l'eau des lacs dangereux, ouvrir un chenal d'écoulement, ou prendre des mesures de lutte contre les inondations en aval (Rana *et al.*, 2000). Certaines de ces mesures peuvent présenter des avantages secondaires. L'eau siphonnée peut servir, par exemple, à accroître le débit à la saison sèche, à maintenir un niveau d'eau adéquat dans les écosystèmes d'aval afin de protéger de précieux stocks halieutiques, à contribuer à satisfaire la demande locale d'approvisionnement en eau, et même à aménager des équipements de loisirs.

De telles mesures présentent cependant des inconvénients. Par exemple, le pompage est coûteux car les lacs étant situés dans des zones reculées et à haute altitude, il faut acheminer du matériel lourd par hélicoptère. La construction d'un

siphon risque d'ouvrir une brèche dans le barrage morainique et par conséquent de déclencher une débâcle glaciaire. En dépit de ces inconvénients, un projet intégré de réduction directe des risques a été entrepris au Népal (encadré 4.1). Toutefois, les mesures prises dans le cadre du projet du lac Tsho Rolpa risquent d'avoir à être reconduites car le niveau d'eau remonte avec la poursuite de la fonte des glaces. De surcroît, dans le seul Népal, une dizaine d'autres lacs, voire davantage, font courir des risques considérables, mais ni les pouvoirs publics ni les donateurs n'ont les moyens de multiplier le dispositif déployé pour abaisser le niveau d'eau compte tenu de son coût pour un seul lac. Pourtant, le coût potentiel des dégâts causés par une seule crue glaciaire pourrait être bien plus important en termes de destruction de vies humaines et de communautés, de recul de développement, et de perte de production électrique.

2.3. Conséquences pour les donateurs et pour la coordination transfrontalière

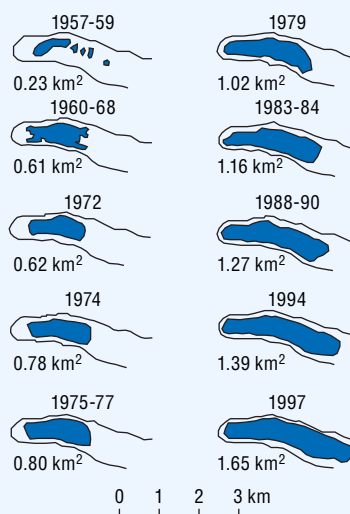
Cette analyse révèle qu'au Népal, il est impératif d'intégrer la problématique du changement climatique aux activités de développement. Le recul des glaciers comme les inondations causées par les débâcles glaciaires sont des phénomènes étroitement liés à la hausse des températures, qui affectent déjà les populations et les infrastructures. L'adaptation à ces effets et à d'autres évolutions prévues, telles que la réduction de la pluviosité et du débit des cours d'eau pendant la saison sèche, est donc vitale dans le cas du Népal. Un examen des initiatives déjà en cours révèle une mosaïque relativement complexe de choix qui imposent souvent des mises de fonds initiales importantes, impliquent de prendre des décisions associées à un degré élevé d'incertitude, et nécessitent souvent des arbitrages complexes, par exemple entre la réduction des risques et la rentabilité, ou entre une stratégie d'adaptation à un ensemble donné de risques et d'autres mesures d'adaptation ou des priorités de développement. Compte tenu de l'ordre de grandeur des coûts de beaucoup de ces mesures, l'implication des autorités nationales comme des donateurs internationaux joue un rôle essentiel. Même s'il existe des preuves d'une bonne collaboration entre donateurs et autorités nationales – ce dont témoigne le projet du lac Tsho Rolpa –, néanmoins les donateurs font état d'un manque de coordination entre les organismes officiels, et inversement les organismes officiels dénoncent ce même manque de la part des donateurs. Une autre difficulté tient à la capacité limitée des organismes et des institutions d'accueil au Népal pour répondre aux demandes multiples et diverses des donateurs. Le montant, la continuité et l'objet du financement des projets constituent aussi une source permanente de préoccupation. S'agissant du secteur de l'hydroélectricité, les financements ont été obtenus plus aisément pour les infrastructures de réduction des risques que pour les actions de formation et de renforcement des capacités qui pourraient contribuer à réduire la vulnérabilité de la société. De surcroît, en règle générale, seul le risque du

Encadré 4.1. Projet de réduction des risques sur le lac Tsho Rolpa

Situé à environ 5 000 mètres d'altitude, Tsho Rolpa est l'un des lacs glaciaires les plus dangereux du Népal. Sa superficie est passée de 0.23 km² en 1957/58 à 1.65 km² en 1997. Le projet de Tsho Rolpa est un exemple important de planification anticipée menée dans le cadre d'une collaboration entre pouvoirs publics, donateurs et experts de l'atténuation des conséquences des débâcles glaciaires.

Avec ses 90 à 100 millions de m³ d'eau en 1997, Tsho Rolpa représentait un danger auquel il fallait faire face de toute urgence. Il était retenu par un barrage morainique de 150 mètres de haut : en cas de rupture de ce barrage naturel, un tiers du volume d'eau voire davantage risquait de s'abattre en aval. Entre autres problèmes, cette situation faisait courir un risque majeur à la centrale hydroélectrique de 60 MW de Khimti, qui était en construction en aval. Ces craintes ont conduit les autorités du Népal à lancer un projet en 1998, avec le soutien de l'Agence de développement des Pays-Bas, en vue d'abaisser le niveau du lac par drainage. Un groupe d'experts avait préconisé, pour réduire le risque de débâcle glaciaire, d'abaisser le niveau d'eau de trois mètres en aménageant un chenal dans le barrage morainique. Une vanne a été construite pour réguler l'évacuation de l'eau. Parallèlement, grâce à un prêt de la Banque mondiale, un système d'alerte précoce a été mis en place dans 19 villages situés en aval sur la Bhote Koshi et la Tama Koshi au cas où, malgré ces efforts, il se produirait une crue glaciaire du lac. Les villageois locaux ont été activement impliqués dans la conception du système, et des exercices d'alerte sont réalisés périodiquement. La construction du projet de Tsho Rolpa, qui a duré quatre ans, s'est achevée en décembre 2002 pour un coût de 3.21 millions d'USD, 2.98 millions d'USD étant alloués par les Pays-Bas et 0.23 million d'USD par le Népal. En juin 2002, l'objectif d'abaisser le niveau de trois mètres avait été atteint, réduisant de 20 % le risque de débâcle glaciaire. La prévention totale d'un tel phénomène nécessiterait d'évacuer davantage d'eau pour abaisser le niveau du lac d'environ 17 mètres. Des groupes d'experts mènent actuellement des études complémentaires. À l'évidence, l'atténuation des risques liés aux débâcles glaciaires entraîne des coûts importants et constitue une tâche de longue haleine.

Source : OCDE (2003a); illustration tirée de Département d'hydrologie et de météorologie (2005).



moment est pris en compte dans la planification des projets. Le bilan est au mieux contrasté pour ce qui est de l'intégration dans les plans et les projets de l'augmentation prévue du risque du fait du changement climatique. La prise en compte de ce type de risques à long terme pourrait pourtant ouvrir des possibilités en permettant que les financements et les projets relatifs au changement climatique viennent compléter les financements existants en matière d'aménagement, et privilégient la formation et le renforcement des capacités, ainsi que la réduction de la vulnérabilité et des risques à long terme.

Enfin, il existe une dimension transfrontalière ou régionale importante aux effets du changement climatique et aux stratégies mises en œuvre pour lutter contre celui-ci. Nombre d'inondations catastrophiques causées au Népal par des débâcles glaciaires trouvent leur origine au Tibet. Les décisions concernant la gestion des ressources en eau ou la production hydroélectrique qui sont prises au Népal ont des incidences sur les pays voisins comme le Bangladesh et l'Inde. En plus des réflexions à mener au niveau national concernant les liens entre changement climatique et développement, il conviendrait aussi d'en mener au niveau régional en vue de mettre au point des stratégies coordonnées.

3. Fonte de la calotte glaciaire et risque d'incendies de forêts sur le Kilimandjaro

Le Kilimandjaro est un énorme stratovolcan situé en Afrique de l'Est, au nord de la Tanzanie, à la frontière avec le Kenya. Il compte trois pics : le Kibo, le Mawenzi et le Shira, le plus élevé étant le Kibo qui culmine à 5 895 mètres. Le Kilimandjaro est la plus haute montagne d'Afrique. Son nom vient du swahili *Kilima Njaro* qui signifie la « montagne étincelante », référence à sa légendaire calotte glaciaire. Aujourd'hui, seul le Kibo est couvert d'une glace permanente sur une superficie de 2.6 km². Pourtant, la présence de moraines jusqu'à 3 000 mètres d'altitude indique qu'auparavant, la glace recouvrait une superficie beaucoup plus vaste. Le recul et la fonte éventuelle de cette calotte glaciaire ont fait de cette montagne un symbole phare des effets du changement climatique planétaire. De surcroît, avec près de 3 000 espèces végétales, le Kilimandjaro est un foyer de biodiversité. Il procure un large éventail de services d'écosystème essentiels à plus d'un million de personnes qui en dépendent pour vivre, ainsi qu'à la région avoisinante qui est tributaire des ressources en eau issues de la montagne. Nombre de ces services d'écosystème ont aussi été affectés gravement par des évolutions à long terme du climat ainsi que par des pressions d'origine humaine.

3.1. Climat actuel et modifications climatiques

Le Kilimandjaro a un climat diurne typiquement équatorial. La période la plus sèche est comprise entre juillet et octobre, tandis qu'avril et mai sont les

mois les plus humides. Le niveau des précipitations et des températures varie avec l'altitude et l'exposition aux vents dominants qui soufflent de l'océan Indien. Les précipitations annuelles atteignent un maximum de 3 000 mm environ à une altitude de 2 100 mètres sur le versant méridional central et elles diminuent avec l'altitude. Les versants septentrionaux, situés sous le vent, reçoivent beaucoup moins de pluies. La température annuelle moyenne, qui est de 23.4 °C au pied de la montagne, chute d'environ 0.6 °C tous les cents mètres à mesure que l'altitude augmente pour atteindre 5 °C à 4 000 mètres et -7.1 °C au sommet du Kibo.

Même si les données disponibles ne permettent pas de déduire l'évolution des températures aux différentes altitudes, on observe distinctement une tendance globale au réchauffement pendant la majeure partie de la période entamée en 1950. Les températures moyennes dans la région du Kilimandjaro ont augmenté de 1951 à 1960, puis elles sont restées stables jusqu'en 1981 pour recommencer à augmenter entre 1981 et 1995 (Hay *et al.*, 2002). Les températures enregistrées de 1976 à 2000 dans la région avoisinante d'Amboseli révèlent que la température maximale diurne moyenne a connu une hausse de plus de 2 °C par décennie (Altmann *et al.*, 2002), soit un taux nettement plus élevé que celui du réchauffement mondial moyen, la hausse la plus forte intervenant durant les mois les plus chauds de février et de mars. Les données pluviométriques relatives au Kilimandjaro font apparaître un déclin constant des précipitations au cours du siècle passé (Hemp, 2005). En outre, le nombre de mois comportant moins de 30 mm de précipitations semble avoir augmenté, le nombre de mois humides restant inchangé. Si la variabilité naturelle du climat et les changements d'utilisation des terres ont probablement contribué à ces évolutions récentes, la tendance au réchauffement de ces dernières décennies est cependant cohérente avec le changement climatique d'origine anthropique.

La baisse des précipitations ou la hausse des températures, voire les deux, pourraient contribuer à l'accentuation de la fonte des glaciers et des risques d'incendies. Cette accentuation a été observée concrètement ces dernières décennies. La section ci-après en examine les conséquences.

3.2. Impacts potentiels des modifications climatiques

3.2.1. Recul des glaciers

La calotte glaciaire du Kilimandjaro est en recul depuis la fin du Petit âge glaciaire, vers 1850. Ce recul est le résultat de modifications climatiques naturelles, notamment d'une baisse des précipitations régionales de l'ordre de 150 mm, ainsi que de changements de la nébulosité au cours du dernier quart du XIX^e siècle. Le rétrécissement de la calotte glaciaire semble s'être accéléré en raison du réchauffement observé durant la seconde moitié du XX^e siècle. Entre 1962 et 2000, le Kilimandjaro a perdu environ 55 % de ses glaciers. Les

avis convergent pour estimer que d'ici à 2020, sa calotte glaciaire aura disparu pour la première fois depuis plus de 11 000 ans. Même si cette disparition revêt une valeur symbolique forte, il importe de noter cependant qu'elle aura un impact très limité sur les systèmes naturels et humains. Les glaciers du Kibo couvrent une superficie qui équivaut à 0.2 % de la ceinture forestière du Kilimandjaro. Deux rivières seulement sont directement liées aux glaciers, par de très petits cours d'eau, et 90 % des précipitations sont piégées par la ceinture forestière. Même après la fonte de ces glaciers, les précipitations sur le Kibo alimenteront les sources et les cours d'eau, quoique de manière moins continue et à un degré nettement moindre.

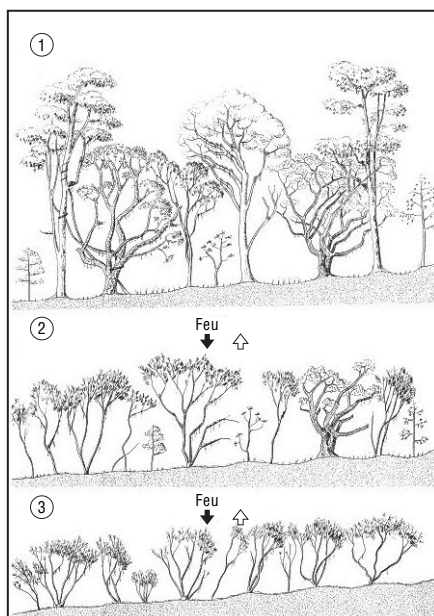
Il est donc très peu probable que la disparition des glaciers ait un impact majeur sur l'hydrologie de la montagne. L'assèchement du lit des cours d'eau que l'on peut observer ne constitue pas nécessairement un indicateur de modifications climatiques à long terme ou d'un rétrécissement des glaciers. Dans certaines zones, cet assèchement est probablement davantage imputable à la destruction des forêts ou à l'augmentation de la demande d'eau liée à une croissance démographique accélérée. Au cours des 40 dernières années, les détournements d'eau ont été multipliés par quatre dans certaines zones (Sarmett et Faraji, 1991). Il n'est pas non plus certain que la disparition de la calotte glaciaire va affecter les recettes touristiques. Certes, en perdant ses glaciers, le Kilimandjaro perdra une partie de sa beauté. Néanmoins, il demeurera la plus haute montagne d'Afrique, ce qui restera probablement un facteur d'attraction suffisant. Un déclin sensible du nombre de touristes est donc également improbable.

3.2.2. Augmentation des risques d'incendies

Un impact du changement climatique sur le Kilimandjaro, qui est moins porté à la connaissance du public mais qui est potentiellement beaucoup plus important, est constitué par l'intensification du risque d'incendies et les conséquences y afférentes pour la biodiversité et les services fournis par les écosystèmes. La montagne compte des étages de végétation riches et variés qui se succèdent en fonction de l'altitude. Les plantations de caféiers et de bananiers au pied cèdent la place aux forêts d'altitude moyenne aux alentours de 1 700 mètres, avec une transition vers une ceinture subalpine autour de 2 800 mètres. Dans la zone subalpine, une forêt ombrophile composée d'*Erica excelsa* cède la place à des formations arbustives, puis à des broussailles et de la végétation en coussinet, à mesure que l'altitude augmente. Les activités humaines constituent la première cause d'incendies dans la ceinture de forêts d'altitude basse et moyenne. Aux hautes altitudes où l'interférence humaine est très limitée, les conditions climatiques jouent cependant un rôle de plus en plus déterminant concernant le risque d'incendies.

En théorie, la hausse des températures devrait se traduire par une migration ascendante des zones de végétation. Toutefois, cet effet a été annulé par l'aggravation des risques d'incendie résultant de conditions climatiques plus chaudes et plus sèches. Comme il ressort de la figure 4.1, des incendies récurrents entraînent une dégénération progressive de la végétation de la zone subalpine où des formations arbustives remplacent la forêt. La fréquence élevée des incendies porte atteinte à cette végétation qui finit par céder la place à des plantes en coussinet.

Figure 4.1. **Succession forestière après des incendies répétés**



Source : Hemp (2003).

Par conséquent, les modifications climatiques ont en fait repoussé la limite forestière vers le bas sur le Kilimandjaro, la faisant passer de la zone subalpine aux régions inférieures plus humides. Une comparaison des images satellitaires de 1976 à 2000 (voir les illustrations 10 et 11, page 145) révèle d'énormes transformations dans les zones de végétation d'altitude. En 1976, la forêt d'*Erica* couvrait 187 km² – soit près de six fois la superficie actuelle qui s'élève à 32 km² – et montait dans certains endroits jusqu'à 3 800 mètres d'altitude. Cette perte de 155 km² représente une réduction de 15 % du couvert forestier, provoquée par des incendies depuis 1976.

3.3. Impact socio-économique de l'intensification des incendies

Depuis 1976, la disparition, imputable aux incendies, de plus de 150 km² de forêt, essentiellement la forêt ombrophile d'*Erica* de la zone subalpine du Kilimandjaro, a sérieusement perturbé le bilan hydrique de l'ensemble du massif montagneux. Dans les forêts ombrophiles, une strate épiphyte dense absorbe environ un tiers des précipitations (Pócs, 1976). La destruction de ces forêts réduit la fonction de la ceinture forestière en tant que filtre et réservoir à eau. Au lieu de rester dans l'épaisse biomasse épiphyte, dans l'humus et dans la couche supérieure du sol de la forêt et de percoler lentement dans les aquifères, l'eau de pluie ruisselle rapidement à la surface vers les cours d'eau, en érodant le sol et en aggravant le risque d'inondations sur les contreforts. En plus de filtrer et de stocker l'eau, les forêts ombrophiles permettent en général de capter l'eau du brouillard : les gouttelettes d'eau sont soufflées par le vent vers la végétation où elles s'unissent pour former de grosses gouttes qui tombent ensuite sur le sol.

D'après une étude de Hemp (2005), les forêts du Kilimandjaro reçoivent près d'1.6 milliard de m³ d'eau par an, dont 95 % sous forme de précipitations et 5 % par captage du brouillard. Deux tiers des eaux de pluie retournent vers l'atmosphère par évapotranspiration, pour être piégées par la canopée sous forme d'humidité. Par conséquent, la forêt stocke l'eau non seulement dans sa biomasse et dans son sol, mais même dans l'air qui l'entoure. Ce mécanisme renforce la fonction de réservoir d'eau de la forêt, qui régule le débit des cours d'eau. Sans une nébulosité permanente sur la forêt, les températures et par conséquent l'évapotranspiration seraient beaucoup plus élevées et il ne se produirait aucune averse de pluie pendant la saison sèche.

La régression de la forêt ombrophile du Kilimandjaro depuis 1976 s'est traduite par une réduction annuelle moyenne d'environ 20 millions de m³ d'eau de brouillard. Ce volume représente plus 25 % de l'apport annuel en eau de brouillard de l'ensemble de la ceinture forestière, soit l'équivalent de la consommation annuelle d'eau potable d'un million de personnes vivant sur le Kilimandjaro (Hemp, 2003). Cette perte a de graves conséquences pour les moyens de subsistance des populations locales car elle se traduit par des pénuries d'eau de plus en plus fréquentes durant la saison sèche. Elle a aussi des répercussions régionales plus vastes pour la production d'hydroélectricité, la pêche, la riziculture et la culture de la canne à sucre dans des zones qui dépendent, en partie tout au moins, de l'eau fournie par le Kilimandjaro.

En plus de provoquer une baisse du bilan hydrique, les incendies de forêts détruisent les arbres qui sont source d'importantes quantités de bois précieux. Ils détruisent aussi les arbres à fleurs nécessaires aux abeilles et les plantes à usage médicinal ou servant de fourrage aux Chaggas, peuple autochtone. Les incendies répétés modifient aussi le bilan des éléments nutritifs des sols.

3.4. Risques climatiques : recul des glaciers contre aggravation des risques d'incendies

Les 2.6 km² de glaciers qui subsistent sur le mont Kilimandjaro représentent un volume d'eau d'environ 72 millions de m³. La majeure partie de cette eau n'est pas disponible pour les plaines car l'ablation glaciaire se produit par sublimation, et l'eau de fonte qui subsiste s'évapore immédiatement (Kaser et al., 2004). Si un quart de l'eau du glacier (18 millions de m³) rejoignait les cours d'eau, il en résulterait en moyenne 0.9 million de m³ par an jusqu'en 2020, date à laquelle, si les prévisions se réalisent, les glaciers auront disparu.

Parallèlement, le Kilimandjaro reçoit 20 millions de m³ d'eau en moins chaque année du fait de la raréfaction des forêts et des modifications de la végétation liées aux incendies de forêts depuis 1976. Si l'évolution actuelle en matière de modifications climatiques, de fréquence des incendies et d'influence humaine destructrice se poursuit, la majeure partie du reste de la forêt subalpine d'*Erica* pourrait disparaître dans les quelques prochaines années. Il pourrait en résulter la perte de la zone de captage des eaux la plus efficace du Kilimandjaro, car le captage de l'eau du brouillard est un phénomène de grande ampleur dans la forêt d'*Erica*. Le résultat, à savoir la perte d'environ 35 millions de m³ d'eau de brouillard chaque année, constitue un effet d'une portée beaucoup plus importante que le rétrécissement de la calotte glaciaire. Toutefois, la fonte des glaciers est assurément un indicateur alarmant de transformations graves de l'environnement du Kilimandjaro.

3.5. Mesures publiques pour le Kilimandjaro

Comme au Népal, il se peut que certains impacts observés sur le Kilimandjaro aient été inévitables en raison de l'évolution climatique à long terme. Il n'y a pas grand-chose à faire pour arrêter ou même retarder la disparition de la calotte glaciaire. Toutefois, l'amélioration des pratiques de gestion peut contribuer notablement à : i) juguler l'augmentation du risque d'incendies lié au climat plus chaud et plus sec; ii) combattre les incendies de forêt dès leur démarrage; et iii) mettre fin à la régression du couvert forestier. Le changement climatique ne fait que rendre d'autant plus nécessaire la prévention et la maîtrise des incendies, ainsi que la conservation de la forêt.

La forêt naturelle d'altitude du Kilimandjaro bénéficie d'un statut de protection depuis le début du XX^e siècle. L'abattage d'arbres indigènes a néanmoins continué de s'amplifier jusqu'en 1984, date à laquelle la gravité de la destruction de la forêt a donné lieu à un décret présidentiel interdisant toute exploitation des forêts de bassins versants du Kilimandjaro. Mais même ces restrictions n'ont pas empêché la poursuite du mitage de la forêt. Pourtant le niveau de conscience générale de la nécessité de protéger les ressources

naturelles de la montagne (en particulier ses forêts) est élevé parmi les populations locales, les organismes officiels, et les institutions non gouvernementales qui ont géré des projets de reboisement.

Divers projets et programmes ont eu pour objet d'améliorer la gestion des forêts et de développer la conservation et le reboisement. Un projet concernant les forêts de bassins versants par exemple vise à améliorer la gestion de la réserve forestière en impliquant les communautés locales. Les villages voisins de la forêt du bassin versant sont désormais chargés de surveiller le mitage de la forêt. Les comités de conservation villageois sont chargés de mettre en place des pépinières sylvicoles, d'organiser des patrouilles forestières, de mobiliser les pompiers et de contrôler l'entrée dans la forêt en délivrant des permis. Comme la plupart des régions fortement affectées par les incendies sont situées à l'intérieur du Parc national du Kilimandjaro, la gestion efficace du parc est essentielle pour réduire le risque d'incendie dans la montagne. Toutefois, aucun effort à grande échelle n'a été entrepris, et la plupart des projets, lancés par le service des forêts en vue de protéger les forêts indigènes, ont échoué comme le montrent des inventaires réalisés par télédétection. Une décision récente visant à intégrer l'ensemble de la réserve forestière dans le périmètre de protection du parc national pourrait constituer une première mesure utile sur la voie de la solution de ces problèmes.

Le dégagement de bandes de terre pour servir de coupe-feu ne semble pas convenir en principe pour les pentes escarpées et inaccessibles du Kilimandjaro. En revanche, cette technique pourrait être appliquée sur le versant sud-est où la forêt est bordée par un plateau couvert de landes. Dans cette zone, il est courant que les incendies de prairies atteignent les forêts avoisinantes, et il pourrait être efficace de créer des espaces dégagés destinés à empêcher leur propagation. À la lisière inférieure de la forêt, les coupe-feu pourraient être réactivés et débroussaillés avant la saison sèche. Parallèlement, il semblerait impératif de recruter des exploitants forestiers dotés d'une solide formation, pour entreprendre les projets de reboisement et former des exploitants forestiers locaux. Le choix des essences est important : les zones de cours d'eau, en particulier, pourraient être replantés en arbres indigènes.

Un meilleur dispositif de maîtrise des incendies dans le Parc national du Kilimandjaro, qui comprendrait des systèmes d'alerte précoce, constitue un autre impératif. Des postes de surveillance des incendies pourraient être mis en place sur les collines les plus élevées ou les crêtes, à proximité des postes des gardes forestiers ou des zones touristiques, par exemple. Un ou deux petits avions pourraient considérablement améliorer le potentiel de lutte contre les incendies. Le financement de la lutte contre les incendies, aujourd'hui assuré par les pouvoirs publics et par les donateurs, pourrait être

considérablement augmenté si une partie du montant des recettes du Parc national (qui s'élève actuellement à plusieurs millions de dollars par an) était affectée à la conservation et à la prévention des incendies.

Au-delà de ces solutions parcellaires, il est indispensable de parvenir à une meilleure compréhension des besoins en moyens d'existence des populations locales, si l'on entend les faire participer plus étroitement aux efforts de conservation et de prévention des incendies. Par exemple, à un moment, les feux étaient interdits dans les camps d'alpinistes, mais cette mesure n'a pas eu l'effet recherché car la plupart des feux étaient allumés non par les grimpeurs, mais par les récolteurs de miel et les braconniers. Une solution plus durable consisterait à identifier des moyens de subsistance efficaces qui réduiraient les pressions exercées par l'homme sur la forêt. Des solutions novatrices visant à améliorer les revenus locaux, telles que des incitations à opter pour la production de cafés spéciaux, pourraient faire partie d'un ensemble de stratégies visant à réduire les pressions exercées par des activités comme l'abattage des arbres et la récolte du miel. Par conséquent, il est impératif d'élaborer un plan de développement complet et global, axé sur les risques d'incendie et la destruction de la forêt, tout en définissant des stratégies de conservation pour assurer la durabilité à long terme des précieuses ressources de l'écosystème du Kilimandjaro.

4. Changement climatique et disponibilité des ressources en eau du Nil en Égypte

Le Nil est le plus long fleuve du monde, qui coule vers le nord sur environ 6 700 km, reliant l'Afrique de l'Est à la Méditerranée. Il compte quatre grands affluents : le Nil blanc, le Nil bleu, l'Atbara et le Sobat. Le Nil blanc prend sa source au lac Victoria en Afrique centrale. Le Nil bleu, l'Atbara et le Sobat descendent des hauts plateaux d'Éthiopie. À eux trois, ces affluents représentent plus des deux tiers du débit total du Nil, le Nil bleu contribuant à lui seul à plus de la moitié du flux total.

Dix pays se partagent le bassin du Nil, et ce fleuve est la principale source d'eau pour trois d'entre eux. Berceau de la civilisation égyptienne il y a plus de 5 000 ans, le Nil est le poumon de l'Égypte depuis cette période. L'Égypte ne contribue pas notablement au débit du Nil, mais elle en est tributaire à 95 % pour la satisfaction de ses besoins en eau douce, en particulier pour l'irrigation. Alors que ce grand pays rectangulaire couvre une superficie de près d'un million de km², la majeure partie de la population, des terres exploitées et de l'activité économique se concentre sur une étroite bande de terre située le long du Nil et sur la côte autour de son delta. Les illustrations 12-14 (voir page 146) illustrent la dépendance vitale du pays vis-à-vis de cette étroite parcelle.

Une conséquence essentielle de la dépendance de l'Égypte vis-à-vis du Nil est que toute évolution défavorable de la fiabilité de l'approvisionnement en eau a des conséquences graves, pas seulement sur une communauté ou un secteur particuliers, mais sur le bien-être du pays tout entier.

4.1. Variabilité des débits du Nil au cours du temps

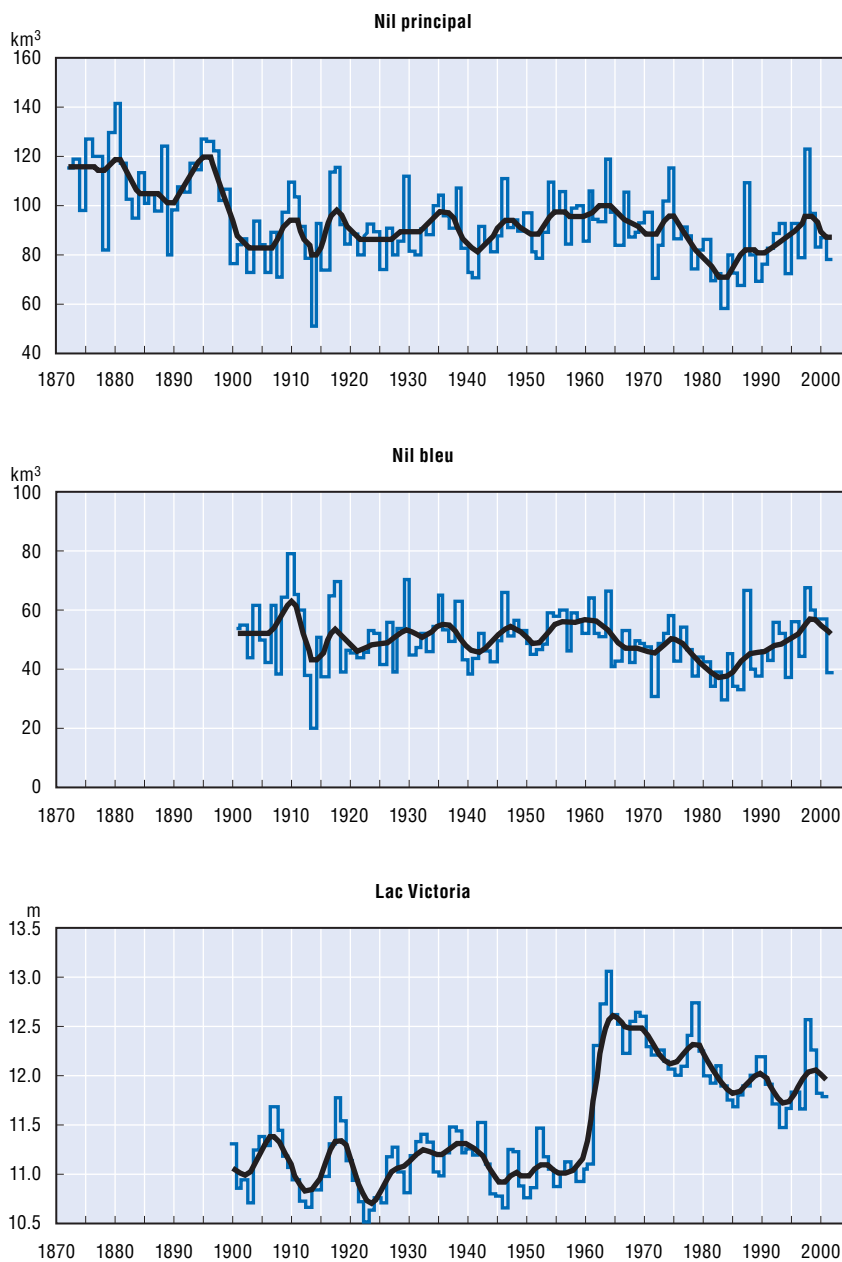
Les hautes terres humides d'Afrique de l'Est et d'Éthiopie, où les affluents du Nil prennent leur source, ne connaissent pas une forte variabilité interannuelle de leur pluviométrie. En revanche, des variations décennales considérables ont été observées. Celles-ci, qui sont dues aux transformations naturelles du système climatique, ont eu des conséquences importantes pour les débits du Nil. Entre 1900 et 1997, le débit du Nil bleu qui était de 20 km³ par an a été multiplié par quatre. Dans les années 60, le niveau du lac Victoria, qui alimente le Nil blanc, s'est élevé de plus de deux mètres, pour ne cesser de baisser depuis lors (Conway, 2002). Les débits du fleuve qui pénètre en Égypte, après avoir subi ces effets combinés, ont globalement diminué depuis 1900 (figure 4.2).

La variabilité de la pluviométrie en Égypte même n'a pratiquement pas de conséquences dans ce contexte : le pays ne recevant que très peu de précipitations, il ne pratique pas la culture pluviale mais la culture irriguée. Toutefois, l'Égypte a toujours favorisé son développement en tirant parti des eaux du Nil, et la variabilité des débits du fleuve a toujours eu des impacts de grande échelle. La crue annuelle du Nil bleu, au cours de laquelle le débit du fleuve se trouvait multiplié par quatre ou cinq entre juillet et octobre, a pratiquement cessé de se produire avec l'achèvement de la construction du haut barrage d'Assouan en 1972. Derrière le barrage, le lac Nasser possède une capacité de stockage sur un an qui permet de faire face aux sécheresses périodiques. C'est ainsi que depuis la construction du barrage, l'Égypte a pu relativement bien s'adapter à l'actuelle variabilité du climat, bien que le pays demeure vulnérable aux sécheresses pluriannuelles.

4.2. Conséquences du changement climatique

Le changement climatique peut avoir une incidence sur les débits du Nil en Égypte par le biais : i) des modifications de la pluviométrie au niveau du cours supérieur; ii) d'une augmentation des pertes par évaporation résultant de la hausse des températures; et iii) d'une évolution de la demande d'eau (due à des facteurs à la fois climatiques et non climatiques) qui elle-même influe sur la disponibilité des ressources en eau.

Les effets du changement climatique sur les précipitations dans les régions du bassin supérieur sont extrêmement incertains, les résultats des différents modèles climatiques divergeant considérablement. Les projections concernant le débit du Nil bleu (qui, comme indiqué précédemment, contribue à environ la

Figure 4.2. **Variation des débits du Nil et du niveau du lac Victoria**

Source : Conway (2005).

moitié du débit total du Nil) diffèrent nettement pour l'été comme pour l'hiver. Dans le système hydrographique du Nil blanc, les modèles climatiques indiquent une augmentation plus ou moins marquée des précipitations de décembre à février, mais, pour la saison de juin à août, ils ne sont pas cohérents, même sur la question de savoir s'il y a augmentation ou diminution des précipitations (Conway, 2005). Il en résulte globalement un éventail très large de projections quant aux effets du changement climatique sur les débits du Nil, qui peuvent aller d'une baisse de 77 % à une augmentation de 30 %, selon les modèles climatiques utilisés (Strzepek *et al.*, 1995).

En revanche, l'ampleur du réchauffement observé ces dernières décennies ne fait guère de doute. Les projections des modèles climatiques selon lesquelles ce réchauffement va se poursuivre voire s'accroître semblent également fiables. Une comparaison des résultats obtenus à l'aide de huit modèles climatiques récents appliqués à l'Égypte fait systématiquement apparaître une hausse des températures d'environ 1 °C d'ici à 2030, de 1.4 °C d'ici à 2050 et de 2.4 °C d'ici à 2100 – hausse plus forte que la moyenne prévue à l'échelle planétaire (OCDE, 2004a). Des augmentations de cet ordre de grandeur dans l'ensemble du bassin du Nil pourraient abaisser le niveau des lacs d'Afrique de l'Est et leurs apports au Nil, et accentuer les pertes par évaporation, qui sont déjà importantes, lorsque le fleuve traverse les régions semi-arides du nord du Soudan et de l'Égypte. Ces pertes sont déjà supérieures aux précipitations lorsque le Nil blanc et le Nil bleu pénètrent au Soudan. Environ la moitié des apports que reçoit l'immense marais du Sudd, dans le sud du Soudan, est perdue par évaporation. Les pertes par évaporation sont également importantes quand le Nil entre en Égypte et traverse le pays. Au niveau du seul barrage d'Assouan, elles représentent un total d'environ 10 000 m³ par an.

Outre le fait d'aggraver les pertes par évaporation du Nil, la hausse des températures risque aussi de réduire les rendements et l'efficacité dans l'utilisation de l'eau pour les cultures principales, comme le maïs et le blé, et par ailleurs, d'accroître la demande en eau pour usage domestique ou autre. La croissance démographique, et d'autres évolutions propres à la population et au développement, aggraveront tout stress hydrique lié au climat.

4.3. Répartition des eaux du Nil et conséquences pour l'Égypte

La vulnérabilité potentielle du Nil en Égypte pourrait être fortement aggravée si les effets climatiques s'accompagnaient d'une réduction du volume d'eau du Nil alloué à l'Égypte. La répartition actuelle relève de l'accord relatif aux eaux du Nil conclu en 1929 entre l'Égypte et la Grande-Bretagne, qui représentait alors le Kenya, la Tanzanie, le Soudan et l'Ouganda. La coopération mise en place pour la construction du haut barrage d'Assouan a débouché sur un accord complémentaire conclu en 1959 entre l'Égypte et le Soudan sur « l'utilisation totale des eaux du Nil ». Cet accord attribuait une

part annuelle de 75 % (55.5 milliards de m³) à l'Égypte et 25 % (18.5 milliards de m³) au Soudan. Toutefois, les pays riverains situés en amont contestent les dispositions des accords de 1929 et de 1959. Si ces problèmes ou d'autres devaient donner lieu à une modification de la répartition, la part égyptienne des eaux du Nil pourrait s'en trouver réduite.

Ainsi, même si l'Égypte est bien adaptée à la variabilité actuelle du climat, la conjugaison de trois facteurs pourraient accroître sa vulnérabilité dans l'avenir : la perspective d'un nouveau partage des eaux du Nil; la dépendance de l'Égypte vis-à-vis du Nil, conjuguée à la demande croissante d'eau et d'électricité; et les effets potentiellement négatifs du changement climatique (notamment la réduction du débit provoquée par l'accroissement de l'évaporation et la possible réduction des précipitations). Il est donc indispensable d'élaborer des mesures permettant à l'Égypte de s'adapter aux réductions de ses ressources en eau, susceptibles de se produire à moyen et long terme, et de prendre en compte ces mesures dans le processus de développement.

4.4. Vers l'intégration systématique des stratégies d'adaptation

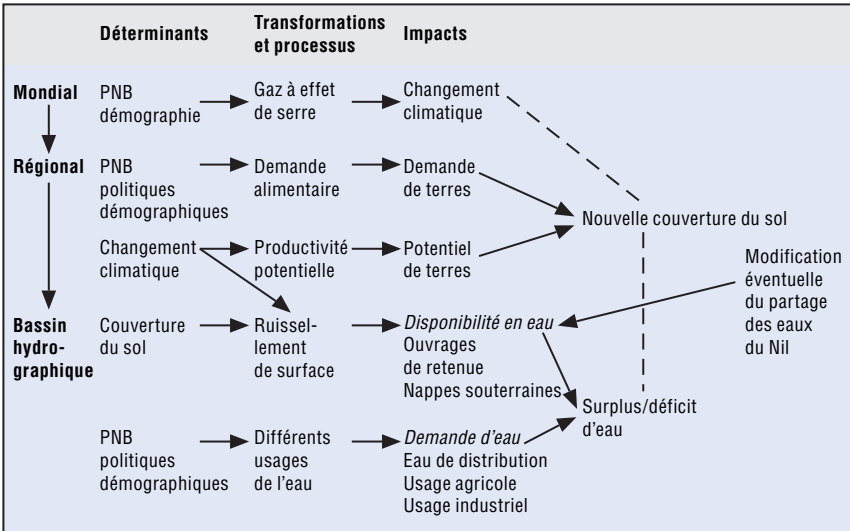
L'éventail des mesures d'adaptation que l'Égypte pourrait mettre en œuvre pour faire face à un éventuel stress hydrique à moyen ou long terme devraient théoriquement prendre en compte les facteurs qui, à l'échelle mondiale, régionale et du bassin, déterminent la disponibilité en eau, son utilisation ou les deux. La figure 4.3 présente ces facteurs sous une forme schématique.

S'agissant des ressources en eau de l'Égypte, l'adaptation est une question étroitement liée aux choix et trajectoires de développement du pays et de la région du Nil. Toute modification de l'approvisionnement en eau, liée au changement climatique, surviendra en même temps qu'une évolution démographique certaine et dans le contexte d'un potentiel de prélèvement des pays riverains en amont. Ainsi l'Égypte est-elle déjà confrontée à de lourds problèmes de gestion de l'eau.

Les ressources en eau de l'Égypte sont utilisées pour l'irrigation, pour des systèmes d'eau municipaux/domestiques, pour des usages industriels et pour la production d'électricité. L'eau est également nécessaire pour assurer la sécurité des barrages et l'efficacité de la navigation sur le Nil et ses bras. Du côté de la demande, l'adaptation exige de diminuer le plus possible la consommation d'eau et d'optimiser la rentabilité économique par unité de volume.

L'Égypte a commandé une série d'évaluations stratégiques de ses ressources en eau depuis les années 70. Ces études fournissent des mesures quantitatives très complètes et des estimations de l'offre et la demande, présentes et futures, à l'échelle du bassin du Nil et de l'Égypte. Elles indiquent que l'Égypte dispose encore d'un surplus de ressources en eau dans son réseau. Wichelns (2002) fait mention d'estimations de 63.7 km³ pour l'approvisionnement total annuel et de

Figure 4.3. **Facteurs d'évolution de la disponibilité en eau du Nil pour l'Égypte aux différentes échelles**



Source : Élaboré à partir de Conway et al. (1996).

61.7 km³ pour la consommation totale annuelle. À l'échelle nationale, l'eau est encore disponible en quantité suffisante pour satisfaire l'ensemble des besoins. Une autre étude définit quatre mesures visant à introduire une marge de sécurité : recours à l'« eau virtuelle » (i.e. priorité à l'importation sur la production de produits alimentaires et autres produits grands consommateurs d'eau); mesures économiques en faveur d'une utilisation de l'eau plus efficace; collecte des eaux de pluie; et projets de drainage et de conservation des ressources en eau en amont, dans le sud du Soudan (Waterbury, 2002). Chacune de ces mesures se heurte à plusieurs obstacles. Le recours à l'eau virtuelle a des conséquences économiques et politiques, et on s'accorde généralement à reconnaître que la sécurité alimentaire nationale demeure un objectif politique important. L'instauration d'une utilisation plus efficace de l'eau et d'autres mesures de gestion de la demande en Égypte se double de considérations socio-économiques et politiques. Nombre de mesures du côté de l'approvisionnement comme la collecte des eaux de pluie sont limitées par la dimension et l'accessibilité de la ressource, et les programmes de conservation du Soudan (qui ont une incidence sur l'approvisionnement en eau de l'Égypte) sont confrontés à des difficultés de mise en œuvre. De plus, avec une croissance démographique égyptienne de l'ordre d'un million d'individus tous les neuf mois, tout surplus diminue rapidement, et les principales possibilités offertes pour relâcher la pression ont un coût.

La capacité de stockage qu'offre le haut barrage d'Assouan protège relativement bien l'Égypte des effets de la variabilité interannuelle des débits du Nil. Le pays reste cependant vulnérable à la variabilité décennale. Une période prolongée de sécheresse dans les années 80, par exemple, a conduit le pays à affronter le risque d'une grave pénurie d'eau au cours de l'été de 1988. Par la suite, cette situation a amené les pouvoirs publics à élaborer des stratégies et des plans d'adaptation pour faire face à des situations analogues dans l'avenir. Même si la capacité stockée suffisait à assurer les apports en eau normalement requis, les pouvoirs publics ont élaboré des plans d'urgence en 1988 pour contrer une nouvelle aggravation de la sécheresse. Parmi ceux-ci figurent une meilleure régulation de façon à réduire les lâchers annuels d'eau du lac Nasser, la prolongation de la fermeture hivernale du réseau d'irrigation, la réduction de la superficie consacrée à la riziculture, et l'amélioration du chenal navigable du Nil, en vue de maintenir l'eau à un niveau suffisamment élevé pour pouvoir en prélever à des fins d'irrigation. Cette sécheresse a aussi débouché sur la création d'un service chargé de la surveillance, la prévision et la simulation des débits du Nil (Abu-Zeid et Abdel-Dayem, 1992). Ces mesures présentent des synergies avec les stratégies d'adaptation à des réductions potentielles de l'approvisionnement en eau à moyen ou long terme. Toutefois, vers le milieu des années 90, la situation a perdu de son caractère d'urgence car les débits du Nil ont augmenté et le niveau du lac Nasser est remonté : en 1997, le fleuve et le lac atteignaient ainsi leur niveau le plus élevé depuis l'achèvement du barrage.

Les périodes de sécheresse prolongées nécessitent des parades supplémentaires, surtout en termes de plans d'urgence visant à limiter les lâchers d'eau du barrage en période de stockage et d'apports limités. Il faut aussi envisager des mesures pour faire face à la persistance de débits élevés et d'excédents d'eau stockée. Un examen et une actualisation réguliers des mesures prises face à la sécheresse, ainsi que des recherches sur l'amélioration des prévisions à long terme amélioreront la capacité de l'Égypte à faire face à des sécheresses prolongées. Le changement climatique pourrait apporter des modifications plus durables voire permanentes au débit du Nil, qui rendraient les mesures actuelles inaptes à faire face à la variabilité, et nécessiteraient des changements structurels des stratégies de gestion. Les échelles de temps sont importantes à cet égard. Compte tenu de l'ampleur de la variabilité décennale en Égypte, des décennies pourraient s'écouler avant qu'une modification nette du régime du fleuve ne devienne perceptible, mais il pourrait néanmoins être judicieux de prendre dès à présent un certain nombre de mesures de planification et de gestion.

Enfin, le dialogue et la coopération entre les États du bassin du Nil sont indispensables pour résoudre des problèmes techniques (comme le partage des données) et des questions plus politiques et sensibles (comme la répartition de l'eau). Un dispositif de coopération serait dans l'intérêt de tous les pays riverains

du Nil car il diminuerait le risque d'incertitude et de surprise. Il favoriserait aussi l'exploration de moyens d'adaptation impliquant les pays riverains dont la consommation est liée aux échanges de produits grands consommateurs d'eau tels que l'hydroélectricité et certains produits alimentaires. Certes une coopération technique est en place depuis un certain temps entre plusieurs pays du bassin, mais ce n'est que dans les années 90 que des accords de coopération plus complets ont été élaborés avec le concours actif de plusieurs bailleurs de fonds. Cet effort a conduit au lancement, en mai 1999, de l'Initiative pour le bassin du Nil (IBN), dont font aujourd'hui partie l'ensemble des dix pays du bassin du Nil. L'IBN est structurée autour de deux initiatives complémentaires, l'une faisant appel à une démarche descendante et l'autre à une démarche ascendante : le Programme de la vision partagée, et les Programmes d'action subsidiaire. Le premier vise à promouvoir un environnement propice à l'investissement et à l'action. À l'intérieur de ce cadre général, le second élaborera et mettra en œuvre des projets de développement au niveau d'un sous-bassin impliquant deux pays ou plus, les actions à l'échelle nationale et infranationale étant laissées à l'initiative des pays. Les Programmes d'action subsidiaire englobent un large éventail de questions connexes relatives aux ressources en eau et au développement économique, dont l'irrigation et le drainage, la pêche, le développement et la mise en commun de l'hydroélectricité, la gestion durable des terres humides et des bassins versants, les réseaux régionaux d'électricité y compris l'interconnexion des réseaux, les communications et les transports régionaux, la promotion des échanges commerciaux, et les prévisions et la gestion des catastrophes. S'il est trop tôt pour évaluer l'efficacité de l'IBN, elle marque cependant un premier pas important en offrant un cadre de coopération dans lequel concilier les aspirations de développement et les besoins en eau de tous les pays riverains du Nil. Les préoccupations climatiques ne figurent pas encore parmi les activités envisagées par l'IBN, mais elles pourraient y être utilement intégrées, compte tenu de leur importance potentielle pour tous les pays du bassin du Nil.

5. Changement climatique et mangroves côtières au Bangladesh et à Fidji

D'un point de vue taxinomique, les mangroves sont des assemblages hétérogènes de plantes (comprenant arbres, arbustes, fougères et palmiers) que l'on rencontre le long des rives des cours d'eau et des côtes protégées, sous les latitudes tropicales et subtropicales. Elles sont souvent associées à des récifs coralliens et à des lits d'herbes marines, formant ainsi un écosystème côtier plus vaste appelé « paysage marin ». Les mangroves, qui font partie des écosystèmes les plus productifs du monde, offrent un large éventail de services (encadré 4.2). Leur feuillage très dense permet un haut niveau de productivité primaire, qui entretient lui-même un réseau trophique

Encadré 4.2. Avantages et services procurés par les écosystèmes de mangroves

Valeurs d'usage direct	Valeurs d'usage indirect	Valeurs de non-usage
<ul style="list-style-type: none"> • Produits forestiers (bois d'œuvre, bois de feu, charbon de bois, matériau de construction, poteaux, bardeaux) 	<ul style="list-style-type: none"> • Lutte contre les inondations et l'érosion 	<ul style="list-style-type: none"> • Conservation de la biodiversité
<ul style="list-style-type: none"> • Produits halieutiques sur site (crabes, poissons) 	<ul style="list-style-type: none"> • Stabilisation du littoral 	<ul style="list-style-type: none"> • Piégeage du carbone
<ul style="list-style-type: none"> • Entretien des pêcheries hors site (crevettes, poissons) 	<ul style="list-style-type: none"> • Protection contre les tempêtes 	
<ul style="list-style-type: none"> • Produits aquacoles (crevettes, poissons) 	<ul style="list-style-type: none"> • Piégeage des sédiments nutritifs 	
<ul style="list-style-type: none"> • Autres produits, tels que produits alimentaires, plantes médicinales, miel 	<ul style="list-style-type: none"> • Habitats et zones d'alevinage 	
<ul style="list-style-type: none"> • Loisirs et tourisme 		

complexe de faune et de flore terrestres et marines. Les mangroves procurent des nutriments et des habitats aux jeunes poissons, aux crabes et aux crevettes, et elles abritent une grande variété d'oiseaux et d'espèces sauvages. Elles contribuent aussi à maintenir l'intégrité de la région côtière en la protégeant contre les inondations, l'érosion côtière et les marées de tempête. En tant que telles, elles sont considérées comme relevant d'une adaptation « sans regrets », essentielle aux impacts de l'élévation du niveau de la mer et des marées de tempête. En même temps, elles sont vulnérables aux effets du changement climatique, en particulier à l'élévation du niveau de la mer et aux changements de la température minimale de l'eau en hiver. Elles sont également déjà menacées dans de nombreuses régions du monde par toute une série de pressions dues au développement, ce qui exacerbe leur vulnérabilité au changement climatique.

Cette section examine les problèmes et les possibilités d'articulation entre les priorités de développement et l'adaptation au changement climatique dans le cas des mangroves, en prenant pour exemple les Sundarbans du Bangladesh et l'île Viti Levu de l'archipel Fidji. Les Sundarbans sont situés dans le delta du système hydrographique formé par le Gange, le Brahmapoutre et la Meghna dans le golfe du Bengale. Ils se composent d'un ensemble d'îles, de voies d'eau sous influence des marées, et de vasières qui forment la plus importante forêt continue de mangroves du monde, couvrant environ 10 000 km². Près de 60 % des Sundarbans sont situés au Bangladesh, le reste se trouvant en Inde. Les Sundarbans assurent la vie d'un des plus riches réservoirs naturels de gènes de faune et de flore sauvages du monde. Ils

recèlent d'innombrables espèces végétales et plus de 400 espèces de faune sauvage, dont le tigre royal du Bengale. Cette région procure aussi des moyens d'existence à environ 3.5 millions d'habitants. Viti Levu, île du Pacifique tropical, abrite plus des deux tiers de la population de Fidji. Quelque 230 km² de mangroves bordent son littoral. Si ses mangroves couvrent une superficie plus petite que celles des Sundarbans, elles constituent cependant un couvert important pour un milieu insulaire.

5.1. Menaces actuelles liées au climat

Fidji et le Bangladesh ont un climat tropical dont les variations de températures interannuelles sont relativement faibles. Les deux pays connaissent des événements climatiques extrêmes tels que cyclones, inondations et sécheresses. La situation et la topographie des Sundarbans les rendent particulièrement vulnérables aux cyclones. Ces systèmes de tempêtes prennent naissance très au large dans l'océan Indien et traversent le golfe du Bengale dont les eaux peu profondes favorisent d'énormes raz de marée lorsque le cyclone atteint la terre. Fidji, pour sa part, enregistre la plus forte concentration de cyclones du Pacifique sud, avec des impacts majeurs sur l'économie et la sécurité publique (Banque mondiale, 2000b).

Les autres événements extrêmes qui influent sur l'hydrologie des mangroves dans ces deux environnements sont les sécheresses et les inondations. Celles-ci menacent le fragile équilibre entre l'eau douce et l'eau salée nécessaires au développement des mangroves. Le Bangladesh est situé sur la plaine d'inondation de trois grands fleuves et de leurs nombreux affluents. Chaque année, environ un quart du pays est inondé, et en situation extrême, les deux tiers peuvent être sous les eaux. L'exposition du Bangladesh aux marées de tempête du golfe du Bengale aggrave cette vulnérabilité. La topographie côtière peu élevée donne lieu à un fort effet de refoulement, et la variation saisonnière dans la ligne de démarcation entre eau saumâtre et eau douce est très marquée : l'eau douce domine durant la mousson, et le front de salinité pénètre davantage dans les terres durant la saison sèche. À Fidji, les sécheresses résultent de l'effet El Niño qui, en règle générale, génère des conditions plus chaudes et plus sèches de décembre à février, et des conditions plus froides et plus sèches de juin à août. L'épisode El Niño de 1997-98 a donné lieu à l'une des plus graves sécheresses de l'histoire de Fidji.

5.2. Conséquences du changement climatique

Plusieurs dimensions du changement climatique vont affecter la couverture géographique et la productivité globale des mangroves côtières. Il s'agit notamment de la hausse des températures de l'air et des océans, l'élévation du niveau de la mer, la transformation du régime pluviométrique, la modification des régimes de salinité (qui seraient influencés par une

modification du niveau de la mer et du régime pluviométrique, y compris à l'intérieur des terres), les changements dans la fréquence et l'intensité des cyclones, et l'impact du changement climatique sur d'autres éléments du paysage côtier, tels que les récifs coralliens, susceptibles d'affecter la viabilité des mangroves.

La hausse des températures est la plus fiable des projections concernant le changement climatique. En principe, le réchauffement devrait rendre le climat des latitudes supérieures plus propice au développement des mangroves. Toutefois, une expansion vers des zones tempérées ne devrait pas concerner le Bangladesh et Fidji, car ils sont situés sous les tropiques où les températures favorisent déjà la croissance des mangroves. D'autres incidences possibles sur les mangroves, liées à la hausse des températures, telles qu'une croissance et une productivité renforcées, sont très limitées en comparaison des impacts de l'élévation du niveau de la mer et de la modification de l'hydrologie.

Selon les projections, le niveau de la mer à Fidji devrait s'élever, les scénarios moyens prévoyant 10 cm d'ici à 2025 et 50 cm d'ici à 2100, tandis que ceux basés sur des projections d'émissions plus importantes de GES indiquent une élévation deux fois supérieure – plus de 20 cm d'ici à 2025 et 1 mètre d'ici à 2100 (Feresi et al., 1999). Pour le Bangladesh, il n'y a pas de scénario régional spécifique pour l'élévation du niveau de la mer, en partie parce que le delta du Gange et du Brahmapoutre est encore actif et hautement dynamique d'un point de vue géomorphologique. D'après certains travaux, les terres côtières du Bangladesh reçoivent des sédiments supplémentaires sous l'influence des marées, alors que dans certaines régions, les terres s'affaissent sous l'action tectonique (Huq et al., 1999). Comme le delta est le produit de la décomposition de sédiments, leur compaction peut aussi jouer un rôle déterminant dans la variation nette du niveau de la mer dans la zone côtière, notamment dans les Sundarbans. Une revue de la littérature et des avis autorisés semblent indiquer que les effets de l'accumulation de sédiments et ceux de la compaction et de la subsidence peuvent s'annuler mutuellement, de sorte qu'on peut supposer une élévation nette du niveau de la mer. Une étude américaine par pays concernant le Bangladesh donne une fourchette comprise entre 30 et 100 cm d'ici à 2100 tandis que le troisième rapport d'évaluation du GIEC indique une fourchette moyenne mondiale comportant des valeurs légèrement inférieures, comprises entre 9 et 88 cm.

La réaction probable des mangroves à l'élévation du niveau de la mer dépend d'une variété de facteurs – en particulier du degré de neutralisation de cette élévation par une sédimentation accrue. Si le taux de sédimentation est plus élevé que le taux d'élévation du niveau de la mer, les mangroves pourraient même s'étendre vers la mer. Les mangroves de zones essentiellement fluviales comme les Sundarbans auront davantage tendance à croître au même rythme que le niveau de la mer en raison des volumes importants de sédiments qu'elles

reçoivent des cours d'eau. Pour les mangroves des écosystèmes de petites îles comme Viti Levu, la sédimentation est plus limitée et même lorsqu'elle progresse au rythme du relèvement du niveau de la mer, cette dernière risque davantage de l'emporter à long terme. Dans les Sundarbans, on prévoit qu'une élévation de 45 cm du niveau de la mer inonderait 75 % des mangroves, et qu'une élévation de 67 cm pourrait inonder l'ensemble de l'écosystème. Extrapolant à partir de ces données, Smith *et al.* (1998) ont calculé qu'un relèvement de 25 cm du niveau marin provoquerait une perte de 40 % de la mangrove. Le recul des mangroves vers le rivage dépendra du rythme d'élévation du niveau de la mer et de la présence de terres propices. Si l'arrière-mangrove est adossée à des reliefs, densément peuplée ou déjà mise en culture, la migration vers l'intérieur sera rendue très difficile. Même si les obstacles à la progression des mangroves, tels que des ouvrages physiques, pouvaient être levés, leur recul vers l'intérieur ne compenserait probablement pas la régression des mangroves due à leur submersion.

Le niveau de salinité des mangroves côtières est une question étroitement liée à celle de l'élévation du niveau de la mer. Certaines espèces pourront s'adapter aux salinités plus élevées de régions inondées, mais d'autres n'y parviendront pas. S'agissant des Sundarbans, un autre facteur essentiel tient au fait que l'élévation du niveau de la mer accroîtrait l'effet de refoulement dans les principaux affluents du Gange, repoussant le front de salinité vers l'intérieur des terres. Cet effet pourra être atténué pendant la mousson qui, d'après nombre de modèles climatiques, donne lieu généralement à une augmentation des précipitations et par conséquent à des afflux d'eau douce dans les cours d'eau. Les effets du changement climatique sur les Sundarbans seraient considérablement plus importants pendant la saison sèche, les modèles climatiques prévoyant pour cette période une baisse de la pluviométrie susceptible de réduire encore les afflux d'eau douce et de faire pénétrer le front de salinité plus avant dans les terres. En conséquence, des espèces ligneuses qui préfèrent l'eau douce comme les sundri devraient se raréfier et à terme disparaître avec le changement climatique, pour être remplacées par des herbes, des broussailles et des arbres de qualité médiocre (Ahmed *et al.*, 1998). Étant donné que la composition de la végétation a des effets marqués sur la répartition de la faune forestière, un tel changement pourrait affecter sérieusement la pérennité à long terme de l'écosystème.

Une autre dimension du changement climatique concerne les variations de fréquence et d'intensité des cyclones tropicaux. Le Bangladesh et les Sundarbans sont situés dans des zones d'activité cyclonique. Les modèles climatiques actuels ne résolvent pas de manière satisfaisante la question de l'incidence du changement climatique sur les cyclones (Risbey *et al.*, 2002). Le bilan historique fait apparaître une forte variabilité décennale, ce qui rend difficile d'interpréter avec certitude toute analyse d'évolution basée sur des données de séries

chronologiques limitées. Néanmoins, fondant sa conclusion sur des indications récentes apportées par certaines expérimentations de modèles climatiques ainsi que sur un bilan empirique, le troisième rapport du GIEC souligne que, d'après certaines données d'observation, les fréquences régionales des cyclones tropicaux pourraient se modifier mais que la modification de leur distribution régionale n'a pas été établie. Des données indiquent aussi que l'intensité maximale pourrait s'élever de 5 % à 10 % et les taux de précipitations pourraient augmenter de 20 % à 30 % (GIEC, 2001a). Toutefois, ces estimations ne sont pas spécifiques à certains lieux. Tout changement de fréquence ou d'intensité des cyclones, ou les deux, sont de nature à aggraver les intrusions salines dans les zones côtières, notamment dans les Sundarbans et à Viti Levu. On peut avancer que l'intensité des marées de tempête est appelée à s'accroître sous l'effet du changement climatique, en particulier à la fin du XXI^e siècle. Dans l'avenir, les cyclones et les marées de tempête de forte intensité qui leur sont associées risquent vraisemblablement d'inonder l'arrière-mangrove, abritée derrière de hautes digues qui pour l'heure la protègent des eaux salées, et d'aggraver encore la salinité. De surcroît, dans les zones où les tempêtes cycloniques provoquent une mortalité massive de la forêt de mangroves, la subsidence due à la décomposition racinaire aboutira à une submersion permanente.

Enfin, la santé des mangroves dépendra de la façon dont les autres éléments du paysage marin réagiront au changement climatique. À cet égard, la principale menace semble être celle qui pèse sur les systèmes de récifs coralliens. La hausse des températures de la surface de la mer a conduit au blanchissement des coraux et à une mortalité massive des récifs dans certaines régions. Le blanchissement de certains coraux s'est produit à Fidji (Banque mondiale, 2000b). Si cette tendance se confirme, et que les récifs coralliens de Fidji disparaissent, cela aura un profond impact sur le paysage marin puisque les coraux contribuent à créer des espaces protégés où les communautés de mangroves peuvent s'implanter. Sans ces abris, les mangroves seraient menacées par une exposition encore plus importante et pourraient finir elles aussi par mourir.

5.3. Intégration systématique des stratégies d'adaptation dans les Sundarbans au Bangladesh

Au Bangladesh, les Sundarbans procurent des moyens de subsistance à près d'un million d'habitants. Le mode de vie traditionnel des populations vivant dans les zones qui bordent la limite forestière septentrionale est bien adapté aux variations du niveau des eaux et de la salinité, liées aux marées et aux saisons. Les habitations sont construites sur pilotis et les agriculteurs pratiquent une riziculture résistante aux inondations de la mousson sur des terres protégées par des digues temporaires. La pêche de variétés tolérantes au sel a longtemps été la principale source de subsistance pendant la saison sèche, lorsque les taux de salinité étaient élevés.

Toutefois, ces modes de vie traditionnels subissent déjà des pressions considérables du fait d'évolutions non liées au climat telles que la rapidité de la croissance démographique, le braconnage des espèces sauvages, et l'abattage illicite de bois. En outre, le développement industriel de la région a accru la demande de bois des Sundarbans. L'augmentation des transports par barge, associée à un respect limité des règles de protection de l'environnement, donne lieu à des rejets d'hydrocarbures qui endommagent l'écosystème. D'autres pressions sont exercées par l'élevage des crevettes qui, dans une zone voisine des Sundarbans, a connu un essor foudroyant en tant que secteur d'exportation au milieu des années 80. Si cet essor a favorisé l'augmentation du revenu, il a aussi encouragé l'inondation délibérée des terres par des eaux saumâtres durant les périodes de faible salinité pour stimuler la production de crevettes. Une autre évolution consiste à détourner en amont (notamment en Inde) les cours d'eau apportant de l'eau douce aux Sundarbans, en particulier pendant la saison sèche où elle est indispensable pour contrebalancer la salinité élevée.

Les impacts du changement climatique sur les Sundarbans viendront s'ajouter à ces contraintes de départ. Par conséquent, il convient d'intégrer les mesures d'adaptation à une stratégie plus vaste, à l'échelle de l'ensemble du système, qui prenne en compte tout l'éventail des menaces climatiques et non climatiques pesant sur l'écosystème.

La stratégie d'adaptation la plus utile consisterait à réduire la menace de salinité croissante, en particulier pendant les périodes où les débits sont faibles. Celle-ci pourrait comporter plusieurs mesures techniques destinées à atténuer l'intrusion saline, qui pourraient viser notamment à : i) accroître les apports d'eau douce en provenance des zones situées en amont; ii) régénérer les réseaux de cours d'eau existants afin d'améliorer le régime hydrique dans la forêt; et iii) renforcer artificiellement ces réseaux pour faciliter l'écoulement des eaux douces dans les cours d'eau qui alimentent en eaux douces les parties occidentales de la forêt. Pour ce qui est de la première mesure, la rivière Gorai est particulièrement importante. Il s'agit du seul défluent important du Gange qui traverse la région des Sundarbans. Le débit de la Gorai a été particulièrement affecté par la construction du barrage de Farakka en Inde. Après la signature, en 1996, du traité sur le partage des eaux du Gange avec l'Inde, le débit du Gange s'est globalement amélioré au Bangladesh. Pour accroître encore le débit par rapport à son niveau actuel, il faudra renforcer la coopération entre pays riverains (Ahmed, 2005). Cela nécessitera aussi de créer une capacité de stockage dans le bassin du Gange au Bangladesh de façon à maintenir un régime hydrique régulier de la rivière Gorai et des autres cours d'eau pendant toute la saison sèche.

Une mesure d'adaptation visant à soustraire les Sundarbans à une submersion liée à l'élévation du niveau de la mer consisterait à modifier la menace d'inondation permanente. Une solution possible consiste à augmenter

délibérément la sédimentation au niveau du substrat de la mangrove. Si cette solution se révélait techniquement réalisable et économiquement viable au niveau expérimental, des projets pourraient être entrepris dans le but de sauver la mangrove. Une sédimentation contrôlée et dirigée contrebalancerait la subsidence et pourrait contribuer à retarder la submersion permanente.

Un autre moyen d'accroître les apports d'eau douce dans les Sundarbans est de régénérer les réseaux de cours d'eau existants qui sont engorgés par des sédiments lourds provenant de l'Himalaya. Les pouvoirs publics et les donateurs internationaux ont lancé à cette fin des projets d'ingénierie tels que le dragage de cours d'eau comme la rivière Gorai ou le recreusement du lit de la rivière Kobodak, susceptibles d'alimenter directement en eau douce la partie centrale des Sundarbans. Les pouvoirs publics du Bangladesh ont lancé une étude sur les « zones dépendantes du Gange », qui a identifié d'autres solutions possibles pour restaurer les Sundarbans. L'une des propositions consiste à procéder à un pompage centralisé d'eau douce de façon à maintenir le débit des affluents du Gange pendant la saison sèche (Halcrow and Associates, 2001). Une autre solution à l'étude prévoit de construire un barrage sur le Gange, au Bangladesh, afin de stocker de l'eau qui pourrait être lâchée pendant la saison sèche. En attendant, les pouvoirs publics mettent en œuvre un plan de gestion intégrée de la zone côtière, qui vise à améliorer les moyens d'existence tout en préservant la base existante de ressources naturelles. Le cahier des charges pour la mise en œuvre de ce plan impose d'y intégrer des mesures d'adaptation au changement climatique. Une autre démarche encore consiste à protéger les ressources forestières des Sundarbans par l'augmentation de la richesse spécifique, le renforcement de la surveillance, et la création d'un arboretum de mangrove.

Certaines politiques et priorités de développement pourraient entrer en contradiction avec l'objectif de réduire la vulnérabilité des Sundarbans au changement climatique. En particulier, les plans visant à encourager l'écotourisme dans les Sundarbans risqueraient de soumettre à des pressions supplémentaires un écosystème déjà fragile.

Si nombre de mesures structurelles d'adaptation, telles que la construction de digues côtières et la réduction de la salinité, ont été intégrées aux projets et aux politiques de développement, il reste cependant difficile d'en assurer la mise en œuvre pérenne. C'est ainsi que le taux élevé d'apports sédimentaires provenant des cours d'eau de l'Himalaya nécessite de renouveler périodiquement des interventions comme le dragage des voies d'eau. La surveillance et l'entretien exigent un intérêt soutenu de la part des pouvoirs publics et des donateurs, ainsi que la participation de la population locale, et ce, bien au-delà de la durée du projet initial.

Le cas des Sundarbans fait aussi apparaître l'importance de la dimension transfrontalière de l'adaptation au changement climatique. L'effet du détournement d'eau provoqué par le barrage de Farakka sur les niveaux de salinité et les débits en saison sèche dans les Sundarbans est comparable à l'impact attendu du changement climatique quelques décennies plus tard, voire plus marqué. Par conséquent, l'adaptation au changement climatique nécessitera sans doute non seulement des solutions locales mais aussi des accords institutionnels transfrontaliers comme le traité sur le partage des eaux du Gange pour résoudre les problèmes actuels de détournements d'eau (Ahmed, 2002). Enfin, la prise en charge des risques liés au changement climatique ne doit pas masquer d'autres menaces graves, allant de la pollution des eaux dans les régions avoisinantes à l'abattage illicite des arbres en passant par des activités comme l'élevage des crevettes, qui ont mis en péril cet écosystème fragile avant même que des effets notables du changement climatiques se manifestent.

5.4. Intégration systématique des mesures d'adaptation concernant les mangroves de Viti Levu

Alors même que les mangroves protègent d'autres systèmes côtiers et établissements humains de l'élévation du niveau de la mer et des marées de tempête, elles sont elles-mêmes menacées par des phénomènes liés au changement climatique tels que la submersion, la sédimentation excessive, la dégradation de l'écosystème et la disparition des récifs coralliens. Par conséquent améliorer leur résilience et leur protection constitue une mesure satisfaisante d'adaptation « sans regrets », non seulement pour les mangroves mais aussi pour d'autres systèmes naturels et socio-économiques menacés par le changement climatique. L'adaptation au relèvement du niveau marin et aux impacts côtiers à Viti Levu pourrait vraisemblablement prendre deux formes principales : contenir la mer derrière des ouvrages de défense, ou laisser reculer la ligne de côte, en faisant éventuellement de la mangrove une zone tampon contre les marées de tempête.

Il n'a pas encore été procédé pour Viti Levu à une analyse coûts-avantages détaillée de toutes les solutions d'adaptation possibles, mais des études menées dans d'autres régions indiquent en général qu'il est plus rentable de laisser la mangrove se déplacer et la ligne de côte reculer que de construire des ouvrages de défense. À Fidji, deux tendances s'affrontent en la matière. Aux différents niveaux de l'administration centrale et dans les communautés locales, on constate une préférence en faveur de la conservation de la mangrove pour faire face à l'élévation du niveau de la mer. Pourtant, le siècle dernier a vu la destruction de régions de mangroves et la diminution de son taux de couverture. Les raisons en sont complexes mais, en résumé, les mangroves régressent sous la pression de l'agriculture, du tourisme et de l'urbanisation.

Les avantages résultant de la conservation des mangroves profitent en général soit aux petites communautés qui n'ont guère la possibilité de se faire entendre par les pouvoirs publics, soit aux générations futures qui n'ont pas encore la parole. Les avantages découlant de leur destruction bénéficient en général aux promoteurs, aux entreprises et aux villes, qui disposent d'un accès plus direct aux pouvoirs publics et qui savent mettre en évidence l'intérêt immédiat et concret d'un changement d'affectation des zones de mangroves. Ainsi, bien qu'elle constitue une stratégie d'adaptation sans regrets, la conservation se heurte à des obstacles politiques. De surcroît, la possibilité de destruction rapide des mangroves ne plaide pas en faveur de leur conservation, alors même que de nombreuses années sont nécessaires à leur reconstitution.

Les études coûts-avantages des services procurés par les mangroves à Fidji et le manque de cohérence des politiques témoignent de la sous-évaluation de ces services. Dans sa réflexion sur la question de savoir s'il faut préserver les mangroves ou les affecter à des usages agricoles, Lal (1990) estime que la société de Fidji perdrait 181 000 d'USD par an si les mangroves faisaient l'objet d'une coupe à blanc. Le tableau 4.2 fait la synthèse de trois études sur la valeur économique des mangroves de Fidji. Les résultats sont globalement concordants. Si aucune des trois ne reflète l'intégralité de la valeur possible des services fournis par les mangroves, chacune englobe cependant les principaux services associés aux pêcheries, aux habitats et à la protection des côtes.

Tableau 4.2. **Valeur économique estimée par hectare des mangroves préservées de Viti Levu (Fidji)**

Source	Valeur économique des biens et des services	USD/ha/an
Lal (1990)	Valeur économique totale	2 706
Banque mondiale (2000b)	Pêche de subsistance	240-360
	Pêche commerciale	90-140
	Fonctions d'habitat	160
	Protection des côtes	1 480
	Plantes médicinales	230-330
	Matières premières	180
	Valeur économique totale	2 380-2 650
Plan d'action stratégique de Fidji pour la biodiversité	Produits alimentaires, nutriments et habitats	1 200
	Régulation des perturbations (protection des côtes)	1 250
	Valeur économique totale	2 450

Ces estimations diffèrent de l'évaluation utilisée par le ministère des Terres qui a pris en charge la réglementation de l'utilisation des mangroves en 1974 et qui est responsable de l'indemnisation des villages lors du changement d'affectation des superficies de mangroves. L'indemnité, qui ne porte que sur la perte des droits de pêche, semble en règle générale prendre la forme d'un paiement exceptionnel faisant l'objet d'une négociation et s'élevant à environ 150 000 à 200 000 USD pour une superficie approximative de 70 ha de mangroves, soit environ 2 500 USD /ha; il s'agit donc d'un versement unique, et non par hectare et par an comme dans les évaluations présentées dans le tableau 4.2. Si on prend pour hypothèse que la reconstitution d'une forêt de mangrove nécessite une vingtaine d'années, ce paiement représente 125 USD /ha/an, soit environ 1/20^e de la valeur annuelle des services procurés par les mangroves indiquée dans le tableau 4.2. En fait, cette sous-évaluation correspond à une aide à l'affectation des superficies de mangroves à d'autres usages. Une raison majeure pour laquelle cette aide a été maintenue tient à l'inadéquation entre l'écosystème des mangroves et le régime des droits de propriété à Fidji. Un *mataqali* (clan) traditionnel bénéficie d'une concession communale sur les ressources matérielles et le milieu physique, dont les mangroves. Toutefois, le gouvernement a décrété qu'il ne s'agissait que d'un droit d'usufruit, ce qui a une incidence sur le montant de l'indemnité versée pour la perte des mangroves résultant de leur affectation à d'autres usages (Lal, 1990).

En plus de cette évaluation inadéquate et du régime de propriété, il existe une absence d'efficacité dans la gestion et la conservation. Toutefois, des capacités considérables sont en place, et il s'agit davantage d'un problème de renforcement des capacités que de développement (Koshy et Philip, 2002). Par ailleurs, des partenariats actifs axés sur la conservation de la mangrove ont pu être constitués entre des villages et une importante communauté d'ONG, grâce à l'intérêt manifesté par les donateurs et aux capacités des pouvoirs publics. Deux textes législatifs récents peuvent aussi favoriser la prise en compte systématique des stratégies d'adaptation : le plan d'action stratégique pour la biodiversité, qui a été approuvé, et le projet de loi sur la durabilité, qui est en cours de discussion. Si l'évaluation à la base des décisions opérationnelles (concernant le changement d'affectation des mangroves) s'alignait sur les estimations du plan d'action stratégique figurant au tableau 4.2, cela témoignerait qu'une forte priorité est accordée à la conservation de la mangrove et aux impacts côtiers.

Compte tenu de la concurrence existant entre la conservation de la mangrove et les projets de développement côtier liés à l'habitat, à l'agriculture et au tourisme, il conviendrait de situer la gestion de la mangrove dans le cadre plus vaste de la gestion des zones côtières. Les efforts de protection des côtes risquent de se révéler plus coûteux à terme que la décision de laisser la côte reculer : trouver le juste équilibre entre développement et conservation

exige à l'évidence un arbitrage. Des actions insuffisantes en faveur de la conservation de la mangrove se traduiront par un recul accéléré du littoral et un impact accru des marées de tempête.

Une partie de la solution, et par conséquent de la stratégie de planification, consiste à envisager les mangroves comme faisant partie intégrante des projets de développement. Il faudra qu'elles puissent reculer vers l'intérieur des terres au fur et à mesure de l'élévation du niveau de la mer. Or si elles rencontrent des obstacles tels que des habitations, des routes et des murs qui empêchent leur migration, le relèvement du niveau marin mettra un terme à leur développement. Elles ne fourniront donc plus de protection ni de services. Pour assurer aux mangroves la possibilité de migrer, il faut instaurer une sorte de « marge de recul » en interdisant les aménagements permanents dans les zones éventuelles de migration. La profondeur exacte de cette bande dépendra de l'élévation prévue du niveau de la mer. D'après Nunn et al. (1993), dans certains pays, notamment en Indonésie et en Malaisie, les plans de gestion des zones côtières prévoient une zone tampon de 50 à 100 mètres de large, alors que la pratique actuelle à Fidji consiste à maintenir une ceinture de 5 à 30 mètres de large.

Enfin, il est indispensable de disposer d'un plan de gestion de la côte qui donne la priorité à la conservation de la mangrove, qui impose suffisamment de zones non constructibles situées au-dessus de la laisse de haute mer pour faciliter la migration de la mangrove, et qui fasse participer les communautés locales à ce double effort. Au niveau local, les villages fidjiens sont prédominants sur les zones côtières. Certains collaborent entre eux et avec des ONG pour préserver les ressources marines et côtières. Même si le nombre de projets de ce type est relativement restreint à ce stade, ceux qui existent sont généralement reconnus comme étant très fructueux. On s'est inquiété de ce que certains de ces efforts se soient trop focalisés sur la restauration des espèces qui composent les mangroves, au détriment des habitats qui assurent leur survie. Si l'écosystème n'est pas envisagé à une échelle plus vaste, les efforts locaux de conservation risquent de se heurter à des contraintes non spécifiquement locales telles que l'érosion des hautes terres, l'envasement et le ruissellement d'origine agricole, qui provoquent une détérioration des habitats. Ces préoccupations sont actuellement prises en compte et il existe des possibilités de promouvoir un plus grand nombre d'initiatives visant à la fois à étendre la superficie de mangroves placée sous la gestion et la protection des communautés locales, et à sensibiliser davantage les pouvoirs publics au problème de la conservation de ces mangroves.

6. Les politiques agricole et forestière de l'Uruguay et l'atténuation des GES

Les études de cas présentées jusqu'à présent dans ce chapitre étaient centrées sur les synergies et les incompatibilités éventuelles entre les politiques de gestion des ressources naturelles et les mesures que peut nécessiter l'adaptation au changement climatique. L'étude qui suit examine plutôt les liens entre la gestion des ressources naturelles et l'atténuation des émissions de GES dans les secteurs agricole et forestier de l'Uruguay.

Situé au sud-est de l'Amérique du Sud, l'Uruguay est bordé à l'ouest par l'Argentine, au nord-est par le Brésil, au sud par le Río de la Plata et à l'est par l'océan Atlantique. Un grand nombre de ses caractéristiques démographiques – telles que le taux de croissance démographique annuel, l'espérance de vie, la mortalité infantile et le PIB par habitant – sont plus proches de celles des pays de l'OCDE que de celles du monde en développement. Toutefois, comme dans beaucoup de pays en développement, une grande partie de l'économie de l'Uruguay repose sur l'exploitation des ressources naturelles, et plus particulièrement sur la culture, l'élevage et l'exploitation forestière.

Les impacts potentiels du changement climatique sur ces secteurs sont incertains en Uruguay. On prévoit une incidence négative sur certaines cultures principales, mais l'indice de confiance dans ces prévisions est faible (Baethgen, 1997). En même temps, l'agriculture et l'exploitation forestière offrent des possibilités considérables d'atténuation des émissions de GES. À elle seule, l'agriculture représente près de 80 % des émissions totales de GES en Uruguay. Les politiques agricole et forestière ont eu des effets secondaires considérables sur le piégeage du carbone. Les sections qui suivent étudient ces deux secteurs en s'attachant plus particulièrement aux conséquences des politiques actuelles sur le piégeage du carbone. Elles évaluent aussi les possibilités d'œuvrer davantage en faveur de l'atténuation des émissions de GES tout en tenant compte des priorités de développement économique et de conservation.

6.1. Aperçu des secteurs agricole et forestier

L'économie de l'Uruguay dépend largement, de manière directe ou indirecte, de la production agricole et animale. Quelque 85 % des terres conviennent à la production agricole, ce qui constitue l'un des plus forts pourcentages du monde. Le sol extrêmement fertile de la pampa fournit un environnement où les prairies tempérées et subtropicales naturelles sont utilisées pour faire paître le bétail ou bien ont été transformées en pâturages améliorés et en terres cultivables. Les principales cultures sont le blé et l'orge en hiver, et le riz, le maïs, le sorgho, le tournesol et le soja en été. L'élevage occupe une place prédominante, représentant 90 % du territoire agricole et dégageant 60 % de la valeur agricole totale et 70 % des exportations agricoles. Même sur les terres dotées de sols

profonds et fertiles où les cultures annuelles sont pratiquées, on se livre à des rotations entre cultures et pâturages, généralement de céréales et d'oléagineux pendant trois à quatre ans en alternance avec des prairies semées (composées d'herbes et de légumineuses) servant à une production de viande bovine relativement intensive. À elles deux, la production végétale et la production animale satisfont la quasi-totalité de la demande alimentaire intérieure et font vivre un secteur agro-industriel qui est à l'origine d'environ 60 % de la production industrielle totale.

L'écosystème prédominant de l'Uruguay est la prairie naturelle qui couvre environ 85 % du territoire du pays. Les forêts naturelles en occupent 3.5 %, soit environ 6 700 km². Elles comprennent des forêts riveraines, des forêts de ravins subtropicales au nord, des forêts de hautes terres au sud et des palmiers à l'est et à l'ouest. La création de forêts a commencé à la fin du XIX^e siècle. De petites superficies ont été plantées en eucalyptus dans les ranches pour offrir de l'ombre et un abri au bétail et fournir du bois pour les clôtures et la cuisine. En même temps, des plantations de pins et dans une moindre mesure d'eucalyptus ont été réalisées dans les zones côtières méridionales pour stabiliser les dunes de sable. Les plantations des exploitations et des dunes représentaient une superficie totale de 900 km². L'exploitation forestière commerciale dans le cadre de grandes plantations a débuté au milieu du XX^e siècle. Parmi les premiers investisseurs figuraient des fonds de pensions, de petites usines de pâte à papier, divers investisseurs privés et la compagnie nationale d'électricité. En 1967, la première réglementation relative aux plantations forestières commerciales entre en vigueur. Elle comportait des incitations à investir dans les plantations par le biais d'un dégrèvement partiel d'impôt sur le revenu, proportionnel à la superficie plantée chaque année. Il en est résulté un doublement du taux annuel de plantation qui a été porté à 27.5 km² entre 1968 et 1979, date à laquelle l'incitation a été supprimée. En 1988, la forêt commerciale couvrait environ 310 km² et était répartie de manière relativement homogène sur l'ensemble du territoire. La majeure partie de cette superficie était plantée d'eucalyptus et de pins à courte période végétative (respectivement 10-12 ans et 25-30 ans). La piètre qualité des essences plantées, l'intensité du travail du sol et les dommages causés par le rythme de pâturage du bétail ont contribué à un taux de croissance relativement faible et à une qualité médiocre du bois récolté.

6.2. Conséquences des politiques sectorielles pour le piégeage du carbone

Plusieurs mesures prises au cours des trois dernières décennies concernant la culture, l'élevage et l'exploitation forestière ont notablement affecté le piégeage du carbone en Uruguay. Aujourd'hui, le piégeage du carbone terrestre (contenu dans les prairies, les sols agricoles et les forêts) représente environ 14 à 15 millions de tonnes de CO₂ par an, soit environ

2.5 fois les émissions annuelles totales de CO₂. Par rapport au volume total des émissions de GES, le piégeage du carbone neutralise environ la moitié des émissions actuelles, mesurées en potentiel de réchauffement de la planète (Baethgen et Martino, 2004). Les sections suivantes présentent certaines des grandes initiatives prises par les pouvoirs publics, qui ont contribué à accroître le piégeage du carbone.

6.2.1. Culture et élevage

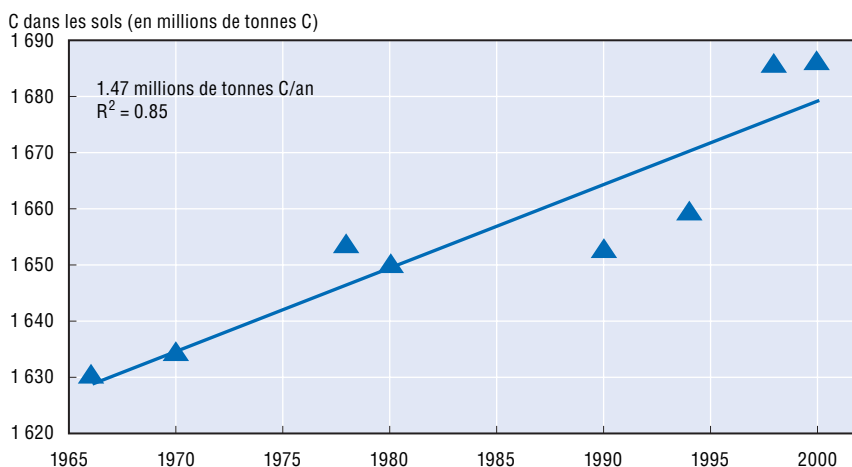
Les premières interventions des pouvoirs publics dans le secteur agricole étaient axées sur l'amélioration des prairies naturelles, clef de voûte de la production animale. Les instruments les plus couramment utilisés étaient les exonérations fiscales et les prêts à intérêts réduits en faveur de l'introduction de légumineuses, de graminées et d'engrais phosphatés. Ces mesures ont eu un impact notable : les superficies de pâturages améliorés ont doublé entre les années 50 et la fin des années 70. Le fait d'accroître la superficie de prairies semées et d'améliorer une grande partie des prairies naturelles (en introduisant légumineuses et engrais phosphatés) a augmenté la teneur en azote des sols, augmentant ainsi le taux de carbone dans des sols auparavant peu azotés. Toutefois, du fait du bas niveau des prix intérieurs des produits bovins et autres produits animaux, les éleveurs n'étaient pas économiquement incités à investir dans la modernisation technologique ni à améliorer la productivité du bétail. Du point de vue des émissions de GES, ces premières initiatives se sont caractérisées par : i) un certain accroissement de la quantité de carbone fixée dans le sol, imputable surtout à l'augmentation de la teneur en azote du sol des prairies; et ii) un changement minime voire nul en ce qui concerne les émissions de méthane provenant de l'élevage du fait de la stagnation de la productivité bovine et lainière entre les années 60 et le début des années 80.

À la fin des années 80 et dans les années 90, la hausse des prix intérieurs des produits de l'élevage et l'ouverture des marchés régionaux et internationaux ont fourni des incitations économiques propices à une croissance rapide de la superficie de pâturages améliorés et de l'efficacité du système d'élevage. Il en est résulté notamment une réduction des effectifs et une amélioration de la santé des troupeaux, ainsi qu'une meilleure alimentation animale. C'est ainsi que la production laitière totale a augmenté de 300 % entre 1985 et 2001, mais que les émissions de méthane par litre de lait ont diminué de 15 % entre 1990 et 2000. De même, la production bovine s'est accrue de 248 % de 1960 à 2000, mais les émissions de méthane par kilo de viande bovine ont été réduites de 10 % au cours de la période 1990-2000.

Entre-temps, la loi de 1982 sur la conservation des sols a autorisé la Banque de la République à faire figurer l'obligation d'appliquer des techniques de conservation des sols comme condition dans son programme de crédits agricoles. Le recours généralisé aux techniques de gestion des sols qui en est

résulté a inversé la tendance à la dégradation des sols et a considérablement amélioré la teneur des sols en carbone. Par exemple, l'extension de la superficie des cultures annuelles faisant l'objet d'un travail du sol réduit ou n'en nécessitant aucun a provoqué une augmentation de la quantité de carbone piégé dans le sol de l'ordre de 200 à 600 kg par hectare et par an (la fourchette correspond à des différences dans la texture des sols et dans l'utilisation antérieure des terres). Globalement, grâce aux améliorations apportées aux pâturages et à l'utilisation des techniques de conservation, la quantité estimée de carbone piégé dans le sol a augmenté en moyenne de 1.5 million de tonnes par an au cours de la période 1966-2000 (figure 4.4).

Figure 4.4. **Évolution de la teneur du sol en carbone due au changement d'utilisation des terres**



Source : Baethgen et Martino (2004).

6.2.2. Secteur forestier

Une avancée décisive a été opérée dans le secteur forestier avec l'adoption en 1987 d'une politique de promotion de l'exploitation forestière reposant sur des instruments figurant dans la loi n° 15939 récemment adoptée (encadré 4.3). Cette politique avait pour principaux objectifs de fournir des matières premières pour des produits d'exportation et d'assurer un approvisionnement durable en bois de feu, tout en mettant un terme au déboisement qui s'amplifiait. Cette stratégie a été très fructueuse, se traduisant par une croissance remarquable de l'espace boisé (figure 4.5). L'investissement estimé, comprenant un montant significatif apporté par des sources étrangères, s'élevait au total à plus d'un milliard d'USD dans les années 90. Le recours à des pratiques fondées sur de nouvelles technologies a donné lieu à une amélioration de la qualité ainsi qu'à une vigueur

Encadré 4.3. Politique de promotion de l'exploitation forestière fondée sur la loi n° 15939

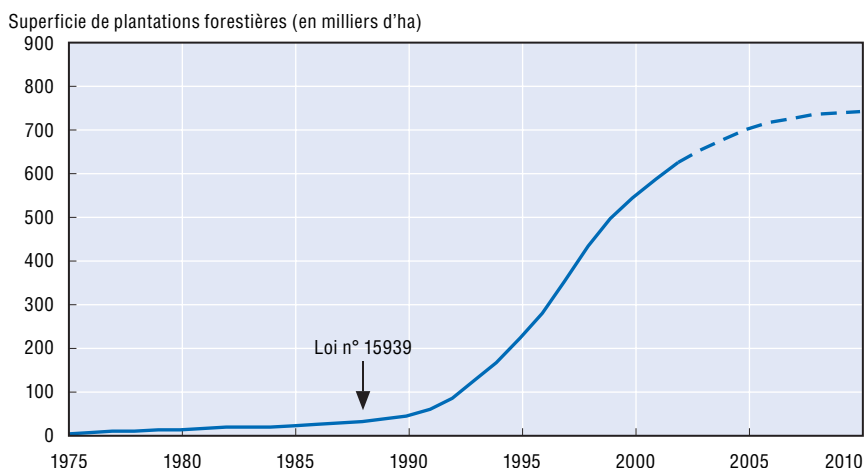
Les points essentiels de la politique adoptée en 1987 sont :

- **L'essor de l'exploitation forestière** sur la base de projets soumis à l'approbation de l'Office national des forêts. Parmi les critères de sélection figurent le site, l'essence et la densité de peuplement.
- **L'introduction d'un critère de choix du site** qui impose de créer des forêts sur des « sols affectés en priorité à l'exploitation forestière » représentant une superficie de 36 000 km² caractérisée par une faible productivité agricole ou une forte sensibilité à l'érosion ou à la dégradation, située dans des zones dotées d'un potentiel de développement de la production, du transport et de la transformation du bois. Parmi les incitations financières offertes aux investisseurs éventuels figurent :
 - ❖ l'exonération de l'impôt foncier sur toutes les superficies plantées ;
 - ❖ l'exonération permanente de l'impôt sur le revenu et autres taxes et prélèvements ;
 - ❖ l'exonération pendant 12 ans de toute nouvelle taxe ou tout nouveau prélèvement introduits ;
 - ❖ une subvention en numéraire équivalente à 50 % du coût estimé de la plantation ;
 - ❖ l'importation à droit nul des biens à utiliser dans les projets approuvés ;
 - ❖ des prêts à intérêts réduits pour le boisement, avec un délai de grâce de dix ans sur le principal comme sur les intérêts ;
 - ❖ l'autorisation pour les sociétés d'acheter des terres si l'exploitation forestière est leur principale activité ;
 - ❖ la séparation entre propriété forestière et propriété foncière pour permettre une certaine souplesse dans l'utilisation des mécanismes financiers. Une réglementation ultérieure a autorisé les contrats de location de trente ans à des fins d'exploitation forestière (alors qu'à d'autres fins, la durée maximale est de 15 ans) ;
 - ❖ l'autorisation accordée aux investisseurs de déduire jusqu'à 30 % du montant de leur impôt sur le revenu d'autres activités pour des investissements dans des projets forestiers. Un avantage analogue est accordé aux acheteurs d'obligations au titre de la dette extérieure de l'Uruguay.
- **L'interdiction de couper les forêts naturelles** excepté pour l'approvisionnement en bois des exploitations et pour d'autres fins qui doivent être soumises à l'approbation de l'Office des forêts.

Encadré 4.3. Politique de promotion de l'exploitation forestière fondée sur la loi n° 15939 (suite)

- L'application des mesures de **prévention des incendies** et de **lutte contre les ravageurs**.
- **La promotion des avantages climatiques** des forêts tels que reconnus dans le message liminaire du gouvernement au Parlement et par l'article 4 de la loi. Selon une étude de la JICA (1991), la plantation de 1 000 km² de 1991 à 1995 neutraliserait la moitié des émissions de CO₂ produites par la combustion des combustibles fossiles en Uruguay.

Figure 4.5. Évolution de la superficie de plantations forestières commerciales en Uruguay de 1975 à 2002 et plantation prévue dans l'hypothèse de politiques inchangées jusqu'en 2010



Source : Baethgen et Martino (2004).

et une homogénéité accrues des peuplements. La productivité a augmenté de 100 %. Les compagnies forestières ont introduit des concepts modernes tels que la planification à long terme, les systèmes de gestion environnementale, et l'attention aux conditions de travail et autres questions sociales.

La superficie de forêts plantées s'est énormément accrue après 1990. Conjugée à une productivité élevée de la biomasse forestière et à une teneur initiale en carbone des sols relativement faible, cette extension s'est traduite par un accroissement considérable du piégeage du carbone. D'après une étude du ministère de l'Environnement, le volume net cumulé de carbone piégé par les forêts au cours de la période 1988-2000 s'est élevé à 7.4 millions de tonnes

(27.4 millions de tonnes de CO₂). Cette étude prévoyait un piégeage net supplémentaire de 29.3 millions de tonnes de carbone (108.6 millions de tonnes de CO₂) pour 2001-12 (Uruguay, 2002).

Ce développement vigoureux des plantations forestières a des conséquences sur le plan du changement climatique, autres que le piégeage du carbone. Les résidus de l'exploitation forestière et de la transformation du bois peuvent être utilisés pour la production de chaleur et d'électricité et, éventuellement, pour la production de biocombustible, compensant les émissions de GES issues de la combustion des combustibles fossiles. L'offre accrue de produits forestiers de meilleure qualité, associée au développement des capacités de transformation du bois, pourrait entraîner dans le secteur du bâtiment un développement du recours au bois plutôt qu'à la brique et au ciment beaucoup plus consommateurs d'énergie. Le temps de rétention du carbone dans les produits ligneux s'en trouverait allongé, et la meilleure isolation thermique assurée par le bois se traduirait par une amélioration de l'efficacité énergétique. De surcroît, l'utilisation locale de produits ligneux d'origine locale réduirait les émissions de GES liées à leur transport.

6.3. Perspectives

En Uruguay, les politiques menées dans les secteurs de l'agriculture et de l'exploitation forestière ont donné lieu à un piégeage du carbone équivalant à environ 2.5 fois le volume total annuel des émissions de CO₂. L'extension de la superficie de pâturages améliorés, la réduction des surfaces de cultures annuelles, et l'utilisation de meilleures pratiques de travail du sol se sont traduites par des augmentations du piégeage du carbone dans les sols, qui contribuent à contrebalancer les émissions de CO₂ résultant de la consommation d'énergie et des procédés industriels. En outre, l'extension considérable de la superficie de plantations forestières à partir de 1990, associée à une productivité élevée de la biomasse forestière et à une teneur initiale en carbone des sols relativement faible, a conduit à une absorption supplémentaire du CO₂ atmosphérique. Le ministère de l'Environnement a estimé le volume net cumulé de carbone piégé par les forêts au cours de la période 1988-2000 à 27.4 millions de tonnes de CO₂ et prévu un piégeage net supplémentaire de 108.6 millions de tonnes pour la période 2001-12.

Il existe encore d'autres possibilités de piéger le carbone tout en continuant à satisfaire les priorités nationales de développement et de conservation. De meilleures pratiques sylvicoles, associées à des incitations financières telles que la mise à disposition de prêts à long terme, peuvent concourir à améliorer notablement la productivité forestière et le taux de piégeage du carbone. Des mesures des pouvoirs publics pourraient faciliter le remplacement, dans le secteur du bâtiment, de produits gros consommateurs d'énergie comme le ciment par du bois durable. De nouvelles extensions de la superficie de pâturages

améliorés et une meilleure conservation des sols pourraient donner lieu à un accroissement du taux de piégeage du carbone dans le sol, tandis qu'une meilleure alimentation animale et des troupeaux rajeunis pourraient se traduire par une réduction des émissions de méthane provenant de l'élevage. Il existe aussi un potentiel considérable d'atténuation des GES par l'utilisation du bois et de la balle de riz pour produire de l'électricité et par le remplacement du gazole conventionnel par du biogazole obtenu à partir d'oléagineux produits localement.

7. Thématiques dégagées des études de cas

Le large éventail d'exemples de gestion des ressources naturelles examinés dans ce chapitre révèle la complexité des liens entre changement climatique et développement. À l'évidence, les questions touchant au changement climatique doivent être envisagées sous l'angle de la vulnérabilité sociale et biophysique actuelle, notamment la vulnérabilité à la variabilité climatique actuelle. Toutefois, comme en témoignent plusieurs cas étudiés, l'adaptation au changement climatique exige qu'au-delà de la prise en charge de la variabilité actuelle, on se préoccupe des évolutions du climat à long terme et du changement climatique prévu.

L'expansion dangereuse des lacs glaciaires comme le Tsho Rolpa au Népal et le risque qu'ils font courir aux populations et aux infrastructures installées en aval constituent peut-être l'exemple le plus frappant et celui à mettre en rapport le plus étroitement avec la tendance à la hausse des températures. Les conséquences à long terme de l'évolution de ces dangers latents doivent impérativement entrer en ligne de compte dans la conception des projets d'infrastructures et les choix de développement, en plus d'être pris en considération dans la gestion de la variabilité du climat. De même sur le Kilimandjaro, des mesures d'adaptation doivent être mises en œuvre dès à présent pour compenser la régression constante de la forêt ombrophile subalpine, imputable aux incendies qui sont eux-mêmes en partie liés à l'évolution à long terme vers un climat plus chaud et plus sec. Dans d'autres cas, les pays sont relativement bien adaptés aux impacts de la variabilité climatique interannuelle. En Égypte, par exemple, la disponibilité des eaux du Nil a été régulée par la construction du haut barrage d'Assouan. Néanmoins, il est indispensable, pour ce pays, d'envisager les conséquences de réductions à long terme de ces ressources en eau sous l'effet du changement climatique. De telles réductions, provoquées par une augmentation de la demande d'eau et par des pertes d'évaporation, ainsi que par des modifications (possibles mais moins certaines) de la pluviométrie, ne feraient qu'amplifier le stress hydrique résultant de la pression démographique et de la perspective d'une augmentation des prélèvements d'eau par les pays riverains situés en amont. En d'autres termes, les

stratégies d'adaptation qui envisagent les conséquences à moyen et long terme sont importantes même là où le changement climatique en tant que tel ne serait probablement que « la goutte d'eau qui fait déborder le vase ».

Les cas examinés dans ce chapitre mettent aussi en évidence le fait que la complexité des liens entre changement climatique et développement concerne aussi bien le niveau microéconomique, c'est-à-dire les moyens d'existence liés directement aux ressources naturelles, que le niveau macroéconomique et les politiques relatives aux secteurs et aux infrastructures. Les études de cas sur le Kilimandjaro et les Sundarbans illustrent le rôle que les impacts du changement climatique pourraient avoir dans la dégradation progressive de la couverture forestière et par conséquent des services d'écosystème fournis par la forêt. Sur le Kilimandjaro, la disparition de la forêt ombrophile aurait un effet majeur sur les ressources en eau; dans les Sundarbans, le remplacement des essences ligneuses propres à ce site par des forêts de qualité médiocre affecterait la disponibilité en bois, la pérennité de l'écosystème et les moyens d'existence qui en dépendent. De plus, les choix de moyens d'existence et les politiques de développement jouent un rôle crucial dans la vulnérabilité des ressources naturelles au changement climatique. Dans les Sundarbans, des interventions comme le détournement d'eau en amont ont abouti au même degré de vulnérabilité aujourd'hui que celui que l'on aurait pu attendre du changement climatique dans plusieurs décennies. Même si les conditions plus chaudes et plus sèches prévalant sur le Kilimandjaro favorisent la propagation des incendies de forêts, il n'en reste pas moins que les démarrages de feux sont souvent d'origine humaine.

Un autre thème connexe est le degré de cohérence des politiques entre les priorités de développement et les objectifs relatifs au changement climatique. L'exemple le plus frappant à cet égard est offert par les secteurs agricole et forestier de l'Uruguay, où la conservation des sols, l'absence de travail du sol et les mesures de plantation forestière, prises en grande partie à des fins internes au secteur et de développement, ont donné lieu à un accroissement considérable du piégeage du carbone. Il faut aussi noter la reconnaissance explicite des « avantages climatiques » des forêts plantées, dans une loi adoptée il y a dix ans, avant que des idées comme le mécanisme pour un développement propre (MDP) ne se répandent à l'échelle internationale. Par ailleurs, parmi les initiatives présentant des synergies avec les mesures d'adaptation au changement climatique figurent des efforts visant à stimuler les débits des cours d'eau à la saison sèche et donc à abaisser les niveaux de salinité dans les Sundarbans au Bangladesh, à réduire les dangers liés aux lacs glaciaires au Népal, à planter des mangroves à Fidji, à encourager la conservation de l'eau en Égypte, et à accroître la conservation des forêts sur le Kilimandjaro.

Toutefois, il existe aussi des exemples d'absence de cohérence des politiques entre les deux séries d'objectifs. À Fidji, l'attention croissante portée aux impacts du changement climatique est en contradiction avec la sous-évaluation

importante des mangroves côtières dans les décisions concernant leur utilisation, ce qui concourt à l'abandon d'une solution « sans regrets » de protection de la côte contre l'élévation du niveau de la mer. Dans les Sundarbans, les politiques de promotion de l'écotourisme risquent d'ajouter un stress supplémentaire à un écosystème déjà fragile, qui est aussi vulnérable au changement climatique. Au Népal, l'adaptation à l'accroissement prévu de la variabilité du débit des cours d'eau sous l'effet du changement climatique pourrait nécessiter d'envisager de doter les centrales hydroélectriques d'une capacité de stockage ou de construire des digues, ce qui pourrait entrer en contradiction avec d'autres priorités touchant au développement ou à l'environnement. Il importe de reconnaître que, si adaptation et développement peuvent, certes, donner lieu à des synergies, ils peuvent aussi être antinomiques dans certains cas.

Enfin, plusieurs cas étudiés dans ce chapitre soulignent l'importance de la dimension transfrontalière de l'intégration, ce qui a été largement négligé jusqu'à présent. L'exemple de l'Égypte met en évidence le rôle primordial des accords de partage transfrontalier de l'eau. La vulnérabilité des Sundarbans est liée à l'utilisation de l'eau en amont. Au Népal, nombre d'inondations dues à des débâcles glaciaires trouvent leur origine au Tibet. De tels exemples soulignent la nécessité impérieuse de systématiser l'intégration à tous les niveaux, et de ne pas se limiter aux dimensions locale et nationale, mais d'inclure aussi la dimension régionale.



Débâcle glaciaire au Népal

Illustration 1 : Rupture du barrage morainique du lac glaciaire Tam Pokhari au Népal (3 septembre 1998);

Illustration 2 : Maisons emportées par la débâcle glaciaire du lac Tam Pokhari;

Illustration 3 : Lac glaciaire Tam Pokhari peu après la rupture de barrage.



Réduire le risque de débâcle glaciaire au Népal

Illustration 4 : Le lac glaciaire Tsho Rolpa, à 4 850 mètres d'altitude et contenant près de 100 millions de mètres cubes d'eau, est l'un des plus dangereux au Népal;
Illustration 5 : Drainage visant à abaisser le niveau du lac Tsho Rolpa comme mesure d'adaptation par anticipation, afin de réduire les risques de débâcle glaciaire.



Le Mont Kilimandjaro, Tanzanie

Illustration 6 : Savane sur les contreforts du Kilimandjaro couvert de neige : chaleur tropicale et conditions arctiques séparées par 30 km seulement;

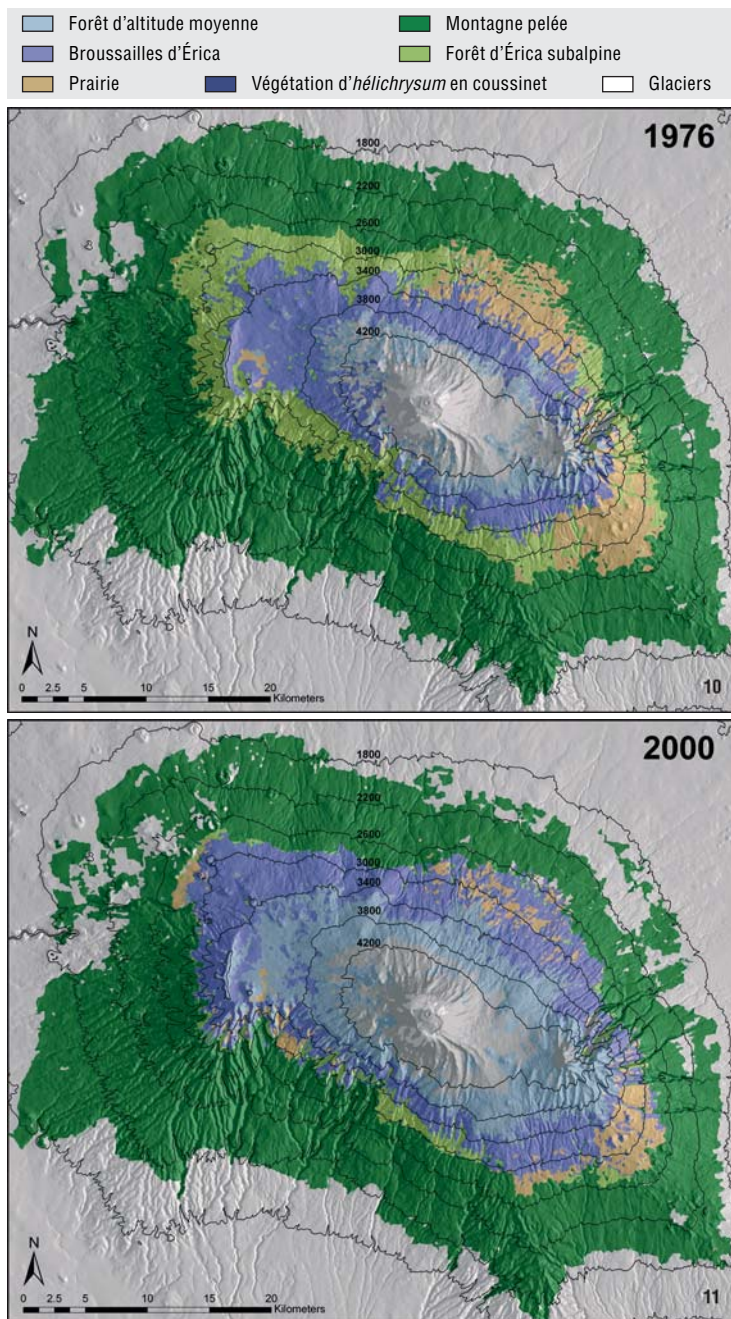
Illustration 7 : Fonte de la calotte glaciaire sur le Mont Kilimandjaro.



Feux de forêt sur le Mont Kilimandjaro

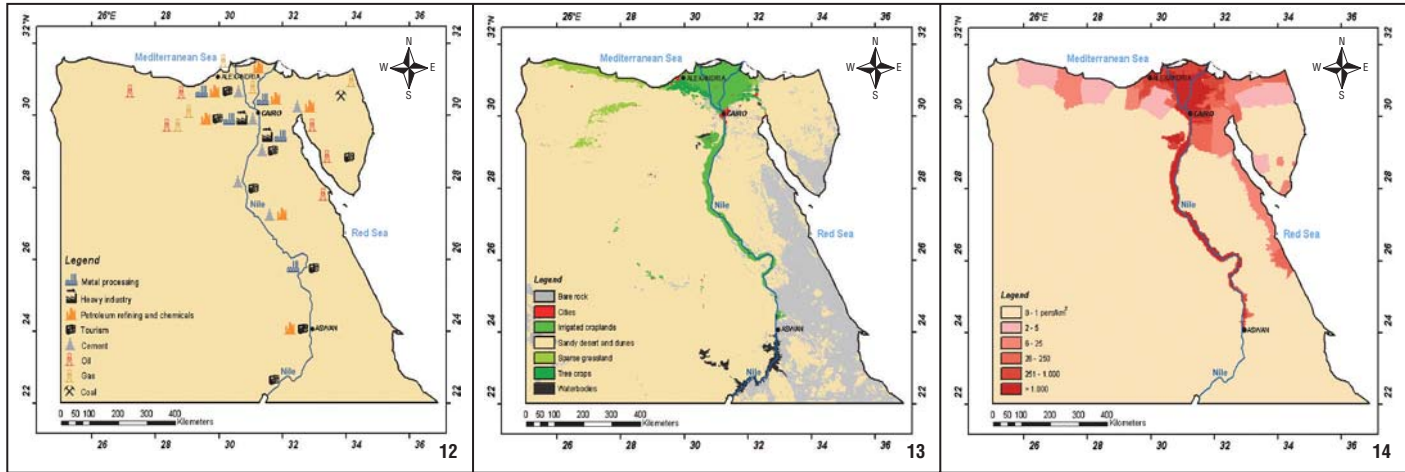
Illustration 8 : Incendie de forêts et de broussailles d'Erica subalpines sur le versant nord-est du Mont Kilimandjaro;

Illustration 9 : Une forêt d'Erica brûlée, un an après un incendie sur le Mont Kilimandjaro.



Couverture de végétation sur le Mont Kilimandjaro

Couverture de végétation en 1976 (Illustration 10) et 2000 (Illustration 11) montrant la diminution de la ceinture forestière d'Érica.



Distribution spatiale de l'activité économique, de l'utilisation des sols et de la population en Égypte

L'activité économique (Illustration 12), l'utilisation des sols (Illustration 13) et la population (Illustration 14) en Égypte sont concentrées le long du Nil et du delta du Nil qui sont particulièrement vulnérables au changement climatique.



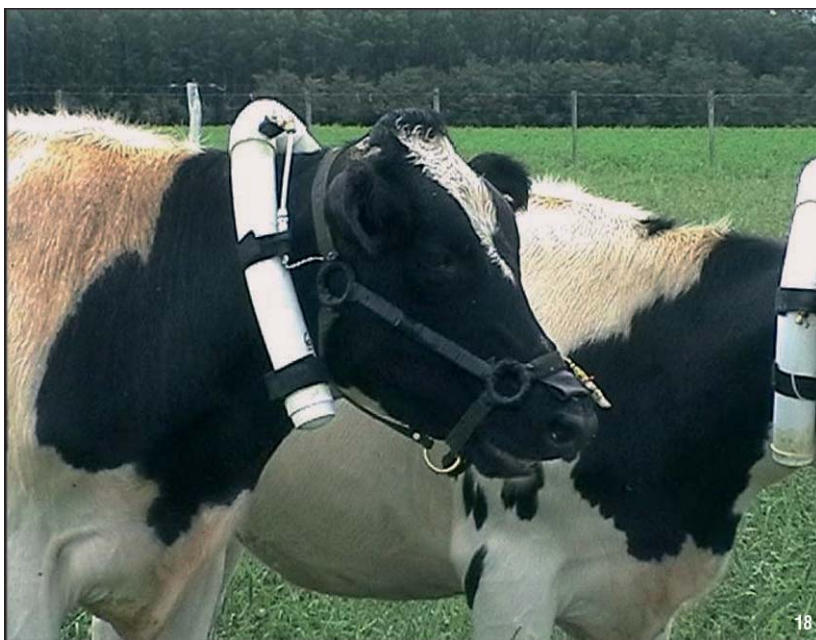
15



16

Adaptation au niveau d'une communauté à Fidji

Illustration 15 : Plantation de mangroves à Viti Levu;
Illustration 16 : Membres d'une communauté à Kabara mettant au point un plan d'action pour accroître sa résilience aux impacts du changement climatique.



Atténuation des gaz à effet de serre dans les secteurs forestier et agricole en Uruguay

Illustration 17 : Plantation d'une forêt d'eucalyptus ; Illustration 18 : Les gaz à effet de serre émis par le bétail ont été réduits grâce à une meilleure alimentation et qualité du bétail.

Ici, une vache Holstein équipée d'un appareil permettant de mesurer les émissions de méthane.

Références

- van Aalst, M. et S. Bettencourt (2004), « Vulnerability and Adaptation in Pacific Island Countries », in A. Mathur, I. Burton et M. van Aalst (dir. pub.), *An Adaptation Mosaic: A Sample of Emerging World Bank Work in Climate Change Adaptation*, Banque mondiale, Washington.
- Abu-Zeid, M. et S. Abdel-Dayem (1992), « Egypt Programmes and Policy Options for Facing the Low Nile Flows », in M.A. Abu-Zeid et A.K. Biswas (dir. pub.), *Climatic Fluctuations and Water Management*, Butterworths et Heinemann, Oxford, pp. 48-58.
- Adger, W.N. et al. (2003), « Adaptation to Climate Change in the Developing World », *Progress in Development Studies*, vol. 3, n° 3, pp. 179-95.
- Agrawala, S. (2004), « Mainstreaming Adaptation in Development Planning and Assistance », document présenté au Forum mondial de l'OCDE sur le développement durable : développement et changement climatique, Paris, 11-12 novembre.
- Agrawala, S. et M. Berg (2002), « Development and Climate Change Project: Concept Paper on Scope and Criteria for Case Study Selection », COM/ENV/EPOC/DCD/DAC(2002)1/Final, OCDE, Paris.
- Agrawala, S. et M.A. Cane (2002), « Sustainability: Lessons from Climate Variability and Climate Change », *Columbia Journal of Environmental Law*, vol. 27, n° 2, pp. 309-21.
- Ahmed, A.U. (2002), « Reviewing the Policy Regime in Relation to Water Resources Vulnerability to Climate Change in Bangladesh », document présenté lors du Dialogue national sur l'eau et le climat, Dacca, 12-14 décembre.
- Ahmed, A.U. (2003), « Climate Change and Development in Bangladesh », rapport de consultant pour le projet de l'OCDE sur le développement et le changement climatique.
- Ahmed, A.U. (2005), « Adaptation Options for Managing Water-related Extreme Events under Climate Change Regime: Bangladesh Perspectives », in M.M.Q. Mirza et Q.K. Ahmad (dir. pub.), *Climate Change and Water Resources in South Asia*, Taylor and Francis, Londres/Leiden.
- Ahmed, A.U. et al. (1998), « Vulnerability of Forest Ecosystems of Bangladesh to Climate Change », in S. Huq et al. (dir. pub.), *Vulnerability and Adaptation to Climate Change for Bangladesh*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 93-111.
- AIE (2002), *World Energy Outlook*, OCDE/AIE, Paris.
- Altmann, J. et al. (2002), « Dramatic change in local climate patterns in the Amboseli Basin, Kenya », *African Journal of Ecology*, vol. 40, n° 3, pp. 248-51.
- Baethgen, W.E. (1997), « Vulnerability of the agricultural sector of Latin America to climate change », *Climate Research*, vol. 9, n° 1-2, pp. 1-7.

- Baethgen, W.E. et D.L. Martino (2004), « Mainstreaming Climate Change Responses in Economic Development of Uruguay », document présenté au Forum mondial de l'OCDE sur le développement durable : développement et changement climatique, Paris, 11-12 novembre, ENV/EPOC/GF/SD/RD(2004)2/FINAL, OCDE, Paris.
- Banque mondiale (2000a), *Bangladesh: Climate Change and Sustainable Development*, Report No. 21104 BD, World Bank South Asia Rural Development Unit, Dacca.
- Banque mondiale (2000b), *Cities, Seas, and Storms: Managing Change in Pacific Island Economies – Volume IV: Adapting to Climate Change*, Banque mondiale, Washington.
- Banque mondiale (2002), *World Development Indicators*, CD-ROM, Banque mondiale, Washington.
- Barthelet, P., L. Terray et S. Valcke (1998), « Transient CO₂ experiment using the ARPEGE/OPAICE non flux corrected coupled model », *Geophysical Research Letters*, vol. 25, n° 13, pp. 2277-80.
- Boville, B.A. et P.R. Gent (1998), « The NCAR Climate System Model, Version One », *Journal of Climate*, vol. 11, pp. 1115-30.
- Broad, K. et S. Agrawala (2000), « The Ethiopia Food Crisis: Uses and Limits of Climate Forecasts », *Science*, vol. 289, pp. 1693-94.
- Burton, I. et M. van Aalst (1999), « Come Hell or High Water: Integrating Climate Change Vulnerability and Adaptation into Bank Work », World Bank Environment Department Papers, n° 72, Climate Change Series, Banque mondiale, Washington.
- Burton, I. et M. van Aalst (2004), « Look Before You Leap: A Risk Management Approach for Incorporating Climate Change Adaptation into World Bank Operations », Banque mondiale, Washington.
- CGNUCC (2005), Liste des centres nationaux de coordination (état : janvier 2005), <http://maindb.unfccc.int/public/nfp.pl>, Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, Bonn.
- Church, J.A. et al. (2001), « Changes in Sea Level », in GIEC, *Changement climatique 2001 : Les éléments scientifiques*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 639-93.
- Commission européenne (2003), « Communication de la Commission au Conseil et au Parlement européen – Les changements climatiques dans le contexte de la coopération au développement », COM(2003) 85 final, Commission européenne, Bruxelles, http://europa.eu.int/eur-lex/fr/com/cnc/2003/com2003_0085fr01.pdf.
- Conseil de l'Union européenne (2004), « Les changements climatiques dans le contexte de la coopération au développement – Conclusions du Conseil », <http://register.consilium.eu.int/pdf/fr/04/st15/st15164.fr04.pdf>.
- Conway, D. (2002), « Extreme Rainfall Events and Lake Level Changes in East Africa: Recent Events and Historical Precedents », in E.O. Odada et D.O. Olago (dir. pub.), *The East African Great Lakes: Limnology, Palaeolimnology and Biodiversity*, Advances in Global Change Research, vol. 12, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 63-92.
- Conway, D. (2005), « From headwater tributaries to international river basin: observing and adapting to climate variability and change in the Nile Basin », *Global Environmental Change*, vol. 15, n° 2, pp. 99-114.
- Conway, D. et al. (1996), « Future availability of water in Egypt: the interaction of global, regional and basin scale driving forces in the Nile Basin », *Ambio*, vol. 25, n° 5, pp. 336-42.

- Corfee-Morlot, J. et S. Agrawala (2004), « The Benefits of Climate Policy », *Global Environmental Change*, vol. 14, n° 3, pp. 197-99.
- Cubasch, U. et al. (2001), « Projections of future climate change », in GIEC, *Changement climatique 2001 : Les éléments scientifiques*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Département d'hydrologie et de météorologie (2005), site Web sur le projet de réduction du risque de débordement du Tsho Rolpa, ministère de l'Environnement, de la Science et de la Technologie, gouvernement du Népal, Katmandu, www.dhm.gov.np/tsorol/index.htm.
- Emori, S. et al. (1999), « Coupled ocean-atmosphere model experiments of future climate change with an explicit representation of sulfate aerosol scattering », *Journal of the Meteorological Society of Japan*, vol. 77, n° 6, pp. 1299-1307.
- Eriksen, S. et L.O. Næss (2003), *Pro-Poor Climate Adaptation – Norwegian Development Cooperation and Climate Change Adaptation: An Assessment of Issues, Strategies and Potential Entry Points*, CICERO Report 2003:02, Center for International Climate and Environmental Research, Oslo.
- Feresi, J. et al. (1999), « Climate Change Vulnerability and Adaptation Assessment for Fiji », draft, novembre.
- Flato, G.M. et al. (2000), « The Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis global coupled model and its climate », *Climate Dynamics*, vol. 16, n° 6, pp. 451-67.
- GIEC (1995), *Seconde évaluation du GIEC : Changement de climat 1995*, Cambridge University Press, Cambridge.
- GIEC (2001a), *Changement climatique 2001 : Les éléments scientifiques*, Cambridge University Press, Cambridge.
- GIEC (2001b), *Bilan 2001 des changements climatiques : Conséquences, adaptation et vulnérabilité*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Gordon, C. et al. (2000), « The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments », *Climate Dynamics*, vol. 16, No. 2-3, pp. 147-68.
- Gordon, H.B. et S.P. O'Farrell (1997), « Transient climate change in the CSIRO coupled model with dynamic sea ice », *Monthly Weather Review*, vol. 125, n° 5, pp. 875-907.
- Halcrow and Associates (2001), « Options for the Ganges Dependent Area, Draft Final Report (vol. 2) », report for Water Resources Planning Organization, Ministry of Water Resources, Dacca.
- Hay, S.I. et al. (2002), « Climate change and the resurgence of malaria in the East African highlands », *Nature*, vol. 415, n° 6874, pp. 905-9.
- Hemp, A. (2003), « Climate Impacts and Responses in Mount Kilimanjaro », rapport de consultant pour le projet de l'OCDE sur le développement et le changement climatique.
- Hemp, A. (2005), « Climate change driven forest fires marginalize the impact of ice cap wasting on Kilimanjaro », *Global Change Biology*, vol. 11, n° 7, pp. 1013-1023.
- Hudson, R.A. et S.W. Meditz (dir. pub.) (1990), *Uruguay, A Country Case Study*, Federal Research Division, Library of Congress, Washington.
- Hulme, M. et al. (2000), *Using a Climate Scenario Generator for Vulnerability and Adaptation Assessments: MAGICC and SCENGEN Version 2.4 Workbook*, Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich.

- Huq, S. (2004), « International policy in supporting adaptation », *Insights* (quarterly journal of id21, Institute of Development Studies), n° 53, décembre, p. 3.
- Huq, S. (2002), « Lessons Learned from Adapting to Climate Change in Bangladesh », submission to Climate Change Team, Banque mondiale, www.iied.org/docs/climate/lessons_oct02.pdf.
- Huq, S. et al. (éd.) (1999), *Vulnerability and Adaptation to Climate Change for Bangladesh*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- IFRC (2002), *Rapport sur les catastrophes dans le monde 2002 : Priorité à la réduction des risques*, Fédération internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge, Genève.
- Ives, J.D. (1986), « Glacial Lake Outburst Floods and Risk Engineering in the Himalaya », ICIMOD Occasional Paper No. 5, Centre international pour le développement intégré des montagnes, Katmandu.
- JICA (1991), « Plan Quinquenal de Forestación Nacional de la República Oriental del Uruguay », Final Report, mars, Japan International Cooperation Agency.
- Johns, T.C. et al. (1997), « The second Hadley Centre coupled ocean-atmosphere GCM: Model description, spinup and validation », *Climate Dynamics*, vol. 13, n° 2, pp. 103-34.
- Jones, R. et al. (2004), « Assessing Future Climate Risks », in B. Lim et E. Spanger-Siegfried (dir. pub.), *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 119-43.
- Kaser, G. et al. (2004), « Modern glacier retreat on Kilimanjaro as evidence of climate change: Observations and facts », *International Journal of Climatology*, vol. 24, n° 3, pp. 329-39.
- Klein, R.J.T. (2001), *Adaptation to Climate Change in German Official Development Assistance: An Inventory of Activities and Opportunities, with a Special Focus on Africa*, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn.
- Koshy, K. et L. Philip (2002), « Capacity Enhancement for the Pacific », *Tiempo*, vol. 45, n° 9, pp. 1-9.
- Lal, P.N. (1990), « Conservation or Conversion of Mangroves in Fiji: An Ecological Economic Analysis », Occasional Paper 11, Environmental Policy Institute, East-West Center, Honolulu.
- Leclainche, Y. et al. (2001), « The role of sea ice thermodynamics in the Northern Hemisphere climate as simulated by a global coupled ocean-atmosphere model », *IPSL note 21*, octobre, Institut Pierre-Simon Laplace des sciences de l'environnement, Paris.
- Liu, X. et B. Chen (2000), « Climatic Warming in the Tibetan Plateau During Recent Decades », *International Journal of Climatology*, vol. 20, n° 14, pp. 1729-42.
- Manabe, S. et al. (1991), « Transient responses of a coupled ocean-atmosphere model to gradual changes of atmospheric CO₂ – Part I: Annual mean response », *Journal of Climate*, vol. 4, n° 8, pp. 785-818.
- McAveney, B.J. et al. (2001), « Model Evaluation », in GIEC, *Changement climatique 2001 : Les éléments scientifiques*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 471-524.
- Mool et al. (2002), *Inventory of Glaciers, Glacial Lakes and Glacial Lake Outburst Floods: Monitoring and Early Warning Systems the Hindu Kush-Himalayan Region: Nepal*, Centre international pour le développement intégré des montagnes, Katmandu.

- Munasinghe, M. (2002), *Analysing the nexus of sustainable development and climate change: An overview*, COM/ENV/EPOC/DCD/DAC(2002)2/FINAL, OCDE, Paris.
- Nakicenovic, N. et R. Swart (dir. pub.) (2000), *Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Nunn, P. et al. (1993), *Assessment of Coastal Vulnerability and Resilience to Sea Level Rise and Climate Change, Case Study – Viti Levu Island, Fiji, Phase 1: Concepts and Approach*, Technical Report, Programme régional océanien de l'environnement, Apia.
- OCDE (2000), *Directives pour l'établissement des rapports statistiques au CAD*, www.oecd.org/cad/stats/cad/directives.
- OCDE (2001), *Les lignes directrices du CAD – Stratégies de développement durable : Orientations pratiques pour la coopération en matière de développement*, OCDE, Paris.
- OCDE (2003a), *Development and Climate Change in Nepal: Focus on Water Resources and Hydropower*, COM/ENV/EPOC/DCD/DAC(2003)1/FINAL, OCDE, Paris.
- OCDE (2003b), *Development and Climate Change in Bangladesh: Focus on Coastal Flooding and the Sundarbans*, COM/ENV/EPOC/DCD/DAC(2003)3/FINAL, OCDE, Paris.
- OCDE (2003c), *Development and Climate Change in Fiji: Focus on Coastal Mangroves*, COM/ENV/EPOC/DCD/DAC(2003)4/FINAL, OCDE, Paris.
- OCDE (2003d), *Development and Climate Change in Tanzania: Focus on Mount Kilimanjaro*, COM/ENV/EPOC/DCD/DAC(2003)5/FINAL, OCDE, Paris.
- OCDE (2003e), *Liste des bénéficiaires de l'aide établie par le CAD (au 1^{er} janvier 2003)*, www.oecd.org/dataoecd/35/9/2488552.pdf.
- OCDE (2004a), *Development and Climate Change in Egypt: Focus on Coastal Resources and the Nile*, COM/ENV/EPOC/DCD/DAC(2004)1/FINAL, OCDE, Paris.
- OCDE (2004b), *Development and Climate Change in Uruguay: Focus on Coastal Zones, Agriculture and Forestry*, COM/ENV/EPOC/DCD/DAC(2004)2/FINAL, OCDE, Paris.
- OCDE (2004c), *Statistiques en ligne sur le développement international*, www.oecd.org/cad/stats/sdienligne.
- Pócs, T. (1976), « The Role of the Epiphytic Vegetation in the Water Balance and Humus Production of the Rain Forests of the Uluguru Mountains, East Africa », *Boissiera*, vol. 24, pp. 499-503.
- Power, S.B. et al. (1998), *A Coupled General Circulation Model for Seasonal Prediction and Climate Change Research*, BMRC Research Report No. 66, Bureau of Meteorology Research Centre, Melbourne.
- Rahman, A. et M. Alam (2003), *Mainstreaming Adaptation to Climate Change in Least Developed Countries (LDCs) – Working Paper 2: Bangladesh Country Case Study*, International Institute for Environment and Development, London.
- Raksakulthai, V. (2003), « Nepal's Hydropower Sector: Climate Change, GLOFs, and Adaptation », rapport de consultant pour le projet de l'OCDE sur le développement et le changement climatique.
- Rana, B. et al. (2000), « Hazard Assessment of the Tsho Rolpa Glacier Lake and Ongoing Remediation Measures », *Journal of Nepal Geological Society*, vol. 22, pp. 563-70.
- Raper et al. (1996), « Global Sea-Level Rise: Past and Future », in J.D. Milliman et B.U. Haq (éd.), *Sea-level Rise and Coastal Subsidence*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 11-45.

- Risbey, J.S. et al. (2002), « Exploring the Structure of Regional Climate Scenarios by Combining Synoptic and Dynamic Guidance and GCM Output », *Journal of Climate*, vol. 15, n° 9, pp. 1036-50.
- Roeckner, E. et al. (1996), « The Atmospheric General Circulation Model ECHAM4: Model Description and Simulation of Present-Day Climate », MPI Report No. 218, Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg.
- Russell, G.L., J.R. Miller et D. Rind (1995), « A coupled atmosphere-ocean model for transient climate change studies », *Atmosphere-Ocean*, vol. 33, n° 4, pp. 683-730.
- Santer, B.D. et al. (1990), « Developing Climate Scenarios from Equilibrium GCM Results », MPI Report No. 47, Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg.
- Sarmett, J.D. et S.A. Faraji (1991), « The Hydrology of Mount Kilimanjaro: An Examination of Dry Season Runoff and Possible Factors Leading to its Decrease », in W.D. Newmark (dir. pub.), *The Conservation of Mount Kilimanjaro*, UICN, Gland, pp. 53-70.
- Shackley, S. et B. Wynne (1995), « Integrating Knowledges for Climate Change: Pyramids, Nets and Uncertainties », *Global Environmental Change*, vol. 5, n° 2, pp. 113-26.
- Shakya, N.M. (2003), « Hydrological Changes Assessment and Its Impact on Hydro Power Projects of Nepal », in draft proceedings of the Consultative Workshop on Climate Change Impacts and Adaptation Options in Nepal's Hydropower Sector with a Focus on Hydrological Regime Changes Including GLOF, Department of Hydrology and Meteorology and Asian Disaster Preparedness Center, 5-6 mars, Katmandu.
- Shrestha, A.B. et al. (1999), « Maximum Temperature Trends in the Himalaya and Its Vicinity: An Analysis Based on Temperature Records from Nepal for the Period 1971-94 », *Journal of Climate*, vol. 12, n° 9, pp. 2775-89.
- Shrestha, M.L. et A.B. Shrestha (2004), « Recent Trends and Potential Climate Change Impacts on Glacier Retreat/Glacier Lakes in Nepal and Potential Adaptation Measures », document présenté au Forum mondial de l'OCDE sur le développement durable : développement et changement climatique, Paris, 11-12 novembre, ENV/EPOC/GF/SD/RD(2004)6/FINAL, OCDE, Paris.
- Shukla, P.R., M. Kapshe et A. Garg (2004), « Development and Climate: Impacts and Adaptation for Infrastructure Assets in India », document présenté au Forum mondial de l'OCDE sur le développement durable : développement et changement climatique, Paris, 11-12 novembre.
- Smit, B. et al. (2001), « Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity », in GIEC, *Bilan 2001 des changements climatiques : Conséquences, adaptation et vulnérabilité*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 877-912.
- Smith, J.B. et al. (1998), « Considering Adaptation to Climate Change in the Sustainable Development of Bangladesh », report to the World Bank by Stratus Consulting Inc., Boulder.
- Smith, J.B. et al. (2003), « MAGICC/SCENGEN Analysis of Climate Change Scenarios for Bangladesh, Egypt, Fiji, Nepal, Tanzania and Uruguay », rapport de consultant pour le projet de l'OCDE sur le développement et le changement climatique, Stratus Consulting Inc., Boulder.
- Sperling, F. (dir. pub.) (2003), *Poverty and Climate Change: Reducing the Vulnerability of the Poor through Adaptation*, report by the African Development Bank, Asian Development Bank, UK Department for International Development (UK), Federal Ministry for

- Economic Cooperation and Development (Germany), Ministry of Foreign Affairs – Development Cooperation (Netherlands), OECD, United Nations Development Programme, United Nations Environment Programme and World Bank.
- Sperling, F. et F. Szekely (2005), « Disaster Risk Management in a Changing Climate », document informel préparé pour la Conférence internationale sur la prévention des catastrophes naturelles pour le compte du Vulnerability and Adaptation Resource Group, Washington.
- Strzepek, K.M. et al. (1995), « An Assessment of Integrated Climate Change Impacts on Egypt », in K.M. Strzepek et J.B. Smith (dir. pub.), *As Climate Changes: International Impacts and Implications*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Swart, R. et al. (2003), « Climate Change and Sustainable Development: Expanding the Options », *Climate Policy*, vol. 3, supplément 1, pp. S19-40.
- Tokioka, T. et al. (1996), « A Transient CO₂ Experiment with the MRI CGCM: Annual Mean Response », CGER's Supercomputer Monograph Report, vol. 2, Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, Environment Agency of Japan, Ibaraki.
- Uruguay (2002), « Estudio de Apoyo a la Aplicación del Mecanismo para el Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto en Uruguay », Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, Montevideo.
- Voss, R., R. Sausen et U. Cubasch (1998), « Periodically synchronously coupled integrations with the atmosphere-ocean general circulation model ECHAM3/LSG », *Climate Dynamics*, vol. 14, n° 4, pp. 249-66.
- Washington, W.M. et G.A. Meehl (1996), « High-latitude climate change in a global coupled ocean-atmosphere-sea ice model with increased atmospheric CO₂ », *Journal of Geophysical Research*, vol. 101, n° D8, pp. 12795-801.
- Washington, W.M. et al. (2000), « Parallel Climate Model (PCM) control and transient simulations », *Climate Dynamics*, vol. 16, n° 1-11, pp. 755-74.
- Waterbury, J. (2002), *The Nile Basin: National Determinants of Collective Action*, Yale University Press, New Haven.
- Wichelns, D. (2002), « Economic Analysis of Water Allocation Policies Regarding Nile River Water in Egypt », *Agricultural Water Management*, vol. 52, n° 2, pp. 155-75.
- Zhang, X.H. et al. (dir. pub.) (2000), *IAP Global Atmosphere-Land System Model*, Science Press, Beijing.

Table des matières

Liste des abréviations	13
Résumé	15
Chapitre 1. Placer le changement climatique au cœur du développement : Introduction et cadre d'analyse	23
1. Introduction	24
2. Temps, variabilité du climat et changement climatique	25
3. Changement climatique et développement : principaux liens. ...	27
4. Les réponses au changement climatique et les difficultés de leur « intégration systématique »	31
5. État d'avancement de l'action en faveur de l'adaptation et des efforts d'intégration systématique	34
6. Objectifs et champ de l'étude	41
7. Cadre d'analyse	45
8. Organisation de l'ouvrage	46
Chapitre 2. Analyse du climat	47
1. Introduction	48
2. Niveau climatique actuel	50
3. Projections du changement climatique	52
4. Vers le classement des actions d'adaptation en fonction des priorités	59
Annexe 2.A1. Abréviations, noms et citations des modèles de circulation générale	63
Chapitre 3. Analyse des activités soutenues par les donateurs et des plans nationaux	65
1. Introduction	66
2. Analyse des statistiques de l'aide au développement	69
3. Analyse des plans et projets de développement	73
4. Conclusion	88
Notes	89
Annexe 3.A1. Codes-objet du CAD retenus dans la sélection des projets affectés par le climat	90

Chapitre 4. Changement climatique et gestion des ressources naturelles : Principales thématiques des études de cas	93
1. Introduction	94
2. Recul des glaciers et débâcles glaciaires dans l'Himalaya au Népal	95
3. Fonte de la calotte glaciaire et risque d'incendies de forêts sur le Kilimandjaro	104
4. Changement climatique et disponibilité des ressources en eau du Nil en Égypte	111
5. Changement climatique et mangroves côtières au Bangladesh et à Fidji	118
6. Les politiques agricole et forestière de l'Uruguay et l'atténuation des GES	130
7. Thématiques dégagées des études de cas	137
Chapitre 5. Concilier lutte contre le changement climatique et développement	149
1. Une brève évaluation	150
2. Les problèmes de mise en œuvre	153
3. Un moment opportun	157
4. Cinq priorités sur le chemin à parcourir	160
Références	167

Liste des encadrés

1.1. Sensibilité au changement climatique, capacité d'adaptation et vulnérabilité	28
1.2. Atténuation et adaptation	32
1.3. Articles de la CCNUCC et du Protocole de Kyoto en faveur de l'adaptation	36
2.1. Brève description de MAGICC/SCENGEN	53
3.1. Principales définitions et abréviations	68
3.2. Plans de développement et projets examinés	74
4.1. Projet de réduction des risques sur le lac Tsho Rolpa	103
4.2. Avantages et services procurés par les écosystèmes de mangroves	119
4.3. Politique de promotion de l'exploitation forestière fondée sur la loi n° 15939	134
5.1. Plan d'action de l'UE sur le changement climatique dans le cadre de la coopération au développement	159
5.2. Les liens entre climat et développement dans le quatrième rapport d'évaluation du GIEC	160

Liste des tableaux

1.1. Estimations du degré de confiance dans les observations et les projections de modifications des extrêmes météorologiques et climatiques	26
1.2. Implications potentielles du changement climatique en ce qui concerne les objectifs du millénaire pour le développement	29
2.1. Classement des impacts du changement climatique par ordre de priorité au Népal	60
3.1. Aperçu général des apports annuels du secteur public en faveur des pays étudiés, 1998-2000	70
4.1. Débâcles glaciaires enregistrées au Népal	97
4.2. Valeur économique estimée par hectare des mangroves préservées de Viti Levu (Fidji)	127
5.1. Coordination des activités relatives à la CCNUCC au sein des pouvoirs publics nationaux	156

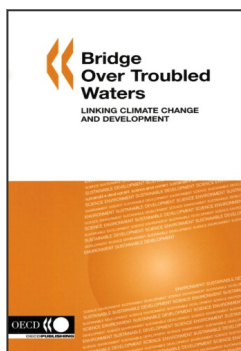
Liste des figures

1.1. Impacts du changement climatique sur les coûts d'entretien des infrastructures	30
1.2. Architecture internationale du financement de l'adaptation	37
1.3. Niveaux des réponses d'adaptation et liens avec d'autres priorités.	42
1.4. Pays étudiés et domaines principaux pour une analyse approfondie	44
1.5. Cadre d'analyse en trois volets.	45
2.1. Horizons temporels représentatifs (en années) pour les évaluations du risque climatique	48
2.2. Fonctionnement schématique de MAGICC/SCENGEN	54
2.3. Projections de l'augmentation des températures moyennes par pays	56
2.4. Projections de l'évolution en pourcentage des précipitations moyennes par pays	57
3.1. Apports financiers du secteur public et du secteur privé en faveur des pays en développement	67
3.2. Apports annuels du secteur public et part des activités potentiellement affectées par le changement climatique	72
4.1. Succession forestière après des incendies répétés	107
4.2. Variation des débits du Nil et du niveau du lac Victoria.	113
4.3. Facteurs d'évolution de la disponibilité en eau du Nil pour l'Égypte aux différentes échelles.	116
4.4. Évolution de la teneur du sol en carbone due au changement d'utilisation des terres.	133

4.5. Évolution de la superficie de plantations forestières commerciales en Uruguay de 1975 à 2002 et plantation prévue dans l'hypothèse de politiques inchangées jusqu'en 2010	135
Cahier couleur	141-148
5.1. Perception de l'incertitude chez les producteurs d'informations sur le climat, ceux qui les communiquent et ceux qui les utilisent. .	155

Liste des abréviations

AASP	Autres apports du secteur public
APD	Aide publique au développement
BAsD	Banque asiatique de développement
CAD	Comité d'aide au développement (de l'OCDE)
CCNUCC	Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques
CDB	Convention sur la diversité biologique
CLD	Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification
COP	Conférence des parties
CSLP	Cadres stratégiques de lutte contre la pauvreté
EIE	Étude d'impact sur l'environnement
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GTZ	Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Agence allemande de coopération technique)
MCG	Modèle de circulation générale
NORAD	Agence norvégienne de coopération pour le développement
OMD	Objectifs du millénaire pour le développement
ONG	Organisation non gouvernementale
PANA	Programmes d'action nationaux sur l'adaptation
PMA	Pays les moins avancés
PRITS	Pays à revenu intermédiaire de la tranche supérieure
RSSE	Rapport spécial sur les scénarios d'émissions
SNPC	Système de notification des pays créanciers
UE	Union européenne



Extrait de :

Bridge Over Troubled Waters: Linking Climate Change and Development

Accéder à cette publication :

<https://doi.org/10.1787/9789264012769-en>

Merci de citer ce chapitre comme suit :

Agrawala, Shardul, *et al.* (2006), « Changement climatique et gestion des ressources naturelles », dans OCDE, *Bridge Over Troubled Waters: Linking Climate Change and Development*, Éditions OCDE, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264013797-6-fr>

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les arguments exprimés ici ne reflètent pas nécessairement les vues officielles des pays membres de l'OCDE.

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Vous êtes autorisés à copier, télécharger ou imprimer du contenu OCDE pour votre utilisation personnelle. Vous pouvez inclure des extraits des publications, des bases de données et produits multimédia de l'OCDE dans vos documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel d'enseignement, sous réserve de faire mention de la source OCDE et du copyright. Les demandes pour usage public ou commercial ou de traduction devront être adressées à rights@oecd.org. Les demandes d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales peuvent être obtenues auprès du Copyright Clearance Center (CCC) info@copyright.com ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) contact@cfcopies.com.