



Organisation
des Nations Unies
pour l'alimentation
et l'agriculture

Revue internationale
des forêts
et des industries
forestières

Vol. 58
2007/4

229

Rédactrice: A. Perlis

Comité consultatif de rédaction:

F. Castañeda, R. Czumak, T. Hofer, D. Kneeland,
A. Perlis, L. Russo, T. Vahnen, P. Vantomme,
M.L. Wilkie

Conseillers émérites:

J. Ball, I.J. Bourke, C. Palmberg-Lerche

Conseillers régionaux:

C. Carneiro, P. Durst, P. Koné, E. Mansur,
K. Prins

Unasylva paraît en anglais, français et
espagnol. Les abonnements sont gratuits. Pour
souscrire, s'adresser par courriel à unasylva@fao.org.

Les demandes d'abonnement venant
d'institutions (bibliothèques, sociétés,
organisations et universités, par exemple) sont
préférables aux demandes individuelles, afin
de rendre la revue accessible à davantage de
lecteurs.

Tous les numéros d'*Unasylva* sont disponibles
en ligne à titre gratuit à l'adresse suivante:
www.fao.org/forestry/unasylva.

Veuillez envoyer vos commentaires et questions
à: unasylva@fao.org

Les informations ci-après peuvent être
reproduites ou diffusées à des fins éducatives
et non commerciales sans autorisation préalable
du détenteur des droits d'auteur à condition
que la source des informations soit clairement
indiquée. Ces informations ne peuvent toutefois
pas être reproduites pour la revente ou d'autres
fins commerciales sans l'autorisation écrite du
détenteur des droits d'auteur. Les demandes
d'autorisation devront être adressées au Chef de
la Sous-division des politiques et de l'appui en
matière de publications électroniques, Division de
la communication, FAO.

Les articles signés expriment les opinions de
leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement
celles de la FAO.

Les appellations employées et la présentation
des données n'impliquent de la part de la FAO
aucune prise de position quant au statut juridique
ou au stade de développement des pays,
territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités,
ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Pour se procurer les publications de la
FAO mentionnées dans *Unasylva*, s'adresser
aux points de vente dont la liste figure à
l'intérieur de la couverture. La FAO prendra les
commandes des pays où il n'y a pas de point
de vente. Veuillez contacter le Groupe des
ventes et de la commercialisation, Division de
la communication, FAO, Viale delle Terme di
Caracalla, 00153 Rome, Italie.

Tél.: (+39) 06 57051;
Télécopie: (+39) 06 5705 3360;
Télex: 625852/625853/610181 FAO I;
Courriel: publications-sales@fao.org

Photo de couverture:

FAO/M. Kashio (Bhoutan)
Plat recto, FO-6793; plat verso, FO-6809

Table des matières

Editorial	2
<i>I. Calder, T. Hofer, S. Vermont et P. Warren</i>	
Vers une nouvelle compréhension des arbres et des forêts	3
<i>O. Vigiak, O. Ribolzi, A. Pierret, C. Valentin, O. Sengtaheuanghoung et A. Noble</i>	
Utilisation de la végétation riparienne pour filtrer les polluants de l'eau: efficacité comparée du bambou, des herbes indigènes et du riz dans un bassin versant de la République lao	11
<i>N.A. Chappell et H.C. Thang</i>	
Protection hydrologique pratique pour les forêts tropicales: l'expérience de la Malaisie	17
Projets de terrain de la FAO portant sur la gestion des bassins versants – quelques exemples	22
<i>M. Malagnoux, E.H. Sène et N. Atzmon</i>	
Les forêts, les arbres et l'eau dans les terres arides: un équilibre précaire	24
<i>H.M. Kangarani et T. Shamekhi</i>	
Propositions de politiques pour l'intégration des forêts, de l'eau et des populations dans le bassin versant du Tigre et de l'Euphrate	30
<i>T.Y. Watkins et M. Imbumi</i>	
Forêts du mont Kulal, Kenya, une source d'eau et un soutien aux moyens d'existence locaux	33
<i>F. Kafeero</i>	
L'impact du manque d'eau sur les ressources forestières – le cas de l'Ouganda	38
<i>S. Stolton et N. Dudley</i>	
Gérer les forêts pour fournir de l'eau plus propre aux populations urbaines	39
<i>T. Stohlgren, C. Jarnevich et S. Kumar</i>	
Héritages forestiers, changement climatique, régimes de perturbation altérés, espèces envahissantes et ressources en eau	44
<i>M. Fernández Barrena, N. Grados, M.S. Dunin-Borkowski, P. Martínez de Anguita et P. Flores Velásquez</i>	
Un système de rétribution des services environnementaux peut-il atténuer les effets d'El Niño? Une étude sur le bassin versant du fleuve Piura, Pérou	50
<i>P.C. Zingari et M. Achouri</i>	
Cinq ans après Shiga: faits nouveaux dans la formulation et l'application des politiques relatives à la forêt et à l'eau	56
<i>D.G. Donovan</i>	
L'eau, les forêts et le Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau	62
La FAO et la foresterie	64
Le monde forestier	68
Livres	70

Les forêts et l'eau

Les humains et les autres êtres vivants dépendent de l'eau pour leur vie et leur santé. Pourtant, d'après l'Organisation mondiale de la santé, 80 pour cent environ des populations du monde vivent dans des lieux où la seule eau disponible est malsaine. Les problèmes liés à l'eau, comme sa surexploitation, sa pénurie, sa pollution, les inondations et les sécheresses représentent un défi croissant pour le développement durable – comme l'a reconnu l'ONU en proclamant 2005-2015 la décennie de «L'eau, source de vie».

Les bassins versants boisés fournissent un important pourcentage de toute l'eau utilisée pour les usages domestiques, agricoles et industriels. La disponibilité et notamment la qualité de l'eau sont fortement influencées par les forêts et dépendent, dès lors, de leur bonne gestion. La quantité d'eau qu'absorbent les forêts revêt aussi une importance cruciale, du fait, en particulier, que les forêts plantées pour la fixation du carbone, l'énergie et l'approvisionnement en bois et la restauration du paysage font l'objet d'une attention mondiale croissante.

Pour introduire ce numéro d'*Unasylva*, I. Calder et ses coauteurs évaluent l'état des connaissances sur les interactions entre la forêt et l'eau et les politiques relatives. Ils soulignent la nécessité de réduire le fossé entre la recherche et la formulation des politiques, ainsi que l'importance d'établir des liens entre le secteur forestier et le secteur de l'eau. Ils mettent l'accent aussi sur l'exigence d'une évaluation rationnelle des services hydrologiques et autres que procure la forêt.

La végétation ripicole joue un rôle important de filtre des sédiments et des polluants. Le bambou est planté parfois dans les zones riveraines tropicales afin de conserver le sol et l'eau. Toutefois, dans une étude conduite en République démocratique populaire lao, O. Vigiak et ses coauteurs ont constaté que, pour ce faire, le bambou était moins efficace que les graminées indigènes; ils recommandent donc l'établissement d'une bande herbeuse le long des peuplements de bambou pour renforcer le piégeage des sédiments.

En Malaisie péninsulaire, le système des critères et indicateurs utilisé pour certifier les forêts naturelles tropicales comprend des normes de protection de l'eau. N.A. Chappell et H.C. Thang choisissent la plus importante de ces normes – une zone tampon de 10 mètres le long des cours d'eau dans laquelle est interdite l'exploitation forestière – et examinent son application aux plantations forestières et aux systèmes agroforestiers.

Le rapport entre les forêts et l'eau dans les zones arides et semi-arides soulève différents problèmes. La présence d'eau est normalement le principal facteur qui limite la répartition naturelle des arbres dans les terrains arides. M. Malagnoux, E.H. Sène et N. Atzmon étudient les stratégies visant à mettre fin à la dégradation de l'environnement et à la désertification dans les terres arides grâce, notamment, au reboisement, à la fixation des dunes, à l'établissement de ceintures vertes et à la mise en réserve de zones affectées à la régénération naturelle. Ils notent que les arbres ne devraient être plantés que dans les endroits où ils sont nécessaires et où le bilan hydrique le permet.

Le bassin versant du Tigre et de l'Euphrate joue un rôle vital dans le bilan hydrique de quatre pays du Proche-Orient où la concurrence pour l'eau est de plus en plus source de conflits. H.M. Kangarani et

T. Shamekhi analysent les relations entre la forêt, l'eau et les populations dont il faut tenir compte dans la formulation des politiques et la collaboration visant la conservation et la gestion intégrées des ressources forestières et hydriques de la région.

Le mont Kulal, dans le Kenya du nord, s'élève au centre de l'une des régions les plus arides d'Afrique de l'Est. Surmonté de forêts de brouillard, il fournit des services hydrologiques importants aux zones environnantes. T.Y. Watkins et M. Imbuni examinent le rôle de source d'eau et de ressources naturelles de cet écosystème rare qui soutient les moyens d'existence des populations locales. En Ouganda, F. Kafeero estime que l'abaissement des niveaux d'eau du lac Victoria a accéléré la déforestation, car la production réduite d'énergie hydroélectrique force la population à exploiter les combustibles ligneux pour satisfaire ses besoins énergétiques.

Les forêts jouent aussi un rôle crucial dans l'approvisionnement en eau potable des populations urbaines. S. Stolton et N. Dudley notent que plus d'un milliard de citoyens ne disposent pas d'eau propre. Un grand nombre des villes les plus peuplées du monde protègent les forêts afin d'assurer à leurs habitants des disponibilités suffisantes d'eau douce – dans certains cas grâce au paiement des services environnementaux.

Le changement climatique accroît la complexité du rapport forêt-eau. T. Stohlgren, C. Jarnevich et S. Kumar examinent les nombreux facteurs interactifs dont il faut tenir compte dans la prédiction des changements de disponibilité de l'eau. À l'aide d'exemples tirés d'une recherche menée dans le Colorado, États-Unis, ils identifient les interrelations entre l'hydrologie des forêts de montagne, le changement climatique, les utilisations foncières précédentes, l'altération des régimes de perturbation (fréquence des incendies, infestations d'insectes nuisibles, inondations, par exemple) et les espèces envahissantes.

En Amérique du Sud, la perte des forêts de nuages andines, imputable notamment à leur conversion à l'agriculture, a bouleversé le cycle hydrologique et accru les glissements de terrain et les dommages dus aux inondations liés au phénomène d'El Niño. M. Fernández Barrena et ses coauteurs analysent la viabilité d'un système de rétribution des services environnementaux visant à atténuer les effets d'El Niño, grâce à la conservation des forêts, des sols et de l'eau dans le bassin versant de Piura au Pérou; ils notent en outre qu'un tel système pourrait contribuer à améliorer les conditions de vie des agriculteurs vivant dans cette région montagneuse.

Enfin, P.C. Zingari et M. Achouri évaluent les progrès accomplis dans l'application des initiatives de politique générale, de planification et de mise en œuvre dans les cinq ans qui se sont écoulés depuis la réunion internationale d'experts tenue à Shiga, Japon, en 2002, qui a porté à l'attention internationale les interactions entre les forêts et l'eau. Les exemples présentés montrent clairement le resserrement des liens entre la gestion des ressources forestières et en eau aux niveaux mondial, régional et national.

S'il est vrai que les forestiers et les gestionnaires de l'eau ont intensifié leur collaboration, il n'en demeure pas moins que leurs échanges de compétences pourraient être développés ultérieurement. Des décisions prises en connaissance de cause sur la gestion intégrée des forêts et de l'eau dépendent de la recherche appliquée et de la communication de ses résultats aux responsables des politiques. Il est espéré que ce numéro d'*Unasylva* contribuera à renforcer le flux des informations et des connaissances, ainsi que l'approvisionnement en eau potable salubre.

Vers une nouvelle compréhension des arbres et des forêts

I. Calder, T. Hofer, S. Vermont et P. Warren

Synthèse des connaissances actuelles sur les interactions entre les forêts et l'eau et principaux problèmes des politiques relatives aux eaux et forêts.

Dans de nombreuses régions du monde, les disponibilités d'eau et leur qualité sont de plus en plus menacées par la surexploitation, la mauvaise utilisation et la pollution, et l'on est de plus en plus conscient du fait que ces deux aspects sont fortement influencés par les forêts. En outre, le changement climatique altère le rôle des forêts dans la régulation des écoulements d'eau ainsi que leur influence sur les disponibilités hydriques (Bergkamp, Orlando et Burton, 2003). La relation entre les forêts et l'eau est donc un aspect critique qui mérite une attention prioritaire.

Les bassins versants boisés fournissent une proportion élevée de l'eau utilisée à des fins domestiques, agricoles, industrielles, et écologiques, dans les zones d'amont et d'aval. Ceux qui gèrent des terres, des forêts et des ressources en eau ont une lourde tâche qui est de maximiser le large éventail d'avantages multisectoriels que procurent les forêts, sans porter atteinte aux ressources hydriques et aux fonctions de l'écosystème. Pour relever ce défi, il est urgent d'améliorer la compréhension des interactions entre les forêts ou les arbres et l'eau, de sensibiliser et de renforcer les capacités

dans le domaine de l'hydrologie forestière, ainsi que d'intégrer ces connaissances et les conclusions des recherches dans les politiques. Il faut aussi mettre en place des mécanismes institutionnels pour renforcer les synergies afin de résoudre les problèmes liés aux forêts et à l'eau, et mettre en œuvre et faire appliquer des programmes d'action aux niveaux national et régional.

Dans le passé, les politiques relatives aux eaux et forêts se fondaient souvent sur l'hypothèse que, quelles que soient les conditions hydrologiques et écologiques, la forêt était le meilleur couvert végétal pour maximiser le rendement en eau, régulariser les flux saisonniers et garantir une bonne qualité de l'eau. La conservation (ou l'expansion) du couvert forestier dans les bassins versants d'amont était donc considérée comme la mesure la plus efficace pour accroître les ressources en eau disponibles pour les utilisations agricoles, industrielles et domestiques, mais aussi pour prévenir les inondations dans les zones d'aval.

Les recherches en hydrologie forestière conduites durant les années 80 et 90 (résumées par Bruijnzeel, 2004; Calder, 2005, 2007; Van Dijk et Keenan, 2007) font

Termes clés

Débit (de l'eau): volume d'eau passant par un point donné à un moment donné

Réalimentation: reconstitution d'une nappe d'eau souterraine

Bassin hydrographique (ou fluvial): le système complexe de bassins versants et de sous-bassins versants traversé par un cours d'eau important et ses affluents entre la source et l'embouchure
Liaisons amont/aval: les interactions environnementales, socioéconomiques et culturelles, les échanges synergétiques et les conflits entre les zones supérieures et inférieures d'un bassin versant

Bassin versant: la zone géographique drainée par un cours d'eau – concept s'appliquant à toute une gamme d'unités, de la ferme traversée par un ruisseau (micro bassin-versant) aux grands bassins fluviaux ou lacustres

Gestion des bassins versants: toute intervention humaine visant à garantir une utilisation durable des ressources des bassins versants

Ian Calder est Professeur au Centre for Land Use and Water Resources Research, Université de Newcastle, Royaume-Uni.

Thomas Hofer est Forestier (Conservation et hydrologie), Département des forêts de la FAO, Rome.

Sibylle Vermont est responsable scientifique, Bureau fédéral pour l'environnement, Berne, Suisse.

Patrizio Warren est Consultant en sciences sociales, Département des forêts de la FAO, Rome.

apparaître une situation très différente. Bien que le rôle majeur du couvert forestier d'amont dans l'approvisionnement en eau pure ait été confirmé, les généralisations antérieures sur l'action bénéfique qu'aurait le couvert forestier d'amont sur les flux annuels et saisonniers d'aval se sont généralement révélées erronées. Des études ont en revanche montré que, en particulier dans les écosystèmes arides ou semi-arides, les forêts n'étaient pas le couvert végétal idéal pour accroître la production d'eau en aval. En outre, il est scientifiquement démontré que, dans les écosystèmes tropicaux, le rôle de protection du couvert forestier d'amont contre les crues saisonnières en aval a souvent été surestimé. Cela est particulièrement vrai dans le cas de phénomènes majeurs intéressant de grands bassins versants ou hydrographiques (FAO et CIFOR, 2005).

L'année internationale de l'eau douce 2003 et le troisième Forum mondial de l'eau (Kyoto, Japon, 2003) ont servi de guide pour intégrer dans les politiques cette compréhension des interactions biophysiques entre les forêts et l'eau. La Réunion internationale d'experts sur les forêts et l'eau, tenue à Shiga, Japon, en novembre 2002 en préparation de ces événements, a

mis en lumière la nécessité d'adopter une approche plus holistique en prenant en considération les interactions entre l'eau, les forêts, les autres utilisations des terres et les facteurs socioéconomiques dans des écosystèmes de bassins versants complexes. Au cours des cinq dernières années, la Déclaration de Shiga est devenue une référence clé pour l'élaboration d'une nouvelle génération de politiques des eaux et forêts (voir l'article de Zingari et Achouri, dans ce numéro).

Le présent article fait le point sur l'état des connaissances actuelles sur les interactions entre les forêts et l'eau dans les écosystèmes de bassins versants. Il résume quelques questions clés mises en relief par des discussions entre des hydrologistes forestiers, d'autres experts et responsables des politiques dans le secteur hydrique dans les années qui ont suivi la Déclaration de Shiga, le troisième Forum mondial de l'eau et l'Année internationale de l'eau douce.

ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR LES FORÊTS ET L'EAU

Récemment, l'hydrologie forestière s'est focalisée sur trois thèmes présentant un intérêt particulier pour la formulation des politiques, à savoir: avantages et inconvé-

nients comparatifs du couvert forestier pour maximiser la production d'eau en aval; rôle des forêts d'amont dans le maintien des flux d'eau durant la saison sèche; et préservation de la qualité de l'eau. Cette section résume les conclusions tirées dans ces trois domaines (d'après Hamilton, 2005).

Jadis, ceux qui formulaient les politiques portaient souvent du principe que plus il y avait d'arbres, plus il y avait d'eau, mais cette hypothèse est remise en cause par les recherches actuelles en hydrologie forestière. L'écosystème forestier consomme en réalité de grosses quantités d'eau. Les cimes des arbres réduisent les flux souterrains et le débit des cours d'eau par interception des précipitations et par évaporation et transpiration à partir des feuilles; comme les forêts naturelles et les forêts établies par l'homme consomment plus d'eau que la plupart des autres types de végétation (notamment les cultures agricoles et fourragères), il est indiscutable que la suppression (même partielle) des forêts accroît la production d'eau en aval.

On a donc parfois suggéré de supprimer le couvert forestier qui consomme beaucoup d'eau, en particulier dans les zones semi-arides, pour prévenir ou atténuer la sécheresse. Toutefois, les avantages de cette approche devraient être mis en balance avec les inconvénients qui en découleraient, à savoir la perte de nombreux autres biens et services forestiers (lutte contre l'érosion, amélioration de la qualité de l'eau, fixation du carbone, récréation et attrait esthétique, bois d'œuvre, bois de feu, autres produits forestiers et biodiversité). La déforestation est à proscrire dans les zones exposées à la salinité, où elle ferait remonter les sels à la surface du sol, ainsi que dans les forêts



En amont et en aval, une approche plus holistique s'impose pour étudier les interactions entre l'eau, les forêts, les autres utilisations des terres et les facteurs socioéconomiques (bassin versant boisé en Inde, irrigation dans la République arabe syrienne)



montagneuses de brouillard où le feuillage des arbres, les superficies de végétation épiphyte, les brindilles, branches, tiges et buissons font office de «filets» en captant les «précipitations horizontales» provenant du brouillard ou des nuages.

Il est également démontré que la suppression totale ou partielle du couvert forestier peut accélérer le débit de l'eau et accroître le risque d'inondation durant la saison des pluies, réduire le débit des cours d'eau, ou même entraîner leur assèchement en saison sèche. Toutefois, on a généralement surestimé le rôle que joue le couvert forestier dans la régulation des flux hydrologiques. Les effets de la suppression du couvert forestier ne sont évidents qu'au niveau micro-économique avec des précipitations de courte durée et de faible intensité (qui sont ordinairement les plus fréquentes). Plus la durée ou l'intensité des pluies, ou la distance de la zone des précipitations par rapport au bassin versant, augmente, moins le couvert arboré influe sur la régulation des écoulements.

À l'échelle macro-économique, ce sont moins les pratiques de gestion des terres que les processus naturels intéressant le bassin versant supérieur qui favorisent les fortes inondations. Par exemple, des preuves scientifiques solides démentissent l'hypothèse selon laquelle la déforestation dans l'Himalaya provoquerait de fortes inondations dans les plaines du Gange et du Brahmapoutre; les grandes inondations résultent plutôt d'une combinaison de facteurs, notamment des débits de pointe simultanés des gros fleuves, des ruissellements importants provenant des collines adjacentes aux plaines inondables, de fortes pluies, des niveaux élevés des nappes phréatiques et des vives eaux, de l'endiguement latéral des fleuves et de la disparition de zones de stockage dans les basses terres (Hofer et Messerli, 2006). Il y a donc de nombreuses bonnes raisons de reboiser les bassins versants (limiter les pertes en sols, prévenir la sédimentation des cours d'eau, maintenir la production agricole, conserver les habitats de la faune sauvage, etc.), mais la réduction ou l'élimination du risque d'inondation n'en est pas une. Les reboisements pratiqués à cette fin ne sont efficaces qu'au niveau local, sur quelques centaines d'hectares. Les relations complexes entre les forêts et l'eau dans les gros bassins hydrographiques restent un sujet de discussion (voir CIFOR,

Bien que les forêts puissent atténuer de petites inondations localisées, il semble qu'elles n'aient pas d'impact sur des crues causées par des pluies torrentielles, comme l'inondation due à un cyclone dans la Vallée de Paznaun (Autriche), en août 2005



INSTITUT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, HYDROLOGIE UND KONSTRUKTIVEN WASSERBAU

2007) et il est clair que les travaux doivent être poursuivis pour mieux comprendre ces interactions.

C'est en préservant la qualité de l'eau que les forêts contribuent de la manière la plus significative à améliorer les caractéristiques hydrologiques des écosystèmes de bassins versants. Elles y parviennent en minimisant l'érosion du sol *in situ*, en réduisant la sédimentation des plans d'eau (terres humides, étangs, lacs, cours d'eau, rivières) et en piégeant ou en filtrant les autres polluants de l'eau dans la litière forestière, en particulier grâce aux processus suivants:

- Sur les terrains en pente, le sol descend, principalement sous l'effet de la force de gravité et du battement des gouttes de pluie. Le couvert de forêt naturelle fournit une excellente protection contre l'érosion pluviale du sol, grâce essentiellement aux feuilles de la partie basse de la canopée et à la litière du sol qui atténuent la battance des gouttes de pluie. La suppression des forêts et leur remplacement par d'autres systèmes d'utilisation des terres conduisent le plus souvent à une augmentation et à une accélération de l'érosion, sauf si l'on prend beaucoup de précautions pour conserver les sols.

- L'érosion est généralement associée à une plus forte concentration de sédiments dans les eaux de ruissellement et à un ensablement des cours d'eau. Un bon couvert forestier est plus efficace que tout autre type de végétation pour empêcher les sédiments de passer dans l'eau. Le couvert du sol, les débris et les racines des arbres piègent les sédiments et les empêchent de se déplacer le long des pentes. En outre, les racines profondes des arbres stabilisent les pentes et contribuent à prévenir les glissements de la couche superficielle du sol.
- La qualité de l'eau peut être altérée, non seulement par des sédiments, mais aussi par divers types de polluants – variant selon les modes d'utilisation des terres environnantes et le drainage vers le cours d'eau – notamment par des concentrations excessives de matière organique (conduisant à l'eutrophisation de l'eau) et par des produits chimiques agricoles ou industriels. La forêt est sans conteste un couvert végétal approprié pour les bassins versants d'adduction de l'eau potable, dans la mesure où les activités sylvicoles (à l'exception des plantations gérées de manière intensive) ne



Les forêts permettent de garder une eau pure en minimisant l'érosion du sol et en retenant les sédiments; la déforestation accroît généralement l'érosion qui augmente la concentration de sédiments dans les eaux de ruissellement et l'ensablement des cours d'eau (Pakistan)

nécessitent ni engrais ni pesticides et évitent la pollution par les déchets des ménages ou les processus industriels. En outre, la pollution de source non ponctuelle (pollution provenant de nombreuses sources diffuses) due aux utilisations domestiques, industrielles et agricoles, peut être considérablement réduite, voire éliminée, en maintenant des zones tampons adéquates de forêt riparienne le long des cours d'eau; toutefois, ces zones n'empêchent pas la contamination de l'eau souterraine. En outre, lorsque les polluants atmosphériques sont interceptés par les arbres en raison de leur hauteur et de leur résistance aérodynamique, les forêts des bassins versants ne fournissent pas de protection pour préserver la qualité de l'eau. Ce problème se rencontre surtout dans les forêts de montagne des pays industrialisés.

PROBLÈMES DES POLITIQUES ACTUELLES DES EAUX ET FORÊTS

Après l'Année internationale de l'eau douce en 2003, la discussion entre les spécialistes de l'hydrologie forestière, les autres experts du secteur de l'eau et les décideurs, s'est focalisée sur les trois grands thèmes suivants: intégration des connaissances en hydrologie forestière dans les politiques hydriques; inclusion des contributions du secteur forestier dans des politiques intégrées de gestion des ressources hydriques; et paiement des services environnementaux liés aux forêts et à l'eau.

Intégration des connaissances en hydrologie forestière dans les politiques hydriques

Bien que la compréhension scientifique des interactions entre les forêts et l'eau se soit sensiblement améliorée, le rôle des forêts dans la gestion durable des ressources en eau reste controversé, comme on l'a vu dans la section précédente. L'incertitude et, dans certains cas, la confusion demeurent, car il est difficile de transposer les résultats des recherches à d'autres pays et régions, bassins versants, types de forêts et essences et régimes de gestion forestière.

Un autre problème vient du décalage persistant entre les recherches et les politiques, dû au moins en partie à l'incapacité à communiquer les résultats des recherches hydrologiques aux décideurs, et à remettre

en cause les hypothèses classiques avec des preuves scientifiques. Pour remédier à ce problème, l'Union internationale des instituts de recherches forestières (IUFRO) a constitué en 2006 une Équipe spéciale sur les interactions entre les forêts et l'eau qui a pour tâche de promouvoir un consensus parmi les spécialistes de l'hydrologie forestière sur les principales interactions entre les forêts et l'eau, et d'identifier des domaines d'incertitude scientifique sur lesquels axer les recherches. Dans le souci de produire et de diffuser des informations qui puissent être utilisées facilement et sans danger par des profanes, l'équipe spéciale a établi une fiche d'information d'une page pour faire connaître aux décideurs les concepts clés de l'hydrologie forestière (récapitulés dans l'encadré à droite). De la même manière, la FAO a produit la brochure *Why invest in watershed management* pour attirer l'attention des responsables des politiques et des décideurs sur les implications et les avantages de la gestion des bassins versants (voir encadré page suivante).

L'éducation a un rôle à jouer pour resserrer les liens entre la recherche et les politiques dans le domaine de l'hydrologie

Les zones tampons de forêt riparienne peuvent réduire considérablement, voire éliminer, la pollution de source non ponctuelle d'origine domestique, industrielle et agricole (Suriname)



forestière. L'éducation scientifique et technique est généralement très sectorielle. Un enseignement interdisciplinaire est nécessaire pour améliorer la connaissance des interactions forêts-eau, par exemple pour améliorer les capacités d'évaluation des effets des programmes de boisement et de reboisement sur la qualité et la quantité d'eau, la maîtrise des inondations et la protection des sols.

Inclusion de la foresterie dans la gestion intégrée des ressources hydriques

L'un des objectifs du Sommet mondial du développement durable de 2002 était de promouvoir les plans de gestion intégrée des ressources hydriques, au niveau du bassin versant ou hydrographique. Ces plans multisectoriels devraient viser à garantir l'approvisionnement en «eau pour les populations, l'alimentation, la nature,

les industries et les autres utilisations» (Global Water Partnership, TAC, 2000).

La nécessité de réserver une place dans ces plans au concept de «la nature au service de l'eau» qui prend en compte le rôle des écosystèmes terrestres dans l'amélioration de la production et de la qualité de l'eau, est de plus en plus reconnue. Par exemple, la forêt de Lange Erlen, en Suisse, est inondée d'eau du Rhin une douzaine

Les forêts et l'eau: messages clés à l'intention des décideurs

UTILISATION DE L'EAU PAR LES FORÊTS

Les facteurs qui ont une incidence sur la manière dont les forêts utilisent l'eau sont le climat, le type de forêt et le type de sol. En général, les forêts utilisent plus d'eau que des types de végétation moins hauts car l'évaporation est plus forte; les ruissellements de surface, la réalimentation des nappes d'eau souterraines et la production d'eau y sont aussi moindres. Les pratiques de gestion des forêts peuvent avoir un impact considérable sur leur utilisation de l'eau, en modifiant le mélange d'espèces et d'âges des arbres, la structure de la forêt et la dimension de la zone exploitée et librement accessible.

LES FLUX D'EAU EN SAISON SÈCHE

Les forêts réduisent les écoulements de la saison sèche au moins autant que la production annuelle d'eau. En théorie, dans des bassins versants agricoles dégradés, l'infiltration supplémentaire associée aux terres boisées pourrait être supérieure à la perte supplémentaire par évaporation dans les forêts, ce qui se traduirait par une augmentation (et non une diminution) des flux en saison sèche – mais cela s'est rarement vu.

DÉBITS DE CRUES

Si les forêts peuvent atténuer les petites crues localisées, elles ne semblent pas avoir d'impact sur les graves inondations ou sur celles qui intéressent un gros bassin versant. Une forêt de plaine inondable peut toutefois faire exception et réduire les inondations en aval, si la rugosité hydraulique (ensemble de tous les éléments susceptibles de freiner l'écoulement, tels que la litière forestière, le bois mort, les brindilles et les troncs d'arbre) ralentit et désynchronise les flux des crues.

QUALITÉ DE L'EAU

Les forêts naturelles et les plantations bien gérées peuvent préserver les approvisionnements en eau potable. Les forêts gérées consomment généralement moins d'intrants (éléments nutritifs, pesticides et autres produits chimiques) que des utilisations plus intensives des terres, comme l'agriculture. Les forêts plantées dans des zones agricoles et urbaines peuvent réduire les polluants, surtout si elles se trouvent sur des «couloirs de ruissellement» ou dans des zones ripariennes. Toutefois, les arbres exposés à une forte pollution atmosphérique absorbent du soufre et de l'azote et peuvent accroître l'acidification de l'eau.

ÉROSION

Les forêts protègent les sols et réduisent les taux d'érosion et la sédimentation des cours d'eau. Certaines opérations sylvicoles, comme les soins culturels, le drainage, la construction de routes et la coupe du bois, peuvent accroître les pertes de sédiments, mais l'adoption de pratiques de gestion améliorées peut limiter ce risque. La plantation de forêts sur des sols exposés à l'érosion et sur des «couloirs de ruissellement» peut réduire et intercepter les sédiments.

CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les modèles climatiques mondiaux annoncent d'importants changements des chutes de neige saisonnières, des précipitations et de l'évaporation dans de nombreuses régions du monde. Dans le contexte de ces changements, les forêts peuvent avoir une influence positive ou négative sur la quantité et la qualité de l'eau. Si l'on envisage des boisements à grande échelle pour atténuer les changements climatiques, il faut absolument veiller à ce que cela n'aggrave pas les pénuries d'eau. En fournissant de l'ombre, les forêts ripariennes peuvent contribuer à réduire le stress thermique auquel seront soumis les organismes aquatiques quand le réchauffement climatique s'intensifiera.

LES FORÊTS-ÉNERGIE

Les espèces forestières cultivées à croissance rapide peuvent avoir besoin de beaucoup d'eau et réduire la production hydrique. Au niveau local, il peut être essentiel de faire des choix en mettant en balance les possibilités de production énergétique et les effets sur l'eau dans les régions où les ressources hydriques sont menacées par le changement climatique.

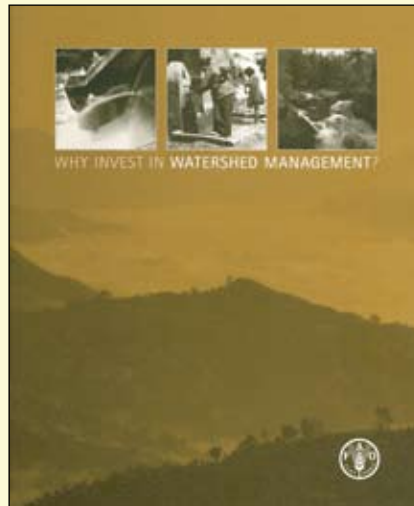
Fuente: IUFRO, 2007.

Pourquoi investir dans la gestion des bassins versants?

Les zones de bassins versants, qui fournissent de l'eau douce de bonne qualité, régularisent le débit des cours d'eau et les ruissellements de surface, abritent des terres arables fertiles et d'immenses ressources forestières, jouent un rôle pivot dans l'écologie de la planète et contribuent de façon significative à la richesse et au bien-être des sociétés humaines. Après son examen interrégional de la gestion des bassins versants conduit en 2002-2003 (voir encadré p. 22), la FAO a récemment publié la brochure *Why invest in watershed management* pour attirer l'attention des responsables des politiques et des décideurs sur les fonctions environnementales des bassins versants, les risques et les menaces qui pèsent actuellement sur eux, ainsi que sur les aspects économiques, les politiques de gestion, les institutions de gouvernance et les programmes relatifs aux bassins versants. Concise et bien illustrée, la publication s'adresse principalement aux décideurs qui doivent trouver un équilibre entre le développement socioéconomique et la conservation de l'environnement. Une recherche récente confirme que l'atteinte de

ces objectifs souvent divergents pourrait être considérablement facilitée en investissant dans la gestion des bassins versants.

La brochure *Why invest in watershed management* peut être obtenue gratuitement en envoyant un message électronique à: FO-publications@fao.org, ou téléchargée en ligne à l'adresse: www.fao.org/forestry/site/37205



de jours par mois pour permettre au sol forestier de filtrer l'eau et de l'épurer, et pour réalimenter la nappe phréatique de la ville voisine de Bâle.

Comme les forestiers sont de plus en plus déterminés à élaborer des programmes forestiers nationaux (PFN) pour mettre en œuvre la gestion durable des forêts, ils peuvent s'allier à des experts en hydrologie pour élaborer des plans de gestion intégrée des ressources en eau et des programmes forestiers dans le cadre d'un processus de planification plus global du bassin versant/hydrographique. De même, les responsables de la gestion des bassins versants et hydrographiques transfrontières devraient prêter plus d'attention à la relation entre le couvert forestier d'amont et les écoulements d'eau en aval. Par exemple, Le Programme pour le développement durable du Rhin (CIPR, 2001), une initiative transfrontière, a recours à des boisements et à des mesures de conservation des forêts pour faciliter la rétention de l'eau et prévenir les inondations dans les zones voisines situées en contrebas. La superficie de forêt protégée dans le bassin, de 1 200 km² en 2005, devrait atteindre 3 500 km² d'ici à 2020.

De nombreux pays ont commencé à élaborer des plans de gestion intégrée des ressources en eau, à l'échelle nationale ou du bassin versant. L'existence d'un grand nombre de parties prenantes diverses aux intérêts différents et parfois opposés, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du bassin versant, et le chevauchement des responsabilités administratives des différentes autorités régionales dans de nombreux pays rendent la mise en œuvre de ces plans difficile. Un processus de planification par étapes est conseillé pour s'assurer l'adhésion des intéressés et l'application effective du plan. Par exemple, la Directive-cadre sur l'eau (DCE) de l'Union européenne prévoit l'élaboration de plans de gestion des bassins hydrographiques à partir d'un processus consultatif qui aura lieu en 2008 et sera finalisé en 2009. Cela laisse aux forestiers européens le temps de coopérer avec leurs collègues experts en hydrologie.

Paiement des services environnementaux

Dans beaucoup de pays, les politiques, plans et programmes relatifs aux eaux et forêts convergent grâce à la popularité croissante des programmes de rétribution

des services environnementaux (également appelés accords de coopération fondés sur des mesures d'encouragement, rétribution de la bonne gestion, programmes d'indemnisation, ou rétribution des performances) pour financer la gestion des bassins versants, la gestion durable des forêts et d'autres processus de développement durable (voir encadré concernant le Mexique). Les paiements ne se font pas nécessairement en argent, mais souvent en services qui font défaut dans une communauté (tels que réfection des routes, bus scolaire ou transport hebdomadaire des produits agricoles).

Les populations d'amont qui gèrent les forêts peuvent, par exemple, recevoir un dédommagement des populations d'aval qui utilisent l'eau, sous la forme d'une rétribution directe de services d'hydrologie forestière, tels que la régulation du débit ou la protection de la qualité de l'eau. Dans les pays en développement, cela génère une «hydrosolidarité» entre les populations d'amont et d'aval, dont les intérêts sont souvent défendus par des organismes publics. Par exemple, depuis 1996, le gouvernement du Costa Rica a parrainé des programmes visant à promouvoir la conservation des forêts par des incitations économiques et à indemniser ceux qui possèdent ou exploitent des terres qui fournissent des services environnementaux. Des mécanismes plus sophistiqués, dont des subventions financées par l'impôt sur le revenu et par d'autres sources du secteur public, sont mis en place dans les pays industrialisés (voir encadré concernant la Suisse). La Convention de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux (2007) a récemment approuvé le concept de la rétribution des services rendus par les écosystèmes, tels que la conservation et l'expansion du couvert forestier.

CONCLUSIONS

Durant les cinq ans qui ont suivi la Déclaration de Shiga, le Troisième Forum mondial de l'eau et l'Année internationale de l'eau douce 2003, la compréhension scientifique moderne des interactions entre les forêts et l'eau a peu à peu imprégné les politiques environnementales internationales et nationales. Le problème des «quatre M» (Mythes, Mauvaise compréhension, Mau-

Rétribution des services éco-hydrologiques au Mexique

Pour enrayer la déforestation et la pénurie d'eau, le Mexique a mis sur pied un programme de rétribution des services éco-hydrologiques en 2003. Ce programme propose des incitations économiques pour éviter la déforestation dans les zones où le manque d'eau se fait cruellement sentir mais où, à court ou moyen terme, il pourrait devenir moins intéressant de pratiquer la foresterie commerciale que de convertir les terres à l'agriculture ou à l'élevage de bétail. Le programme prévoit des versements directs aux propriétaires de terres qui ont des forêts en excellent état; il rémunère la conservation des bassins versants ainsi que la gestion et la remise en état des forêts tempérées et tropicales qui contribuent à l'approvisionnement en eau des communautés. Ce programme est financé par une partie des redevances sur l'eau perçues au titre de la *Ley federal de derechos*. Les montants versés sont de 400 pesos (36,9 dollars EU) par hectare pour les forêts de brouillard et de 300 pesos (27,7 dollars EU) pour les autres types de forêts, la surface maximale par bénéficiaire étant de 200 hectares. En 2007, environ 480 000 hectares ont été couverts par le programme, avec 879 contrats (Martínez, 2007).

vaise interprétation et Mauvaise information) (Hamilton, 1985) a ainsi enfin pu être en partie corrigé dans les milieux politiques. Le nouvel éclairage jeté sur les interactions eau-forêts a permis de mieux comprendre ce qu'une forêt peut (ou ne peut pas) faire pour résoudre les problèmes qui ne feront que s'aggraver dans le monde, en termes de disponibilité, qualité et gestion des ressources hydriques.

Cela a engendré une coopération plus étroite et plus fructueuse entre les experts en gestion de l'eau et les forestiers, dont témoignent les travaux effectués au cours des cinq dernières années par des organismes régionaux et mondiaux, tels que la Conférence ministérielle pour la protection des forêts en Europe (CMPFE), le Réseau international des organismes de bassin (RIOB), le Réseau latino-américain de coopération technique pour l'aménagement des bassins versants (REDLACH), la Commission du fleuve Mékong, la Convention sur la diversité biologique (CDB), le Comité des forêts de la FAO

(COFO), les Commissions régionales des forêts de la FAO et le Comité du bois de la CEE-ONU.

Cette coopération doit encore être développée et renforcée aux niveaux national et régional, par exemple grâce à des échanges d'expertise technique et d'expériences entre les pays et les régions. Il faut développer la recherche appliquée dans le domaine des eaux et forêts et renforcer les partenariats entre les instituts de recherche et d'enseignement et les institutions financières et politiques. Il convient de faire des évaluations comparatives objectives des services forestiers (hydrologiques ou non), y compris de leur contribution aux moyens d'existence des populations forestières, de la production de biocombustibles, de la conservation de la biodiversité et des valeurs esthétiques et récréatives. Ces besoins sont encore plus pressants avec le changement climatique qui ne fait qu'ajouter à la complexité de l'interaction forêts-eau et influence les politiques forestières et hydriques dans de nombreuses régions du monde. Il faut élaborer et promouvoir auprès des décideurs des solutions techniques innovantes pour utiliser rationnellement les nombreux services fournis par les forêts et nécessaires à la société – notamment ceux en rapport avec l'eau – afin qu'ils puissent prendre des décisions en connaissance de cause sur la gestion intégrée des forêts et de l'eau, en cette période de changements planétaires. ♦

Approvisionnement en eau et entretien des forêts urbaines à Lausanne (Suisse)

La ville de Lausanne, située au bord du lac de Genève, en Suisse, compte 136 000 habitants. Elle possède environ 16 km² de forêts qui lui fournissent à peu près 8 pour cent de ses besoins en eau potable. Les fonds disponibles, provenant à la fois des ventes de bois, des subventions et de l'impôt sur le revenu, ne permettent pas de couvrir la totalité des dépenses de gestion des forêts (environ 15 euros par an et par habitant), en particulier quand la protection des ressources en eau est un objectif prioritaire. Un fonds collectif pour le développement durable a donc été constitué en 2001, avec un apport initial d'environ 3 millions d'euros. D'autres fonds proviennent de la vente d'électricité au prix de 0,009 euro par kilowattheure, de la vente de gaz à 0,0003 euro par kilowattheure et de la vente d'eau à 0,01 euro par mètre cube, d'un prélèvement de 1 pour cent sur les profits annuels des services industriels de la ville, et les dépenses des consommateurs n'ont pas augmenté. Seule une partie du fonds est affectée à la promotion et à la gestion de la forêt, ce qui laisse une certaine souplesse, en particulier pour les projets pluriannuels. En outre, les services forestiers et les services d'approvisionnement en eau travaillent en étroite coopération.



Bibliographie

- Bergkamp, G., Orlando, B. et Burton, I. 2003. *Change: adaption of water resources management to climate change*. Gland, Suisse, Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources (UICN).
- Bruijnzeel, L.A. 2004. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104: 185–228.
- Calder, I.R. 2005. *Blue revolution – integrated land and water resources management*. Londres, Royaume-Uni, Earthscan. (2^e éd.)
- Calder, I.R. 2007. Forests and water – ensuring forest benefits outweigh water costs. *Forest Ecology and Management*, 251: 110–120.
- Centre pour la recherche forestière internationale (CIFOR). 2007. Forests and floods, revisited. *POLEX* electronic policy alert, 14 novembre.
- Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU), Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux. 2007. *Recommendations on payments for ecosystem services in integrated water resources management*. New York et Genève, ONU. Disponible à l'adresse: www.unece.org/env/water/publications/documents/PES_Recommendations_web.pdf
- Commission internationale pour la protection du Rhin (CIPR). 2001. *Rhin 2020 – Programme pour le développement durable du Rhin*. Conférence ministérielle sur le Rhin

2001. Coblence, Allemagne. Disponible à l'adresse: www.iksr.org/index.php?id=178
- FAO et CIFOR.** 2005. *Forests and floods: drowning in fiction or thriving on facts?* RAP Publication 2005/03. Bangkok, Thaïlande, Bureau régional de la FAO pour l'Asie et le Pacifique.
- Global Water Partnership Technical Advisory Committee (TAC).** 2000. *Integrated water resources management*. TAC Background Papers N. 4. Stockholm, Suède, Global Water Partnership. Disponible à l'adresse: www.gwpforum.org/gwp/library/TACno4.pdf
- Hamilton, L.** 1985. Overcoming myths about soil and water impacts of tropical forest land uses. Dans S.A. El-Swaify, W.C. Moldenhauer et A. Lo, éd. *Soil erosion and conservation*, p. 680–690. Ankeny, Iowa, E.-U.A., Soil Conservation Society of America.
- Hamilton, L.** 2005. *Forests and water*. Thematic study for the Global Forest Resources Assessment 2005. Rome, FAO. (Projet de document)
- Hofer, T. et Messerli, B.** 2006. *Floods in Bangladesh: history, dynamics and rethinking the role for the Himalayas*. Tokyo, Japon, United Nations University Press.
- Martínez, J.** 2007. Payment for environmental services in Mexico. Présenté à un événement parallèle de la 26^e session des Organes subsidiaires de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), Bonn, Allemagne, 11 mai 2007.
- Union internationale des instituts de recherches forestières (IUFRO).** 2007. *Research spotlight: how do forests influence water?* IUFRO Fact Sheet N. 2. Vienne, Autriche. Disponible à l'adresse: www.iufro.org/science/task-forces/water/publications
- Van Dijk, A.I.J.M. et Keenan, R.** 2007. Planted forests and water in perspective. *Forest Ecology and Management*, 251(1-2): 1–9. ♦

Utilisation de la végétation riparienne pour filtrer les polluants de l'eau: efficacité comparée du bambou, des herbes indigènes et du riz dans un bassin versant de la République lao

O. Vigiak, O. Ribolzi, A. Pierret, C. Valentin, O. Sengtaheuanghoung et A. Noble

On plante parfois du bambou dans les zones ripariennes pour conserver les ressources en sols et en eau mais une étude réalisée en Asie du Sud-Est indique que ce couvert végétal n'est pas le plus adapté pour remplir cette fonction.

Situées à l'interface entre les habitats terrestres et aquatiques, les zones ripariennes remplissent une fonction importante en filtrant et en piégeant les sédiments et les polluants dissous et transportés par les sédiments. L'efficacité avec laquelle la végétation riparienne filtre les polluants dépend de plusieurs facteurs, notamment de la structure, de la composition et de la densité du couvert végétal et forestier. Dans les zones tropicales humides de l'Asie du Sud-Est, l'utilisation d'espèces de bambous – qui fournissent d'importants produits forestiers non ligneux (PFNL) – a également été recommandée aux fins de la conservation des sols et des eaux. Toutefois, l'efficacité du bambou dans ce domaine n'est pas démontrée.

Le présent article passe en revue les connaissances actuelles sur l'incidence de la végétation des zones ripariennes sur l'eau. Il examine ensuite les résultats et les principales conclusions des recherches effectuées dans une tête de bassin versant du nord de la République démocratique populaire lao, pour comparer les flux d'eau

et de sédiments dans des sites ripariens ayant un couvert végétal de bambous et d'herbes indigènes (Vigiak *et al.*, 2008). L'étude comparait aussi les propriétés filtrantes de la végétation riparienne naturelle et du riz de plateau cultivé.

SÉDIMENTS ET POLLUANTS

En Asie du Sud-Est, où la pression de la population sur la terre s'accroît, les modes d'utilisation des terres changent très rapidement: les cultures s'intensifient sur les terrains en pente alors que, dans la plupart des pays, le couvert forestier recule. Les cultivateurs itinérants doivent remettre en culture les mêmes terres plus fréquemment, ce qui perturbe le cycle culture-jachère de leur système agricole traditionnel et a pour conséquences de réduire la fertilité des sols et le rendement des cultures, d'accélérer l'érosion sur les versants des collines et d'accroître la sédimentation des

Les bambous sont des produits forestiers non ligneux importants en Asie du Sud-Est, à la fois pour l'alimentation (pousses), la construction et l'artisanat (tiges)

Olga Vigiak était à l'Institut international de gestion des ressources en eau (IWMI), Vientiane, République démocratique populaire lao, lorsque la présente recherche a été conduite. Elle est maintenant au Département des industries primaires de Victoria, Rutherglen, Victoria, Australie.

Olivier Ribolzi et **Alain Pierret** travaillent pour l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) à Vientiane et sont actuellement détachés auprès de l'IWMI.

Christian Valentin travaille pour l'IRD à Bondy, France, et il est également détaché auprès de l'IWMI.

O. Sengtaheuanghoung est à l'Institut national de recherche agricole et forestière, Vientiane.

Andrew Noble est au Bureau régional de l'IWMI pour l'Asie du Sud-Est, Bayan Lepas, Penang, Malaisie.



O. VIGIAK



Dans le système d'agriculture itinérante traditionnel de la montagneuse République démocratique populaire lao, le paysage est une mosaïque de champs cultivés, de végétation secondaire et de reliquats de forêts; les cultures annuelles plantées sur les pentes abruptes sont associées à une production de sédiments élevée

cours d'eau (Roder, Phengchanh et Maniphone, 1997; Chaplot *et al.*, 2005). Dans les bassins versants boisés, le tassement des sols dans les chemins forestiers et les pistes de débardage peut empêcher l'infiltration de l'eau et accroître l'érosion de la surface (Sidle, Tani et Ziegler, 2006). Comme les sédiments transportent des nutriments et des polluants, l'augmentation de la sédimentation des cours d'eau a un impact négatif sur les moyens d'existence et la santé des populations vivant en aval.

L'approvisionnement en eau salubre est ordinairement un objectif majeur des politiques de gestion des ressources naturelles. On peut obtenir une eau de bonne qualité en réduisant les émissions de polluants à la source, par exemple en gérant de manière rationnelle les activités agricoles ou forestières, et/ou en plaçant des filtres naturels dans le paysage pour éviter que les polluants atteignent les cours d'eau. L'élimination des polluants de l'eau est plus efficace si l'on agit près des sources de pollution, c'est-à-dire au niveau des têtes de bassins versants, où les terres humides et les zones ripariennes peuvent être d'excellents filtres de polluants.

FONCTIONS DES ZONES RIPARIENNES

Une zone riparienne au sens strict, comprend uniquement la végétation qui tapisse les chenaux des cours d'eau et les rives des fleuves; toutefois, le terme a récemment pris un sens plus large incluant la partie du paysage adjacente à un cours d'eau qui a un impact direct sur les marges des fleuves et des lacs et sur l'eau et les écosystèmes aquatiques associés (Karssies et Prosser, 1999). Dans le paysage, les habitats ripariens sont des couloirs situés à l'interface des écosystèmes terrestres et aquatiques.

Ils font office de conduites, de filtres ou de barrières pour les écoulements d'eau, de sédiments et de nutriments. Une gestion rationnelle des ressources naturelles suppose de garantir les fonctions écologiques des zones ripariennes, notamment le filtrage des écoulements superficiels et souterrains, la stabilisation des rives des fleuves et la conservation des habitats situés dans les cours d'eau (Mander et Hayakawa, 2005).

De nombreuses activités pratiquées par les ménages ruraux pour assurer leur subsistance ou se procurer un revenu se font dans des zones ripariennes. Dans la République démocratique populaire lao, les bambous naturels et cultivés que l'on trouve dans les zones ripariennes sont d'importantes sources de nourriture (pousses) et de matières premières pour la construction de logements et l'artisanat (de Beer et McDermott, 1996). Les reliquats de forêts bordant le fleuve servent d'habitat pour la faune sauvage et sont des sites appréciés pour la chasse et la pêche. Avec leur relief relativement plat et leurs ressources en eau disponibles pour l'irrigation, les terres ripariennes attirent les agriculteurs. Des

bananiers sont souvent cultivés en amont des cours d'eau. Récemment la demande croissante de produits pour le marché urbain en expansion, a incité les agriculteurs à convertir les terres ripariennes en vergers. L'horticulture est principalement une activité de la saison sèche, mais on cultive aussi le cours supérieur des têtes de fleuves pendant la saison des pluies, soit en légumes, soit en riz de plateau. Les effets de ces changements d'affectation des terres sur la qualité de l'eau des fleuves sont très mal connus.

LA VÉGÉTATION RIPARIENNE, COMME FILTRE DES SÉDIMENTS

L'efficacité avec laquelle la végétation riparienne filtre les polluants dépend de la nature des polluants. Elle retient généralement mieux les sédiments que les polluants qu'ils transportent, car ils sont habituellement attachés à des particules plus fines plus difficiles à retenir; quant aux contaminants dissous, ce sont les plus difficiles à réduire (Karssies et Prosser, 1999). La végétation riparienne filtre principalement les sédiments par les procédés suivants (Karssies et Prosser, 1999; Mander et Hayakawa, 2005):

- en renforçant l'infiltration (c'est-à-dire en réduisant le volume des eaux de ruissellement) et en augmentant la rugosité de la surface (c'est-à-dire en réduisant la vitesse des ruissellements), ce qui favorise le dépôt des sédiments – mécanisme dont l'efficacité varie en fonction de nombreux facteurs, tels que les caractéristiques des précipitations et la topographie riparienne;
- en protégeant les rives des fleuves et les sols ripariens de l'érosion directe;
- en filtrant les particules solides;
- en absorbant les polluants;

La demande croissante des marchés urbains incite les agriculteurs à établir des jardins potagers sur les terres ripariennes bordant le fleuve Mekong (Luang Prabang, République démocratique populaire lao)



Les bambous ont d'importantes fonctions écologiques ripariennes, telles que l'ombrage, la régulation de la température de l'eau et des habitats situés dans les cours d'eau (à gauche); toutefois, comme ils couvrent mal le sol, ils semblent peu efficaces pour piéger les eaux de ruissellement et les sédiments (à droite)



O. VIGIAR

- en capturant les nutriments avant qu'ils atteignent les cours d'eau.

Les sols des zones ripariennes absorbent aussi les polluants, et les microbes présents dans le sol absorbent les nutriments.

L'infiltration est de loin le principal mécanisme de filtrage des ruissellements de surface. Toutefois, lorsque les écoulements souterrains sont importants, la percolation et la saturation peuvent entraver l'infiltration (McKergow *et al.*, 2004).

L'efficacité avec laquelle la végétation riparienne piège les sédiments dépend de nombreux facteurs, tels que la vitesse des flux d'eau entrants, la taille des particules sédimentaires, la configuration hydrologique et topographique de la zone riparienne, et le couvert et le type de végétation (Karssies et Prosser, 1999).

EFFICACITÉ DES DIFFÉRENTS TYPES DE VÉGÉTATION

La densité, la hauteur et le type de végétation sont les principaux paramètres qui ont une incidence sur la capacité de la végétation à retenir les sédiments dans les sols ripariens (Karssies et Prosser, 1999).

La densité de la végétation est importante, en particulier à la surface du sol, car les tiges offrent une résistance aux eaux de ruissellement, ce qui réduit la vitesse à laquelle elles s'écoulent et favorise le dépôt des particules. La densité de la végétation devrait être uniforme; les herbes stolonifères (qui s'étendent par les tiges latérales, appelées stolons, rampent sur le sol et engendrent de nouvelles pousses sur toute leur longueur) et les herbes rampantes sont les plus efficaces, alors que les touffes peuvent concentrer les écoulements (Karssies et Prosser, 1999). Un couvert végétal de 45 pour cent au minimum est recommandé pour un bon effet tampon. La

hauteur devrait être d'au moins 10 à 15 cm pour que la végétation ne soit pas submergée par l'eau qui s'écoule à la surface.

L'effet du type de végétation est plus controversé. L'herbe peut être plus efficace que la végétation ligneuse pour réduire l'érosion des rives et piéger les sédiments, mais des interventions sont nécessaires car les processus de succession tendent à favoriser la végétation ligneuse (Lyons, Trimble et Paine, 2000). Les herbes filtrantes colonisent rapidement de nouveaux sédiments qui ne sont donc pas éliminés par les ruissellements successifs; elles devraient être pérennes, résistantes aux inondations et à la sécheresse, capables de pousser après une inondation partielle et elles ne doivent pas envahir d'autres écosystèmes (Karssies et Prosser, 1999).

À moins d'avoir un sous-bois dense, la forêt est considérée comme le tampon le moins efficace car les troncs sont dispersés et les écoulements se concentrent souvent en rigoles, ce qui les rend plus érosifs. La litière n'est qu'un réceptacle temporaire: elle piège les sédiments, mais ils sont chassés par les ruissellements successifs (Karssies et Prosser, 1999; McKergow *et al.*, 2004). Cependant, les arbres et les arbustes peuvent être bénéfiques à d'autres égards pour les cours d'eau, notamment en les ombrageant et en régularisant la température de l'eau, ce qui favorisera la production primaire et les habitats situés dans les rivières (Lyons, Trimble et Paine, 2000). La forêt devrait donc être bordée par une bande d'herbe pour piéger les sédiments provenant des terrains adjacents. Pour le sud-est des États-Unis, Sheridan, Lowrance et Bosch (1999) ont recommandé l'établissement de forêts ripariennes-tampons constituées de trois zones: une bande d'herbes filtrantes adjacente aux champs, ayant pour principale fonction de

diffuser les ruissellements de surface, sous forme d'écoulement en nappe; une première zone boisée, où se produisent l'infiltration et la sédimentation, et une deuxième zone boisée pour protéger et stabiliser les rives du fleuve.

Les peuplements de bambous sont communs près des cours d'eau. Grâce à leur structure touffue et à leur canopée fermée, la rivière est bien ombragée, mais la végétation de sous-étage peut être clairsemée. Dans le sud-ouest et le centre-ouest des États-Unis, l'espèce indigène de bambou *Arundinaria gigantea* s'est avérée efficace pour filtrer les sédiments, l'azote et le phosphore (Blattel *et al.*, 2005; Schoonover *et al.*, 2006). Pourtant l'efficacité avec laquelle le bambou filtre les sédiments n'a pratiquement fait l'objet d'aucune autre étude de terrain.

EFFICACITÉ COMPARÉE DU BAMBOU, DE L'HERBE ET DU RIZ

Pour évaluer l'efficacité avec laquelle la végétation riparienne naturelle ou cultivée piège les sédiments, une expérience pratique a été conduite dans la tête d'un petit bassin versant dans le nord de la République populaire démocratique lao (bassin versant de Houay Pano, Province de Luang Prabang). Une forte production de sédiments (plus de 10 tonnes par hectare et par an) a été associée aux cultures annuelles pratiquées dans ce bassin versant (Chaplot *et al.*, 2005).

La tête du bassin versant reçoit en moyenne 1 300 mm de pluie par an, essentiellement durant la mousson, qui dure de la mi-mai à la mi-octobre. Le bassin versant est représentatif du système d'agriculture sur brûlis sans apport d'intrants pratiqué en Asie du Sud-Est. En 30 ans, la durée de la jachère a été raccourcie de 10-15 ans à

2-5 ans (Lestrelin et Giordano, 2006). L'altitude s'échelonne entre 400 m et plus de 800 m. Le tronçon principal du cours d'eau est un fleuve pérenne de second ordre à la topographie irrégulière mais en pente forte. Les zones ripariennes sont principalement de forme convexe ou convexe-concave, abruptes et étroites. Les rives du cours d'eau sont hautes et abruptes.

Les zones ripariennes situées le long du cours d'eau de Houay Pano sont recouvertes à plus de 43 pour cent d'une végétation herbacée et broussailleuse dominée par *Microstegium ciliatum* (appelée ici «herbe indigène»), alors que les bambous, en particulier *Dendrocalamus* sp. et *Cephalostachium virgatum*, n'occupent que 19 pour cent de ces zones. Les sites d'herbes indigènes et de bambous diffèrent par le couvert du sol et la canopée (tableau 1); leur efficacité en matière de filtrage des sédiments devait donc aussi logiquement différer. Le reste de ces zones ripariennes du bassin versant est recouvert de bananiers (15 pour cent), de forêts (15 pour cent), de manioc (6 pour cent) et d'herbe à éléphant (une espèce fourragère cultivée, *Pennisetum purpureum*) (3 pour cent).

Pendant deux saisons des pluies, les volumes des eaux de ruissellement et la concentration de sédiments dans les écoulements entrant et sortant des sites ripariens de bambous et d'herbes indigènes ont été mesurés dans des fossés à ciel ouvert (Vigiak *et al.*, 2008). Deux sites de bambous et deux sites d'herbes indigènes ont fait l'objet d'une surveillance en 2005 et, en 2006, un site de chaque type a été contrôlé. Les sites différaient par leur topographie, leurs conditions en amont et la largeur de la zone tampon. En 2006, la végétation adjacente aux sites ripariens a été défrichée et du riz de plateau a été

TABLEAU 1. Caractéristiques moyennes des types de végétation riparienne naturelle, estimées sur des parcelles de 3 m x 3 m durant la saison des pluies de 2005 (juillet–octobre 2005), Houay Pano (*n* = 12)

Type de végétation	Canopée (%)	Couvert du sol (%)	Densité des tiges herbacées (<i>n/m</i> ²)	Biomasse herbacée (<i>g/m</i> ²)	Hauteur du sous-étage (<i>m</i>)
Pastura nativa	85	88	355	435	0.75
Bambú	70	39	64	45	0.27

TABLEAU 2. Caractéristiques des sites ripariens pour la surveillance des flux d'eau et de sédiments, bassin versant de Houay Pano, République démocratique populaire lao

Année/site	Type de végétation	Pente (%)	Largeur ^a (<i>m</i>)	Utilisation des terres d'amont
2005				
NG1	Herbes indigènes	16	11,6	Jachère de 3 ans
NG2	Herbes indigènes	58	10,4	Teck
BB1	Bambou	20	8,8	Jachère de 2 ans
BB2	Bambou	70	7,9	Banane
2006				
NG3	Herbes indigènes	75	5,1	Jachère de 2 ans
R_NG	Riz de plateau	65	7,0	Jachère de 2 ans
BB3	Bambou	49	3,9	Banane
R_BB	Riz de plateau	48	5,2	Banane

^a La largeur est la distance horizontale de la zone tampon objet de la surveillance.

planté pour servir de témoin et évaluer l'impact du défrichage et de la culture sur sol riparien (tableau 2).

La figure 1 montre les volumes totaux des eaux de ruissellement et la charge solide (en sédiments) entrant et sortant des sites ripariens d'herbes indigènes et de bambous durant les périodes de surveillance. Deux sites d'herbes indigènes ont réduit le volume d'eau, puisque le volume sortant était inférieur au volume entrant. Dans le troisième, les ruissellements sortants n'étaient que légèrement supérieurs aux

ruissellements entrants. Dans les trois sites de bambous, le volume d'eau était plus élevé à la sortie qu'à l'entrée, ce qui indique que l'infiltration de l'eau de pluie et les ruissellements entrants étaient limités. Les sédiments étaient plus concentrés dans les ruissellements sortant des sites ripariens que dans les ruissellements entrants, en particulier dans les sites sous bambous. Les sites de bambous apportaient donc des sédiments dans le cours d'eau alors que l'herbe indigène était généralement un réservoir de sédiments.

Les deux types de végétation étaient cependant de bien meilleurs filtres que le riz de plateau. La figure 2 montre des «boîtes à moustaches» du ratio de la concentration de sédiments dans les écoulements sortants mesurée dans des parcelles adjacentes, entre le riz de plateau (sites R_BB et R_NG) et le bambou ou l'herbe indigène (BB3 et NG3, respectivement) lors de 17 événements durant la saison de la mousson 2006. Le graphique montre que les ruissellements sortant des parcelles sous riz de plateau avaient une concentration en sédiments plus forte que les parcelles adjacentes. De fait, la concentration de



Dans les têtes de bassins versants montagneux de la République démocratique populaire lao, les zones ripariennes sont abruptes et étroites; leur défrichage au profit du riz ou d'autres cultures annuelles peut avoir un impact négatif grave sur la qualité de l'eau

sédiments dans les eaux de ruissellement sortant des parcelles de riz de plateau était en moyenne trois fois plus élevée que dans les ruissellements sortant du site de bambous adjacent, et neuf fois plus élevée que dans les ruissellements sortant du site d'herbes indigènes.

CONSEQUENCES POUR LA GESTION

La rétention de sédiments mesurée dans les sites ripariens du bassin versant de Houay Pano était faible. La configuration naturelle des terres ripariennes dans cette tête de bassin versant – abrupte, étroite et argileuse – limite considérablement les possibilités de piégeage des sédiments et des polluants *in situ*. Des suintements ont fréquemment été observés au cours de l'étude, un phénomène courant dans les terres ripariennes des zones tropicales humides (McKergow *et al.*, 2004; Sidle, Tani et Ziegler, 2006). Les suintements inhibent l'infiltration et la résistance du sol au détachement et au transport et pourraient provoquer des glissements de terrain et un effondrement des rives du cours d'eau.

La culture de plantes annuelles dans ce type d'environnement favorise une production élevée de sédiments (ex. Chaplot *et al.*, 2005). Étant donné les conclusions de cette étude, il ne faut pas compter uniquement sur la capacité de filtrage de la végétation riparienne pour améliorer la qualité de l'eau. Une bonne gestion des terres ripariennes ne saurait se substituer à une bonne gestion des terres en pentes, mais elle est essentielle dans les endroits où la culture des pentes se fait plus intensive.

Dans le nord de la République démocratique populaire lao, les terres ripariennes offrent d'importantes opportunités de revenu pour la population rurale. Grâce à leurs pentes relativement douces et à la présence d'eau pour l'irrigation, les terres ripariennes se prêtent particulièrement bien à la culture de légumes dont les prix montent sur le marché. Toutefois, comme les terres ripariennes sont proches des cours d'eau, leur exploitation a une incidence sur la qualité de l'eau. La présente étude a montré que la culture de riz de plateau sur les terres ripariennes a conduit à une augmentation de la concentration de sédiments dans l'eau qui ruisselle à la surface et se déverse dans le fleuve.

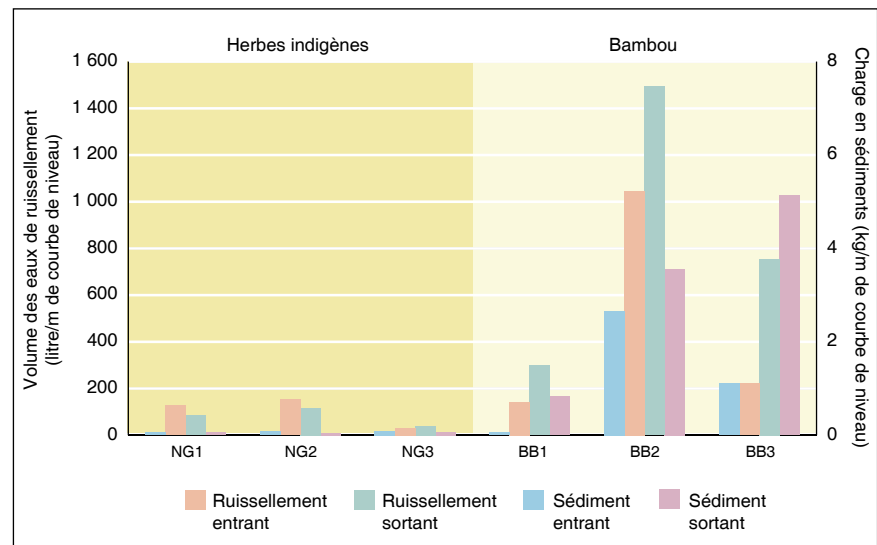
Les herbes indigènes se sont avérées le couvert végétal le plus efficace pour filtrer l'eau de surface entrante et, ce faisant,

réduire les sédiments qui se déversent dans les fleuves. Bien qu'il fournisse des produits précieux aux communautés locales, le bambou, naturel ou planté, n'est pas efficace pour réduire la pollution des fleuves par les sédiments. Comme ces résultats sont en contraste avec ceux de Schoonover *et al.* (2006), des recherches plus poussées doivent être effectuées pour confirmer l'impact du bambou sur la conservation des sols et des eaux et sur la qualité de l'eau.

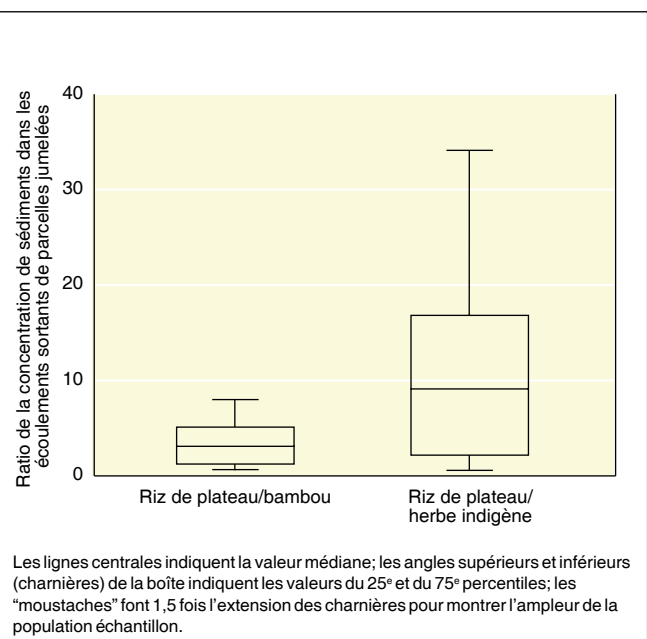
L'étude n'a traité qu'un seul aspect de la relation entre la végétation riparienne et la qualité de l'eau. Les effets du bambou, en termes de protection des rives contre l'érosion sont mal compris, de même que son impact sur les habitats situés dans les cours d'eau. Il est donc recommandé, ainsi qu'on le préconise aux États-Unis

(Sheridan, Lowrance et Bosch, 1999), de combiner l'établissement ou la gestion de peuplements de bambous dans les zones ripariennes, à l'établissement ou à l'entretien d'une bande d'herbe, en amont du cours d'eau, pour renforcer le piégeage des sédiments. ♦

1
Volume des eaux de ruissellement et charge en sédiments entrant et sortant des sites d'herbes indigènes et de bambous, bassin versant de Houay Pano, République démocratique populaire lao, saisons de la mousson 2005 et 2006



2
"Boîte à moustaches" des ratios de la concentration de sédiments dans les écoulements sortants, dans des parcelles du bassin versant de Houay Pano, 2006 (n = 17)





Bibliographie

- Blattel, C.R., Williard, K.J., Baer, S.G. et Zaczek, J.J.** 2005. Abatement of ground water phosphate in giant cane and forest riparian buffers. *Journal of the American Water Resources Association*, 41(2): 301-307.
- Chaplot, V., Coadou le Brozec, E., Silvera, N. et Valentin, C.** 2005. Spatial and temporal assessment of linear erosion in catchments under sloping lands of northern Laos. *Catena*, 63: 167-184.
- de Beer, J.H. et McDermott, M.J.** 1996. *The economic value of non-timber forest products in Southeast Asia*. Amsterdam, Pays-Bas, Netherlands Committee for the World Conservation Union (IUCN). 2^e éd.
- Karssies, L.E. et Prosser, I.P.** 1999. *Guidelines for riparian filter trips for Queensland irrigators*. CSIRO Land and Water Technical Report 32/99. Canberra, Australie, Organisation de la recherche scientifique et industrielle du Commonwealth (CSIRO).
- Lestrelin, G. et Giordano, M.** 2007. Upland development policy, livelihood change and land degradation: interactions from a Laotian village. *Land Degradation and Development*, 18: 55-76.
- Lyons, J., Trimble, S.W. et Paine, L.K.** 2000. Grass versus trees: managing riparian areas to benefit streams of central North America. *Journal of the American Water Resources Association*, 36: 919-930.
- Mander, U. et Hayakawa, Y.** 2005. Purification processes, ecological functions, planning and design of buffer zones in agricultural watersheds. *Ecological Engineering*, 24: 421-432.
- McKergow, L.A., Prosser, I.P., Grayson, R.B. et Heiner, D.** 2004. Performance of grass and rainforest riparian buffers in the wet tropics, Far North Queensland. 2. Water quality. *Australian Journal of Soil Research*, 42: 485-498.
- Roder, W., Phengchanh, S. et Maniphone, S.** 1997. Dynamics of soil and vegetation during crop and fallow period in slash-and-burn fields on northern Laos. *Geoderma*, 76: 131-144.
- Schoonover, J.H., Williard, K.W.J., Zaczek, J.J., Mangun, J.C. et Carver, A.D.** 2006. Agricultural sediment reduction by giant cane and forest riparian buffers. *Water, Air and Soil Pollution*, 169: 303-315.
- Sheridan, J.M., Lowrance, R. et Bosch, D.D.** 1999. Management effects on runoff and sediment transport in riparian forest buffers. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers (ASAE)*, 42: 55-64.
- Sidle, R.C., Tani, M. et Ziegler, A.D.** 2006. Catchment processes in Southeast Asia: atmospheric, hydrologic, erosion, nutrient cycling, and management effects. *Forest Ecology and Management*, 224: 1-4.
- Vigiak, O., Ribolzi, O., Pierret, A., Sengtaheuanghoung, O. et Valentin, C.** 2008. Trapping efficiencies of cultivated and natural riparian vegetation of northern Laos. *Journal of Environmental Quality* (sous presse). ♦

Protection hydrologique pratique pour les forêts tropicales: l'expérience de la Malaisie

N.A. Chappell et H.C. Thang

Les synergies entre la recherche hydrologique et la certification de la gestion des forêts naturelles dans les zones tropicales humides donnent lieu à des normes pour la protection des eaux qui sont aussi partiellement applicables aux plantations forestières et aux systèmes agroforestiers.

Structure de jaugeage
d'un cours d'eau dans la
zone tampon du bassin
versant expérimental
de Baru où se pratique
la coupe d'écrouissage,
Malaisie orientale



N.A. CHAPPELL

Les ressources en eau sont indispensables pour les populations, l'écologie et le développement économique dans les zones boisées comme dans celles non boisées. Étant donné que les forêts naturelles tropicales échappent à la contamination par les produits chimiques artificiels, comme ceux présents dans les paysages urbains ou issus de l'agriculture intensive, leur eau est souvent beaucoup moins dangereuse pour la santé humaine. Paradoxalement, en raison de la qualité inhérente de l'environnement des forêts naturelles, les normes de protection environnementale relatives aux forêts où se pratique la coupe d'écrouissage, y compris leurs besoins hydrologiques, sont bien plus rigoureuses que les normes relatives aux terres non boisées.

Les directives pour la protection hydrologique pendant les opérations forestières abondent dans la littérature forestière et hydrologique mondiale (Megahan, 1977;

Cassells, Gilmour et Bonell, 1984; FAO, 1996, 1999; Sabah Forestry Department, 1998; Hamilton, 2004; Thang et Chappell, 2004, par exemple). Elles comprennent des mesures visant à protéger l'état des sols, de l'eau et des éléments nutritifs, la réalimentation des principaux aquifères, le microclimat et l'évaporation, et les ressources fluviales. Toutefois, dans certaines des directives publiées, manque une base scientifique crédible, d'autres sont contradictoires, quelques-unes ne sont pas économiquement viables, d'autres encore ne sont applicables directement que dans des environnements tempérés, certaines sont tellement complexes qu'il faudrait avoir un doctorat en hydrologie pour pouvoir les appliquer et, enfin, certaines ont même des impacts négatifs sur quelques aspects du système hydrologique.

Le présent article analyse la base hydrologique des normes comprises dans le système malaisien de critères et indicateurs de

Nick A. Chappell est hydrologue forestier à l'Université de Lancaster, Lancaster, Royaume-Uni, et conduit des recherches en collaboration avec des hydrologues et forestiers malaisiens.

Thang Hooi Chiew était Directeur général adjoint, Forestry Department Peninsular Malaysia (Département des forêts de la Malaisie péninsulaire), et travaille activement à l'élaboration de critères et indicateurs de gestion forestière durable et certification.

la certification de la gestion forestière, qui a été utilisée pour certifier les pratiques forestières dans 4,7 millions d'hectares de forêts classées permanentes dans quatre États de la Malaisie péninsulaire: Selangor, Pahang, Terengganu et Negeri Sembilan. L'incorporation de normes hydrologiques dans le système de certification assure leur application universelle dans toutes les unités de gestion forestière certifiées. L'article identifie ce que les auteurs considèrent comme la norme hydrologique la plus importante – la zone tampon du cours d'eau – et examine son application hors des forêts naturelles tropicales, mesure qui est importante car de nombreuses forêts naturelles certifiées sont converties, à l'heure actuelle, à l'agriculture, à l'agroforesterie et à l'urbanisation en l'absence de normes hydrologiques certifiées. Les enseignements tirés du secteur forestier relativement bien développé de Malaisie, en particulier ceux étayés par une recherche hydrologique approfondie, pourraient être appliqués aussi à d'autres pays tropicaux.

NORMES DE PROTECTION HYDROLOGIQUE

Les critères et indicateurs de certification de la gestion forestière malaisiens (Thang, 1996; MTCC, 2001, 2004) contiennent des normes de performance ou vérificateurs utilisées pour favoriser le système hydrologique grâce à la protection du couvert et du terrain forestiers (sols et eau). Certaines de ces normes visent directement la protection hydrologique, alors que d'autres, notamment celles destinées à réduire les dommages collatéraux causés au couvert, ont un impact indirect sur les phénomènes hydrologiques. La perturbation du couvert due à l'ouverture de chemins forestiers et ensuite à la récolte d'écrouillage, par exemple, peut être minimisée par l'exploitation à impact limité (Pinard, Putz et Tay, 2000) qui vise à réduire les dégâts infligés au peuplement résiduel, aux jeunes tiges en particulier, et à la biodiversité (Thang, 1987). Cette technique a l'avantage hydrologique indirect de diminuer les changements du microclimat forestier et de combattre la baisse de l'évapotranspiration (Nik et Harding, 1992; Chappell *et al.*, 2004b), tout en réduisant la perte de biomasse et son effet sur les fuites d'éléments nutritifs et de carbone (Yusop, 1989).

Du point de vue quantitatif, la sédi-

mentation et la turbidité des cours d'eau sont les principaux aspects hydrologiques imputables à l'exploitation commerciale des forêts naturelles tropicales, comme l'a signalé une étude récente (Chappell *et al.*, 2004b). Des recherches menées récemment, en Malaisie en particulier, ont montré que l'érosion, l'effondrement des ponceaux de troncs creux (le long des voies d'accès et des pistes de débardage secondaires), ainsi que les glissements de terrain, peuvent augmenter la sédimentation des cours d'eau de 5 à 50 fois directement après la récolte d'écrouillage (Chappell *et al.*, 2004a,b). L'accumulation de sédiments compromet l'habitat de la faune aquatique, augmente les risques de crues en aval, accroît les coûts du traitement de l'eau potable et conduit à l'inondation des lits de corail en mer.

Les normes forestières susceptibles de réduire ces changements et de promouvoir la remise en état rapide sont donc les plus importantes pour la protection hydrologique. Dans les forêts de production des forêts classées permanentes de Malaisie, l'érosion, l'effondrement des ponceaux de bois et les glissements de terrain sont liés en premier lieu aux perturbations du terrain, qui se produisent le long des pistes de débusquage (chemins utilisés par les débusqueuses à chenilles dans les parcs à grumes) et les pistes de débardage (chemins aménagés pour les grumiers), par les abattages à la lame, le compactage, le nivellement et les franchissements des cours d'eau. L'ouverture du couvert n'est qu'un facteur secondaire (Chappell *et al.*, 2004a). Bien que les critères et indicateurs malaisiens préconisent la réduction au minimum des pistes de débusquage et de débardage, la relation entre la densité des réseaux de chemins ou de pistes et les apports de sédiments est complexe, du fait que les réseaux sont, dans une large mesure, séparés des cours d'eau permanents (rivières et fleuves) (Sidle *et al.*, 2004). Cependant, lorsque les sédiments atteignent les cours d'eau permanents, ils sont facilement transportés en aval sur de grandes distances.

Les parties les plus sensibles du paysage, du point de vue hydrologique, sont les voies d'eau permanentes et leurs points d'intersection avec les chemins ou les pistes (Chappell *et al.*, 2007). Conformément aux critères et indicateurs pour la Malaisie péninsulaire, il faudra délimiter, le long de

tous les cours d'eau permanents, une zone tampon de 10 m de large (5 m de chaque côté du cours d'eau) où l'accès des véhicules et la coupe des arbres sont limités aux franchissements des cours d'eau dotés de ponts et de ponceaux.

Tous les systèmes de critères et indicateurs ne s'accordent pas quant à l'emplacement et aux dimensions recommandés de ces zones tampons. D'après certains forestiers, les cours d'eau éphémères où, par définition, l'eau ne coule que pendant les orages, devraient être protégés (FAO, 1999; Cassells et Bruijnzeel, 2004), alors que d'autres estiment que la protection n'est pas nécessaire pour ceux de moins de 5 m de large (Sist, Dykstra et Fimbel, 1998). Dans les zones tropicales humides, où la densité de drainage (la longueur du cours d'eau permanent par unité de surface du bassin versant) est très élevée, si l'on établissait des zones tampons pour les cours d'eau éphémères, elles pourraient absorber 40 pour cent du paysage (Thang et Chappell, 2004). En outre, Chappell *et al.* (2004a) ont démontré que la sédimentation est la plus élevée dans les cours d'eau se situant le long de ceux du premier au troisième ordre (c'est-à-dire des voies d'eau permanentes aux petites rivières). Cela montre qu'il n'est pas indispensable de protéger les cours d'eau éphémères mais qu'il est important de doter de zones tampons toutes les rivières et les ruisseaux permanents. Cette recherche confirme donc la norme hydrologique appliquée universellement dans les forêts classées des États malaisiens de Selangor, Pahang, Terengganu et Negeri Sembilan.

Dans un bassin versant expérimental de la forêt classée d'Ulu Segama en Malaisie orientale, il a été observé que les glissements provoqués par la construction de routes se déplaçaient de 150 à 500 m (Chappell *et al.*, 2004a). Bien que les pistes de débardage dans cette zone étaient

Distance moyenne des pistes de débardage par rapport aux cours d'eau permanents, bassin versant expérimental de Baru, Forêt classée d'Ulu Segama, Malaisie orientale

Type de cours d'eau	Distance (m)
Cours d'eau de premier ordre	87
Cours d'eau de second ordre	158
Cours d'eau de troisième ordre	255

Source: Chappell *et al.*, 2004a.



Glissement de terrain de 500 m au-dessous d'une piste de débardage secondaire peu de temps après la défaillance (bassin versant expérimental de Baru)

tracées et construites correctement, elles étaient plus près que cela des cours d'eau permanents (voir le tableau), ce qui indique que les sédiments créés par des matériaux de déblais et remblais mal gérés peuvent atteindre les cours d'eau permanents. Ainsi, bien que la zone tampon puisse protéger l'eau en interdisant aux débusqueuses d'utiliser les cours d'eau comme route de transport, son rôle n'est pas de piéger les sédiments venant de l'amont. Ziegler *et al.* (2006), travaillant dans des paysages agricoles au nord du Viet Nam, ont également mis en doute l'efficacité des zones tampons, même celles de 50 m de large, dans le piégeage des sédiments. Bren (2000) et Chappell *et al.* (2006) ont laissé entendre que la prédiction de l'efficacité de piégeage des zones tampons ou de l'emplacement des sols sensibles aux perturbations le long des berges des cours d'eau est actuellement trop incertaine pour consentir l'application pratique de zones tampons de largeur variable dans les forêts.

Bien qu'il soit défendu aux débusqueuses d'utiliser les cours d'eau comme routes dans les zones d'exploitation à impact limité (Sabah Forestry Department, 1998, par exemple), les points d'intersection des pistes de débusquage avec les cours d'eau permanents peuvent déterminer dans les ruisseaux des apports de sédiments qui passent ensuite dans les rivières. Les critères et indicateurs pour la Malaisie péninsulaire

préconisent divers systèmes de franchissement des cours d'eau à l'aide soit des ponceaux soit des ponts. Une recherche hydrologique s'impose pour faire en sorte que les franchissements autorisés, y compris l'emploi de troncs creux qui pourraient s'effondrer au bout de quelques années, soient à la fois hydrologiquement viables et économiques dans le long terme. Le débardage par hélicoptères et le téléphérage par câble aérien, mis à l'essai sur des pentes escarpées en Malaisie orientale (Mannan et Awang, 1997), peuvent réduire sensiblement le nombre de chemins forestiers par l'élimination de l'emploi de débusqueuses dans ces zones (FAO, 1996). Bien que la diminution des franchissements des cours d'eau devrait limiter la sédimentation de ces derniers, il est encore trop tôt pour mesurer directement l'impact de ces différentes méthodes de débardage dans les tropiques à l'échelle du bassin versant. Les principaux chemins de débardage dotés de ponceaux en béton, de ponts aménagés et de revêtement de gravier, sont conçus de telle manière que leur effet sur les sédiments devrait disparaître assez rapidement après la construction (Forestry Department Peninsular Malaysia, 1999).

La certification dans les forêts classées des États de Selangor, Pahang, Terengganu et Negeri Sembilan a encouragé l'application de pratiques améliorées d'exploitation étayées par une recherche hydrologique fondamentale (Thang et Chappell, 2004). Les gestionnaires fonciers devraient demander si l'application de ces conclusions pourrait servir aussi à la protection hydrologique lors du défrichement de la forêt, de l'établissement de plantations d'essences tropicales ou de la mise en œuvre de systèmes agroforestiers.

PROTECTION DANS LES FORÊTS NATURELLES ET LES PLANTATIONS NON CERTIFIÉES

Comme décrit plus haut, pour la protection contre les principaux changements hydrologiques survenant dans les forêts naturelles tropicales, l'établissement d'une zone tampon de 10 m de large le long de tous les ruisseaux et rivières permanents pendant les opérations d'exploitation s'avère efficace. Dans les forêts où il ne serait pas économiquement viable de respecter toutes les normes environnementales matérielles nécessaires pour obtenir la certification des évaluateurs internationaux, cette seule

norme, si elle est suivie rigoureusement, a de bonnes possibilités de garantir la protection des ressources hydriques dans les forêts naturelles.

Dans de nombreuses zones où l'on prévoit la conversion des forêts naturelles aux plantations, systèmes agroforestiers ou autres utilisations des terres, on pourrait mettre en doute l'utilité de limiter les coupes d'arbres le long de toutes les berges de cours d'eau permanents. Cependant, la recherche a montré que l'établissement d'une zone tampon conforme aux critères et indicateurs de certification de la gestion forestière en Malaisie péninsulaire limiterait l'exploitation forestière (à l'exception des franchissements «bien aménagés») à 7 pour cent seulement du paysage aux fins de la protection des voies d'eau (Thang et Chappell, 2004) – à savoir moins que la superficie de forêts classées normalement destinée à la protection de ressources biologiques et physiques. En outre, une telle zone tampon pourrait protéger la plupart des petites rivières les plus sensibles au plan hydrologique (c'est-à-dire, moins de 5 m de largeur du lit) qui sont les plus nombreuses dans le paysage mais les moins protégées dans la plupart des forêts tropicales (Thang et Chappell, 2004; Chappell *et al.*, 2007). Si ces bandes de forêt naturelle ne peuvent être maintenues, on obtiendrait encore des avantages hydrologiques considérables en limitant autant que faire se peut l'emploi de débusqueuses dans la zone tampon de 10 m le long des cours d'eau permanents. La conservation de ces bandes protégerait aussi les habitats de la faune aquatique en réduisant la perturbation des régimes de température de l'eau associée au défrichement de la forêt (Davies et Nelson, 1994). De fait, les critères et indicateurs provisoires pour les plantations forestières malaisiennes (MTCC, 2007) préconisent la délimitation de la zone tampon de 10 m le long de tous les cours d'eau pendant et après l'établissement des plantations.

Dans les systèmes agroforestiers ou agricoles intensifs et dans certaines plantations forestières, l'emploi de pesticides et d'engrais artificiels augmente considérablement la nécessité de définir et protéger les cours d'eau. Dans les berges saturées, où les produits chimiques peuvent atteindre l'eau rapidement du fait qu'ils sont généralement transportés plus aisément par ruissellement qu'à travers les flux souterrains, interdire leur emploi est la meilleure façon d'éviter

qu'ils deviennent dangereux pour la santé humaine: dans ce cas, les zones tampons le long des berges où l'application directe de produits chimiques est exclue devront probablement dépasser 5 m de large pour être efficaces (McKergow *et al.*, 2004). La présence de la forêt naturelle le long de ces berges réduit aussi le risque de ruissellement car elle intensifie l'évaporation et l'infiltration et augmente l'absorption des éléments nutritifs s'écoulant le long des pentes, réduisant par là même la pénétration de produits chimiques dans le lit des cours d'eau (McDowell, 2001).

CONCLUSIONS

Les deux décennies de recherches sur les pratiques forestières et les processus hydrologiques dans les forêts naturelles de Malaisie, qui sous-tendent la certification des pratiques forestières hydrologiquement rationnelles dans les forêts classées des États de Selangor, Pahang, Terengganu et Negeri Sembilan, fournissent des conclusions pouvant servir à la gestion forestière durable d'autres pays des zones tropicales humides. Les techniques d'exploitation à impact limité appliquées dans plusieurs États malaisiens contribuent au maintien du fonctionnement hydrologique des rivières dans les forêts naturelles (Nik et Harding, 1992; Yusop, 1989; Chappell *et al.*, 2004b; Thang et Chappell, 2004, par exemple). Ces rivières revêtent une importance considérable pour l'approvisionnement en eau potable car elles ne sont pas contaminées par les produits chimiques artificiels. Toutefois, c'est en agissant sur la sédimentation que les pratiques forestières influencent le plus les cours d'eau présents dans les forêts naturelles gérées pour une production à long terme de bois (Chappell *et al.*, 2004b).

Les normes hydrologiques de performance des critères et indicateurs de certification de la gestion forestière pour la Malaisie péninsulaire proposent des mesures visant à atténuer les impacts sur la sédimentation (Thang et Chappell, 2004).

Malgré l'intensification récente de la recherche hydrologique dans les forêts naturelles tropicales (Bonell et Bruijnzeel, 2004), l'impact de nombreuses pratiques forestières sur les systèmes hydrologiques tropicaux est encore faiblement quantifié. Les quantités et les sources des sédiments, en particulier, sont extrêmement difficiles à calculer avec précision à cause du caractère épisodique de leur apport, de l'hétérogénéité de leurs origines et des moyens technologiques perfectionnés exigés pour ce type de mesure (Douglas *et al.*, 1999; Chappell *et al.*, 2004a). Malgré ces incertitudes, il est clair que les petits cours d'eau permanents – du fait qu'ils incorporent la partie majeure de la longueur des rivières permanentes (Chappell *et al.*, 2007) et reçoivent les apports les plus élevés de sédiments par unité de surface du bassin versant (Chappell *et al.*, 2004a) – ont tous besoin de protection. Dans les systèmes forestiers certifiés de la Malaisie péninsulaire, l'établissement de zones tampons étroites le long de petites rivières permanentes:

- réduit la possibilité pour les débusqueurs d'utiliser les petits cours d'eau comme route, limitant ainsi l'érosion du lit;
- exige l'établissement de ponceaux ou de ponts à tous les points d'intersection des chemins et des pistes avec les cours d'eau permanents, réduisant ainsi la perturbation du lit et interrompant certaines des voies empruntées par les sédiments glissant le long des pentes vers les cours d'eau;

- préserve le couvert forestier et, dès lors, le microclimat le long du parcours des voies d'eau.

Ces avantages considérables peuvent s'obtenir en limitant l'abattage et l'accès de véhicules dans une zone relativement limitée (moins de 10 pour cent) du paysage.

Bien que seules de rares études ont été menées sur les impacts hydrologiques des pratiques forestières dans les forêts naturelles tropicales, et ont formulé des stratégies d'atténuation, aucune ne s'est vraiment penchée sur la question de la turbidité des rivières dans les plantations tropicales (Bonell et Bruijnzeel, 2004; Chappell, Tych et Bonell, 2007). Il est urgent d'appliquer les résultats des études sur cette turbidité aux bassins versants comprenant des plantations, et d'entreprendre de nouvelles études à l'échelle du bassin versant sur ce problème et sur la qualité de l'eau dans les plantations de bois d'œuvre ou de palmiers à huile. La recherche hydrologique permettrait aussi de comparer la valeur et les impacts économiques de zones tampons de différentes dimensions dans les terrains destinés aux plantations forestières ou aux systèmes agroforestiers. ♦



Bibliographie

- Bonell, M. et Bruijnzeel, L.A.** 2004. *Forests, water and people in the humid tropics*. Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
- Bren, L.J.** 2000. A case study in the use of threshold measures of hydrologic loading in the design of stream buffer strips. *Forest Ecology and Management*, 132: 243–257.
- Cassells, D.S. et Bruijnzeel, L.A.** 2004. Guidelines for controlling vegetation, soil and water impacts of timber harvesting in the humid tropics. Dans M. Bonell et L.A. Bruijnzeel, éd., *Forests, water and people in the humid tropics*. Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
- Cassells, D.S., Gilmour, D.A. et Bonell, M.** 1984. Watershed forest management practices in the tropical rainforests of north-eastern Australia. Dans C.L. O'Loughlin et A.J. Pearce, éd., *Effects of land use on erosion and slope stability*. Vienne, Autriche,



Zone tampon dans le bassin versant expérimental de Baru, 17 ans après la première coupe d'écrémage

- Union internationale des instituts de recherches forestières (IUFRO).
- Chappell, N.A., Douglas, I., Hanapi, J.M. et Tych, W.** 2004a. Source of suspended-sediment within a tropical catchment recovering from selective logging. *Hydrological Processes*, 18: 685–701.
- Chappell, N.A., Thang, H.C., Sinun, W. et Bidin, K.** 2007. Practical hydrological protection of tropical forests: Malaysia's scientific contribution. Presented at the International Conference on Nature Conservation in Sabah: the Quest for the Gold Standard, Kota Kinabalu, Sabah, Malaisie, 26–27 novembre.
- Chappell, N.A., Tych, W. et Bonell, M.** 2007. Development of the *forSIM* model to quantify positive and negative hydrological impacts of tropical reforestation. *Forest Ecology and Management*, 251: 52–64.
- Chappell, N.A., Tych, W., Yusop, Z., Rahim, N.A. et Kasran, B.** 2004b. Spatially-significant effects of selective tropical forestry on water, nutrient and sediment flows: a modelling-supported review. Dans M. Bonell et L.A. Bruijnzeel, éd., *Forests, water and people in the humid tropics*. Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
- Chappell, N.A., Vongtanaboon S., Jiang, Y. et Tangtham, N.** 2006. Return-flow prediction and buffer designation in two rainforest headwaters. *Forest Ecology and Management*, 224: 131–146.
- Davies, P.E. et Nelson, M.** 1994. Relationship between riparian buffer widths and the effects of logging on stream habitat, invertebrate community composition, and fish abundance. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 45: 1289–1305.
- Douglas, I., Bidin, K., Balamurgan, G., Chappell, N.A., Walsh, R.P.D., Greer, T. et Sinun, W.** 1999. Role of extreme events in the impacts of selective tropical forestry on erosion during harvesting and recovery phases at Danum Valley, Sabah. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B.*, 354: 1749–1761.
- FAO.** 1996. *Code modèle FAO des pratiques d'exploitation forestière*, par D.P. Dykstra et R. Heinrich. Rome.
- FAO.** 1999. *Code of practice for forest harvesting in Asia-Pacific*, par P.B. Durst. RAP Publication 1999/12. Bangkok, Thaïlande, Bureau régional de la FAO pour l'Asie et le Pacifique.
- Forestry Department Peninsular Malaysia.** 1999. *Specification of forest roads for Peninsular Malaysia*. Kuala Lumpur, Malaisie.
- Hamilton, L.S.** 2004. Red flags of warning in land clearing. Dans M. Bonell et L.A. Bruijnzeel, éd., *Forests, water and people in the humid tropics*. Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
- Mannan, S. et Awang, Y.** 1997. Sustainable forest management in Sabah. Presented at the Seminar on Sustainable Forest Management, Kota Kinabalu, Sabah, Malaisie, 22 novembre 1997.
- McDowell, W.H.** 2001. Hurricanes, people, and riparian zones: controls on nutrient losses from forested Caribbean watersheds. *Forest Ecology and Management*, 154: 443–451.
- McKergow, L.A., Prosser, I.P., Grayson, R.B. et Heiner, D.** 2004. Performance of grass and rainforest riparian buffers in the wet tropics, Far North Queensland. 2. Water quality. *Australian Journal of Soil Research*, 42: 485–498.
- Megahan, W.F.** 1977. Reducing erosional impacts of roads. Dans *Aménagement des bassins versants*. Rome, FAO.
- MTCC.** 2001. *Malaysian criteria, indicators, activities and standards of performance for forest management certification (MC&I)*. Kuala Lumpur, Malaisie, Malaysia Timber Certification Council (MTCC).
- MTCC.** 2004. *Malaysian criteria and indicators for forest management certification (MC&I, 2002)*. Kuala Lumpur, Malaisie
- MTCC.** 2007. *Malaysian criteria and indicators for forest management certification (forest plantations)*. Kuala Lumpur, Malaisie. (Version préliminaire, 27 mars.)
- Nik, A.R. et Harding, D.** 1992. Effects of selective logging methods on water yield and streamflow parameters in Peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Forest Science*, 5: 130–154.
- Pinard, M.A., Putz, F.E. et Tay, J.** 2000. Lessons learned from the implementation of reduced-impact logging in hilly terrain in Sabah, Malaisie. *International Forestry Review*, 2: 33–39.
- Sabah Forestry Department.** 1998. *RIL operation guide book: specifically for tracked skidder use*. Sandakan, Malaisie.
- Sidle, R.C., Sasaki, S., Otsuki, M., Noguchi, S. et Nik, A.R.** 2004. Sediment pathways in a tropical forest: effects of logging roads and skid trails. *Hydrological Processes*, 18: 703–720.
- Sist, P., Dykstra, D. et Fimbel, R.** 1998. *Reduced-impact logging guidelines for lowland and hill dipterocarp forests in Indonesia*. Occasional Paper N. 15. Bogor, Indonésie, Centre pour la recherche forestière internationale (CIFOR).
- Thang, H.C.** 1987. Forest management-systems for tropical high forest, with special reference to Peninsular Malaysia. *Forest Ecology and Management*, 21: 3–20.
- Thang, H.C.** 1996. Formulation and implementation of criteria and indicators for sustainable forest management in Malaysia. Dans S. Appanah, M. Shamsudin, H.C. Thang et I. Parlan, éd., *Proceedings of the Workshop on Forest Management Certification*, Kuala Lumpur, Malaisie, 12–13 décembre 1996. Kuala Lumpur, Forestry Research Institute of Malaysia (FRIM).
- Thang H.C. et Chappell, N.A.** 2004. Minimising the hydrological impact of forest harvesting in Malaysia's rain forests. Dans M. Bonell et L.A. Bruijnzeel, éd., *Forests, water and people in the humid tropics*. Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
- Yusop, Z.** 1989. Effects of selective logging methods on dissolved nutrient exports in Berembun Watershed, Peninsular Malaysia. Dans *Proceedings of the Regional Seminar on Tropical Forest Hydrology*, Kuala Lumpur, Malaisie, 4–9 septembre 1989. Kuala Lumpur, FRIM.
- Ziegler, A.D., Tran, L.T., Giambelluca, T.W., Sidle, R.C., Sutherland, R.A., Nullet, M.A. et Tran, D.V.** 2006. Effective slope lengths for buffering hillslope surface runoff in fragmented landscapes in northern Vietnam. *Forest Ecology and Management*, 224: 104–118. ♦

Projets de terrain de la FAO portant sur la gestion des bassins versants – quelques exemples

Des projets en République populaire démocratique de Corée et au Tadjikistan illustrent comment la FAO aide les pays à améliorer la gestion des bassins versants à travers le renforcement des capacités, le développement institutionnel et les activités sur le terrain.

À la demande des pays membres, la FAO met en œuvre de nombreux projets de coopération technique portant sur la gestion des bassins versants. Ces projets incluent généralement des volets de renforcement des capacités locales et nationales et de développement institutionnel ainsi que des activités pilotes en vue de lutter contre la dégradation des ressources naturelles, sur le terrain.

En République populaire démocratique de Corée, par exemple, deux bassins versants ont été sélectionnés pour des activités pilotes. Un plan de gestion global a été élaboré sur une base participative pour chaque bassin versant. Le projet a mis en place des essais de boisement, d'agroforesterie et de cultures intercalaires, et une surveillance des sédiments dans les champs en pente et les cours d'eau. Un atelier national suivi par une cinquantaine de fonctionnaires du gouvernement spécialisés en foresterie, agriculture, météorologie et télédétection, ainsi que par des chercheurs et du personnel de terrain, était centré sur la préparation d'un programme national d'investissement à moyen et long termes dans la gestion intégrée et participative des bassins versants.

S'appuyant sur la prise de conscience et les compétences techniques développées grâce au projet, l'Académie des sciences forestières travaille actuellement à l'élaboration d'un plan de gestion du bassin versant du fleuve Taedong qui traverse Pyongyang, la capitale du pays.

Au Tadjikistan, dans le bassin versant choisi pour le projet pilote, des activités de boisement, d'agroforesterie, de remise en état des ravins, de gestion des pâturages, de construction d'étangs piscicoles ont été mises en œuvre, et des technologies d'irrigation au goutte à goutte ont été essayées. Une serre moderne a été construite pour abriter une pépinière d'arbres. Les participants aux sessions de formation et aux voyages d'étude organisés en Inde et au Népal ont déjà commencé à mettre en pratique les nouvelles connaissances qu'ils ont acquises sur le site du projet pilote.

Grâce aux travaux d'un groupe spécialisé dans la gestion des pâturages, la technique du pâturage contrôlé a été introduite, la végétation s'est reprise et la dégradation a été considérablement limitée. Le groupe de travail sur l'eau a introduit un calendrier

La nouvelle génération de programmes et projets de gestion des bassins versants

En 2002, en prévision de l'Année internationale de l'eau douce 2003, la FAO a lancé un examen mondial des pratiques de gestion des bassins versants au titre explicite: «Préparer la prochaine génération de programmes de gestion des bassins versants».

L'examen faisait intervenir environ 80 institutions et 300 professionnels du monde entier, dans le cadre d'une enquête et de quatre ateliers régionaux. Il a culminé dans la Conférence interrégionale sur les ressources en eau pour l'avenir, tenue en octobre 2003 à Sassari (Italie). Quatre études de cas, dont deux nationales (Burundi et Népal) et deux régionales (Amérique latine et bassin méditerranéen) et cinq volumes des Actes des Ateliers et de la Conférence ont été publiés. Le produit phare est l'Étude FAO Forêts N° 150, *The new generation of watershed management programmes and projects*, un guide à l'intention des professionnels et des décideurs locaux qui décrit la voie à suivre pour la gestion des bassins versants. L'approche recommandée se caractérise principalement par:

- des programmes à plus long terme (au

moins dix ans, sur deux phases ou plus), négociés avec les parties prenantes locales, pour mettre en place un processus en continu pour la gestion des bassins versants;

- des processus locaux, coordonnés à une échelle plus grande que le bassin versant – c'est-à-dire à l'échelle du bassin fluvial ou de la région – pour prendre pleinement en compte les interactions amont/aval;
- la responsabilité de l'exécution confiée à des institutions locales relativement informelles, comme des forums de gestion des bassins versants, et un rôle de facilitation plus accessoire qu'auparavant pour les institutions formelles (autorités gouvernementales compétentes en la matière);
- la priorité donnée à la gestion des ressources naturelles, dans le cadre des processus de développement socioéconomique locaux;
- une collaboration multi parties prenantes établissant un lien entre les préoccupations sociales, techniques et politiques dans un processus d'apprentissage et de prise de décision pluraliste;

- un système de suivi et d'évaluation "relativement valable et bon marché" davantage centré sur les modifications de l'écosystème que sur les performances de gestion, fondé sur l'union des connaissances locales et scientifiques et faisant intervenir diverses parties prenantes locales dans la collecte, l'analyse et l'interprétation des données.

Publications et documentation disponibles en ligne:

www.fao.org/forestry/site/forestsandwater

d'irrigation servant à allouer une quantité déterminée d'eau d'irrigation à chaque ménage à une date spécifique. Grâce à l'installation des conduites, les ménages ont maintenant de l'eau potable qui vient directement de la source. Un groupe de femmes sur la

création de revenu s'est employé à établir un fonds renouvelable qui est à présent utilisé pour la mise en œuvre de projets de petites entreprises. Une nouvelle unité de gestion des bassins versants a été créée à l'Institut de recherche en édaphologie.

Dans les deux pays, les bassins versants choisis pour les activités pilotes sont devenus des sites de démonstration et de formation attractifs pour diffuser des approches modernes de gestion intégrée et participative des bassins versants.



FAO/T. HOFER

Plan de gestion d'un bassin versant pilote en République populaire démocratique de Corée, vu par un artiste et placé à l'entrée du bassin versant pour sensibiliser le public



FAO/T. HOFER

Essai de culture intercalaire pour réduire l'érosion du sol, République populaire démocratique de Corée



FAO/T. HOFER

Plan de gestion d'un bassin versant pour le site pilote du Tadjikistan



FAO/T. HOFER



FAO/T. HOFER

Bassin versant pilote au Tadjikistan avant le projet (à gauche) et un an après sa mise en œuvre (à droite)

Les forêts, les arbres et l'eau dans les terres arides: un équilibre précaire

M. Malagnoux, E.H. Sène et N. Atzmon

Dans les zones arides, où l'eau est une ressource très convoitée, on ne devrait planter d'arbres que dans la mesure où c'est nécessaire et possible.

Les zones arides sont parmi les écosystèmes les plus fragiles du monde du fait des sécheresses récurrentes et de la surexploitation croissante des maigres ressources. Les zones arides et semi arides occupent environ un tiers de la superficie des terres de la planète et comptent à peu près un milliard d'habitants, souvent parmi les plus pauvres du monde.

Les forêts, les arbres et les plantes herbacées sont des composantes essentielles des écosystèmes des zones arides et aident à maintenir des conditions qui permettent aux populations humaines de pratiquer l'agriculture, l'élevage extensif ou de s'assurer des moyens d'existence. En fournissant des produits (en particulier du bois de feu et des produits non ligneux) et des services environnementaux aux ruraux pauvres et en contribuant à la diversification des sources de revenu de ces ménages, les forêts et les arbres des zones arides contribuent aux stratégies de lutte contre la pauvreté et réduisent l'insécurité alimentaire.

Environ 6 pour cent du couvert forestier de la planète (soit à peu près 230 millions d'hectares) se trouve dans des zones arides (FAO, 2001). Les arbres hors forêts (épars dans le paysage, les champs, les pâturages,

les savanes et les steppes, les terres improductives et les zones urbaines) ont un rôle vital dans les zones arides, mais il est difficile d'évaluer la superficie qu'ils occupent.

Les disponibilités d'eau – eau de surface, eau souterraine, et humidité de l'air – sont le principal facteur qui limite la distribution naturelle des arbres dans les zones arides, avec le climat (précipitations, températures, vent) et la qualité du sol. Chaque espèce d'arbre est adaptée à des conditions déterminées et située dans sa «niche». Quand les conditions optimales sont généralisées dans une zone, les formations forestières ou broussailleuses peuvent couvrir de vastes étendues, mais il est plus fréquent que, du fait du manque d'eau, la végétation soit concentrée dans les endroits où les eaux de ruissellement de peuvent s'accumuler et où l'eau souterraine est accessible. C'est ce qui explique que l'on trouve des arbres et des buissons inégalement répartis, par exemple dans la brousse tigrée (peuplements broussailleux fragmentés), les forêts ripariennes, le fond des vallées (thalwegs) et les oasis, ou isolés dans le paysage.

Cependant, la distribution naturelle de la végétation est depuis longtemps altérée par les activités humaines. La déforestation et la dégradation des formations arborées et arbustives (principalement pour convertir les terres à l'agriculture) et la surexploitation des forêts et des terres boisées (à cause de la récolte de bois de feu et du surpâturage) sont parmi les principales causes de la dégradation des sols dans les zones arides. En outre, le réchauffement de la planète devrait se traduire par une diminution des précipitations dans la plupart des zones arides, aggravant ainsi la pénurie d'eau et les risques de désertification.

De nombreuses méthodes visant à enrayer la déforestation, la dégradation et la désertification reposent sur des activités de boi-

Michel Malagnoux était Forestier (zones arides) au Service de la conservation des forêts du Département des forêts de la FAO, jusqu'à son départ à la retraite en septembre 2007. Directeur de la Division des ressources forestières du Département des forêts de la FAO jusqu'à son départ à la retraite en 2004, **El Hadji Sène** réside actuellement à Dakar, Sénégal. **Nir Atzmon** travaille au Département de l'agronomie et des ressources naturelles, Institute of Field and Garden Crops, Agriculture Research Organization, Volcani Centre, Bet-Dagan, Israël.

Le présent article est adapté de Malagnoux, 2007.



Les arbres sont répartis en fonction des disponibilités d'eau; certains individus survivent même dans le désert, loin de toute autre végétation (Mauritanie)

sement. Toutefois, avant de se mettre à planter des arbres, il convient d'examiner attentivement le bilan hydrique.

LE COUVERT FORESTIER TEND À RECULER

Déforestation

La conversion des forêts au profit des cultures agricoles et des pâturages est la principale cause de la déforestation galopante dans les zones arides. Dans de nombreux endroits, les systèmes dominants basés sur les cultures itinérantes et l'alternance culture-jachère ne peuvent plus être pratiqués et la mise en culture permanente de la même pièce de terre, souvent sans qu'il y ait de rotation des cultures, conduit à l'épuisement des sols et oblige à rechercher de nouvelles terres. Des terres boisées dégradées faute d'entretien sont maintenant carrément défrichées. La pression croissante sur les pâturages et la récolte anarchique de bois de feu et

d'autres produits débouchent aussi sur la dégradation et la destruction des forêts.

Les forêts et les terres boisées restantes sont parfois menacées par des attaques de ravageurs et des foyers de maladies, mais ce sont des phénomènes rares dans les milieux extrêmement secs. Les feux de forêt sont une menace constante dans les zones arides, même si les incendies très étendus sont moins fréquents que dans d'autres régions. En raison de la faible accumulation de matières combustibles due au surpâturage, l'extension des zones brûlées est limitée. Les feux ravagent néanmoins les forêts, la brousse et les terres boisées, en particulier dans les écosystèmes arides, et constituent une menace pour des niches écologiques abritant des reliquats de forêts riches en diversité biologique.

Désertification

La Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement

(CNUED, 1992) a donné la définition suivante de la désertification: «dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines». La désertification ne désigne pas l'avancée des déserts existants, mais l'effet de forces qui conduisent à une dégradation localisée de la terre. Elle suit de près la déforestation et l'épuisement des sols. Exposés au soleil, au vent et à la pluie, les sols appauvris perdent leur matière organique et leur structure, ainsi que leurs éléments nutritifs. Les particules fines sont soulevées par le vent dans des tempêtes de poussière et les grains de sable deviennent mobiles et gagnent d'autres terres. La surexploitation des forêts, des arbres, de la brousse, des pâturages et des sols a accéléré la désertification.

La désertification est un problème planétaire qui touche directement 250 millions

Peuplements d'*Acacia* dans le Sahel et leurs interactions avec l'eau

L'eau est une ressource rare et convoitée dans la région du Sahel. Elle est très disputée et quand il y en a, elle est rapidement utilisée par les hommes, les animaux et les espèces végétales. Les *Acacia* spp. ont une interaction particulièrement sensible avec l'eau. Les années où il pleut beaucoup, ces arbres se régénèrent complètement à partir des semences que l'on a récoltées durant plusieurs années et qui sont prêtes à germer dès que les conditions deviennent favorables. Les *Acacia* spp. poussent aussi généralement en abondance là où la topographie, les caractéristiques du sol et l'économie locale de l'eau facilitent leur germination et leur croissance, ce qui donne un aspect très caractéristique au paysage.

Les peuplements d'*Acacia nilotica* préfèrent les sols alluviaux profonds accumulés année après année avec les crues des fleuves. Les jeunes plants survivent à ces crues à condition que leurs cimes ne soient pas immergées. Ils se régénèrent avec profusion et se développent rapidement pour devenir des plantules robustes capables de survivre à d'autres inondations. Ils peuvent ensuite former des bouquets équiennes robustes dans des peuplements réguliers. *Acacia nilotica* est apprécié pour son bois, ses feuilles et ses cosses et fait partie des systèmes d'élevage de bétail des vallées fluviales, des plaines inondables et des régions lacustres

du Sahel. C'est l'une des espèces d'acacias les plus productives de la région.

Acacia seyal est une espèce à bois tendre qui pousse sur des sols lourds et forme des peuplements étendus. Utilisés pour nourrir les animaux d'élevage, ils assurent aussi la plupart des approvisionnements en bois de feu et en charbon de bois des villes soudano-sahéliennes, de sorte que leur superficie s'est considérablement réduite. La terre qu'ils occupaient auparavant au Soudan est maintenant utilisée pour des cultures extensives de sorgho industriel. Les peuplements d'*Acacia seyal* se développent généralement sur des sols noirs caractéristiques de vastes plaines temporairement inondables. Quoique de courte durée, ces inondations favorisent le développement de peuplements équiennes comme ceux que forme *A. nilotica*. À l'instar d'*Acacia senegal* et de

Combretum spp., *A. seyal* produit de grandes quantités de gommages.

Acacia senegal est la principale espèce productrice de gomme arabique de la région Sahélienne. En particulier au Tchad, au Mali, en Mauritanie, au Sénégal et au Soudan, cette espèce produit la meilleure qualité de gomme arabique. La forme et la dispersion de ses peuplements, souvent par pièces étendues mais localisées, dépendent beaucoup des précipitations. Des saisons des pluies occasionnelles favorables déclenchent une régénération explosive d'*A. senegal*, ce qui explique la présence de grands peuplements équiennes sur des sols sableux apparemment incapables de retenir l'eau. L'espèce pousse aussi en peuplements denses sur des sols alluviaux dans des dépressions où se sont accumulées de fines particules alluviales.

Boisements naturels d'*Acacia seyal* et d'*Acacia senegal*, Soudan



FAO/FO 0382/C JAM MBERG-LERCHIE

de personnes, en particulier sur le continent africain, constitué pour les deux tiers de terres arides et de déserts. Cependant, aux États-Unis, plus de 30 pour cent des terres sont aussi touchées par la désertification, tandis que dans la région Amérique latine et Caraïbes, les déserts et les terres arides représentent un quart du territoire. En Espagne, un cinquième des terres risque de revenir à l'état de déserts. En Chine, depuis les années 50, les mouvements de sable et la dégradation ont causé la destruction de près de 700 000 hectares de terres cultivées, 2,35 millions d'hectares de parcours, 6,4 millions d'hectares de forêts, de terres boisées et de formations arbustives. Dans le monde, environ 70 pour cent des 5,2 milliards d'hectares de terres arides utilisées pour l'agriculture sont dégradés et à risque de désertification (FAO, 2007a).

Effets du changement climatique sur les terres arides

Les forêts non perturbées peuvent jusqu'à un certain point s'adapter à des changements climatiques et édaphiques, mais pas sur le long terme: des études paléobotaniques indiquent que les changements climatiques passés ont détruit des types de végétation dominants et favorisé leur remplacement par des formations végétales nouvelles. D'après la plupart des modèles prédictifs, le réchauffement de la planète aura une incidence sur les terres arides en augmentant les températures et en réduisant les précipitations tout autour du globe (sauf dans le sud-ouest de l'Amérique latine, où des oscillations australes El Niño plus fréquentes devraient atténuer les risques de sécheresse) (UCAR, 2005). Les modèles prédisent des augmentations de la fréquence et/ou de l'intensité des sécheresses. On prévoit aussi une augmentation des risques d'incendie dans les forêts et les terres boisées restantes. Les hausses de température conduisent à une augmentation de l'évaporation et à une aggravation du manque d'eau. Toutes ces tendances entraînent une aggravation des risques de désertification. Dans de nombreux endroits, la végétation est déjà confrontée à des conditions rudes avec des températures proches du seuil léthal. Toute augmentation de ces températures maximales entraînera des pertes de végétation irréversibles.

Dans les zones arides, le changement climatique entraînera principalement une

baisse de productivité de l'agriculture, des parcours et des forêts, ainsi qu'une perte de biodiversité, de matière organique du sol et de fertilité, qui aggraveront la pauvreté et l'insécurité alimentaire. Des populations seront contraintes d'émigrer. D'ici 2020, on prévoit que 135 millions de réfugiés pour cause environnementale (dont 60 millions de personnes qui seront déplacées en Afrique subsaharienne) quitteront leurs terres à cause de la désertification (FAO, 2007b). Déjà confrontés à la baisse de productivité des parcours naturels, les pasteurs nomades et transhumants pourraient être obligés de se sédentariser. La concentration des troupeaux autour de leurs nouvelles maisons a déjà causé la disparition de presque tout le couvert végétal autour de nombreux habitats humains et autour des puits et d'autres sources d'eau qui fournissent toute l'année de l'eau potable aux hommes et aux animaux. Les politiques d'appui à la sédentarisation des pasteurs nomades sont faibles dans beaucoup de pays.

Un autre problème vient du fait que les populations d'arbres vieillissent en raison du surpâturage des jeunes plants qui empêche la régénération naturelle des peuplements. Les vieux arbres perdent peu à peu leur résilience au stress climatique, si bien qu'il suffit d'un événement climatique pour détruire toute une forêt. Ainsi, la plupart des forêts d'*Acacia nilotica* de la vallée du fleuve Sénégal ont péri au début des années 70, après une grave sécheresse.

La restauration du couvert de végétation des terres des zones arides peut contribuer à atténuer les effets du changement climatique en accroissant l'absorption et le stockage du carbone, même si la quantité de carbone fixée par unité de surface est modeste. La superficie de terres arides à restaurer est tellement immense qu'elle offre de bonnes possibilités comme puits à carbone. Les aspects économiques de ces types de programmes devraient cependant être étudiés et documentés avec soin.

ENRAYER LA TENDANCE À LA DÉGRADATION

Éliminer les causes

La première chose à faire est de s'attaquer aux causes anthropiques de la désertification. Les gens pauvres sont obligés pour survivre d'exploiter toutes les ressources auxquelles ils ont accès. Il conviendrait d'éviter la surexploitation en les aidant à satisfaire leurs besoins essentiels, par des

activités génératrices de revenu. On peut réduire la pauvreté en plantant des arbres (pour les produits et les services qu'ils procurent) dans d'importants programmes de boisement, regroupés dans des parcelles boisées, des plantations en ligne, des brise-vent, des haies, ou isolés dans des champs ou dans le paysage.

Favoriser la régénération naturelle en protégeant les terres

La façon la plus évidente de remettre en état un couvert de végétation est de le protéger des causes qui entraînent sa dégradation, à savoir le plus souvent l'exploitation (récolte et pâturage) et les incendies. La végétation peut se propager naturellement, même sur des terres nues, mais le processus est souvent lent. La protection pose parfois des problèmes car elle demande une grande attention et doit être maintenue sur une longue période. La plantation d'arbres, de buissons et de végétaux herbacés accélère le processus. Ensuite, les terres remises en état doivent être gérées dans une optique de durabilité.

Le cas de l'aire protégée d'Abéché au Tchad mérite d'être cité. En 1961, 305 hectares infertiles parsemés de quelques acacias (*A. raddiana*, *A. senegal* et *A. mellifera*) ont été entourés d'une clôture de fil de fer barbelé et surveillés avec attention en vue de protéger le bassin versant. En dix ans, sans que l'on ait rien planté, tout le sol était recouvert de végétation. Après 45 ans de protection pratiquement ininterrompue, on distingue clairement la zone protégée des terres environnantes, dans les images-satellite.

Boisements, fixation des dunes de sable et ceintures vertes

La plantation de forêts sur des terres auparavant non boisées peut être efficace pour remettre en état l'environnement. Durant la deuxième moitié du XX^e siècle, de nombreuses plantations forestières ont été établies sur des terres arides partout dans le monde, le plus souvent à des fins de protection ou de production de bois de feu, et le rythme des programmes de boisement s'est accéléré (FAO, 2006a,b). Ces programmes ont utilisé diverses espèces (souvent exotiques) et techniques, avec des niveaux d'investissement faibles (boisements non irrigués) ou élevés (boisements non irrigués avec aménagement des terres, ou irrigués à partir de la nappe



Sur des terres précédemment nues à Abéché, Tchad, des mesures de protection mises en place dans les années 60 ont permis de remettre en état le couvert de végétation

phréatique, d'aquifères profonds ou avec des eaux usées). Les succès et les échecs de ces plantations constituent à présent de précieuses sources d'information pour les activités futures.

De nombreux pays du monde (Chili, Chine, Danemark, France, République islamique d'Iran, Mauritanie, Niger, Sénégal et Viet Nam) ont mis au point des techniques de boisement pour fixer les dunes de sable qui tendent à se déplacer. Dans les zones arides, des programmes locaux, mais aussi des programmes nationaux ou internationaux de grande envergure appliquent ces techniques pour protéger des terres productives, des infrastructures et des habitats humains. Ces plantations produisent aussi souvent du bois et des produits non ligneux.

De nombreuses villes des contrées arides ont planté des ceintures vertes à la fois pour protéger leurs habitants et leurs infrastructures contre les tempêtes de poussière et les intrusions de sable et pour influencer le microclimat. Les terres arables, les périmètres d'irrigation, les voies ferrées, les routes, les canaux et les dunes côtières sont aussi protégés par des programmes spéciaux.

Les programmes de boisement à plus grande échelle ayant pour objectif la bonification des terres existent depuis longtemps. Ils ont été mis en œuvre en France et en Allemagne aux dix-huitième et dix-neuvième siècles, ainsi qu'aux États-Unis après la Dust Bowl (région transformée en désert de poussière, sous l'action du vent) de 1935. En Algérie, la FAO et le Programme alimentaire mondial (PAM) ont lancé le programme «Chantiers populaires de reboisement» en 1966. En 1971,

l'Algérie a mis en place le programme du «Barrage vert», prévoyant l'établissement d'une ceinture boisée de 20 km de large en bordure du désert du Sahara qui s'étendrait sur 1 500 km entre la frontière ouest et la frontière est du pays et représenterait une superficie de 3 millions d'hectares. En 2003, seuls 100 000 hectares avaient été plantés, principalement en *Pinus halepensis* (Belaaz, 2003). Après cette initiative nationale, certains pays nord-africains (Maroc, Algérie, Tunisie et Jamahiriya arabe libyenne) ont lancé un programme régional similaire, la ceinture verte de l'Union du Maghreb arabe (UMA) pour le nord du Sahara mais, depuis les années 90, il ne semble pas avoir beaucoup avancé.

En 1978, la Chine a mis en place le projet dit de la «Grande muraille verte», selon lequel 9 millions d'hectares avaient été boisés au bout de dix ans. Dans le cadre de la phase actuelle du projet, rebaptisé «Nouvelle grande muraille», 5 millions d'hectares supplémentaires seront plantés d'ici à 2010 (Ratcliff, 2003). Des tempêtes de poussière continuent de sévir à Beijing, mais la poussière atmosphérique est transportée sur de si grandes distances que les effets de ces efforts de reverdissement pourraient bien ne pas se voir avant plusieurs décennies.

L'Union africaine a lancé en décembre 2006 le projet «Une muraille verte pour le Sahara» à Abuja (Nigéria), pour tenter de stopper et d'enrayer la désertification aux frontières méridionale et septentrionale du Sahara. Le projet se fera en coopération avec tous les pays concernés et d'autres organisations et programmes tels que le Nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique (NEPAD), le Programme

d'opérations pour une gestion durable des sols (PO 15) du Fonds pour l'environnement mondial (FEM), la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification et l'Initiative TerrAfrica. Le projet ne consiste pas seulement à établir quelques rangées d'arbres, il assurera la gestion durable et intégrée des ressources et la remise en état de l'environnement (grâce à la plantation d'arbres, à la remise en état des parcours et à des activités d'agriculture, mises en œuvre uniquement dans la mesure où elles sont réalisables et durables), dans une ceinture aussi large que possible. Ce projet sera étalé sur plusieurs générations.

Les résultats obtenus avec les opérations «ceinture verte» ont considérablement varié en fonction de l'échelle des programmes de boisement, de la qualité des méthodes adoptées, de leur adaptation aux conditions locales et de la qualité de la gestion des plantations. Une étude approfondie du climat, des sols, de l'eau, des utilisations des terres et des conditions socioéconomiques est toujours nécessaire. Les disponibilités locales et la demande d'eau doivent toujours être prises en considération (voir plus loin). Les initiatives de création de ceintures vertes doivent aussi tenir compte des précédentes affectations des terres, des structures de la propriété et des causes de la déforestation et de la désertification, notamment des produits forestiers, des pâturages et des terres agricoles dont les populations ont besoin, et leur offrir d'autres solutions pour répondre à ces besoins. Les populations locales devraient être associées à toutes les phases du processus, de la conception à la gestion des nouvelles ressources. On évitera les grands peuplements monospécifiques d'arbres auxquels on préférera dans la mesure du possible une mosaïque de différents types de végétation (avec notamment des champs cultivés et des pâturages). Les essences locales seront privilégiées; plusieurs projets ont mis en évidence les problèmes posés par les espèces exotiques qui peuvent devenir envahissantes dans leur nouvel environnement.

AMÉLIORER LE BILAN HYDRIQUE

Les forêts naturelles et les plantations d'arbres améliorent le cycle de l'eau en réduisant les ruissellements de surface et en facilitant la réalimentation de la nappe phréatique. Il a souvent été proposé de

planter des arbres pour accroître les précipitations. D'après les estimations, 60 pour cent des pluies tombées sur la forêt amazonienne sempervirente humide proviennent de l'évapotranspiration de la forêt elle-même (TheAmazon.org, 2007). Cependant, pour que les boisements augmentent de façon significative les précipitations dans les zones environnantes, il faut que d'immenses étendues soient converties en forêt (Avisar et Otte, 2007).

Toutefois, les arbres consomment aussi de l'eau. Plus le système aérien des arbres est développé, plus ils transpirent d'eau. Il n'est pas toujours souhaitable de planter des arbres dans les zones arides dans la mesure où ils peuvent consommer plus d'eau qu'ils n'en rejettent. Certains pays comme l'Afrique du Sud, ont imposé une taxe sur l'eau que consomment les forêts. Dans certaines circonstances où les arbres absorbent toute l'eau de pluie, il peut être plus avisé de récolter cette eau dans un bassin versant nu, de la stocker dans un réservoir et de l'utiliser pour irriguer des cultures agricoles de haute valeur marchande. Par exemple à Yatir, Israël, où la pluviométrie annuelle est limitée à 270 mm par an, plus de 3 000 hectares ont été plantés en *Pinus halepensis* non irrigués au début des années 60 dans le cadre d'un projet de boisement à grande échelle. Bien que la forêt permette de séquestrer le carbone et fournisse des moyens d'existence aux communautés environnantes (en particulier avec le bois de feu et des produits non ligneux tels que résines, fourrage et

plantes médicinales et aromatiques), elle absorbe toute l'eau de pluie. De plus, la forêt a altéré la biodiversité de la région, car de nouveaux prédateurs menacent les espèces endémiques. Un rapport de Rueff et Schwartz (2007) indique que l'eau, que le bassin versant aurait fournie s'il n'avait pas été boisé, aurait davantage contribué à la lutte contre la pauvreté si elle avait été utilisée pour l'agriculture. D'après ces mêmes auteurs, des boisements à plus petite échelle, par exemple sur les parcelles des fermiers, pourraient produire des avantages similaires avec moins d'inconvénients, car les systèmes mixtes basés sur la plantation d'arbres et de cultures agricoles perturbent moins l'environnement, améliorent les rendements agricoles, conservent l'eau et les sols et fournissent du bois de feu aux agriculteurs.

Les populations locales ont mis en œuvre différents systèmes de récolte de l'eau pour arroser leurs cultures et leurs arbres. Une technique a été mise au point en s'inspirant du modèle de la brousse tigrée, qui existe dans la nature à la transition entre des peuplements continus de brousse et la steppe enherbée (Malagnoux, 2008). Lorsqu'il ne tombe pas suffisamment de pluie pour maintenir un couvert de végétation continu, on a un couvert de végétation fragmenté, séparé par des bandes de terre plus ou moins larges. Les ruissellements provenant des bandes de terre nues fournissent à la végétation l'eau dont elle a besoin; les bandes de terre se comportent donc comme de petits bassins versants. Des agronomes ont perfectionné ces techniques traditionnelles, et des forestiers les ont adaptées à la taille et aux besoins de leurs arbres. L'échelle de la remise en état des terres a été considérablement accrue grâce à des

technologies mécanisées qui ont permis de travailler la terre plus rapidement et pour un moindre coût, et de creuser des bandes plus profondes pour mieux retenir l'eau.

Dans tout programme de boisement axé sur la lutte contre la désertification, le bilan hydrique actuel et futur du peuplement devrait être systématiquement estimé pour chaque phase de son évolution. Il faudrait promouvoir des pratiques sylvicoles appropriées – choix des essences, superficie à planter, densité de boisement, éclaircies, élagage, recépage, émondage en têtard et, le cas échéant, conversion à un couvert végétal plus durable, par exemple d'un peuplement dense en forêt parc ou en prairie – de façon à ce que la consommation annuelle d'eau reste inférieure à l'apport annuel. Tout programme de lutte contre la désertification ou activité de reverdissement devrait être envisagé à l'échelle du paysage. On ne doit planter d'arbres que si c'est réellement nécessaire et là où c'est possible.

Outre la pluie, il existe d'autres sources d'eau, telles que l'eau recyclée et les aquifères profonds, dont il faut tenir compte. Beaucoup de terres arides et de déserts ont des nappes souterraines profondes qui pourraient être exploitées. Pendant une courte période, certaines activités de remise en état pourraient reposer sur des aquifères fossiles, mais elles ne seront durables que si les quantités d'eau qui viennent réalimenter la nappe sont égales ou supérieures aux volumes d'eau prélevés. Avec l'urbanisation croissante des contrées arides, la foresterie urbaine et d'autres programmes d'aménagement d'espaces verts basés sur des types de végétation moins gourmands en eau que les arbres (broussailles et plantes herbacées, par exemple) gagnent en importance. On utilise plus d'eau recyclée dans ces programmes, y compris des eaux usées dans quelques pays, et cette pratique va peu à peu se développer à l'avenir.

CONSERVATION ET GESTION RATIONNELLE

Lorsque l'on parle de gestion rationnelle et durable de la terre, du couvert de végétation, des ressources en eau et de la biodiversité, cela signifie que seule la partie renouvelable, c'est-à-dire leur production effective, est utilisée, ce qui garantit la conservation du capital et de sa capacité productive. La gestion durable des terres inclut:

De l'eau tirée d'un puits peu profond sert à irriguer des arbres plantés dans le cadre d'activités de stabilisation des dunes de sable, Niger; quand les racines descendront jusqu'à la nappe phréatique, les arbres n'auront plus besoin d'être arrosés



FAO/FO-07/07/S. BRAATZ

FAO/FO-07/07/S. BRAATZ

- l'agriculture de conservation (perturbation minimale du sol, retour maximal de la matière organique au sol, couvert permanent du sol et rotation des cultures);
- la gestion rationnelle des pâturages (avec ajustement de la pression à la capacité de charge);
- la planification de la gestion polyvalente des forêts.

Il est capital de s'assurer la participation des populations et des communautés locales, en faisant fond sur leurs connaissances et leurs pratiques traditionnelles. La gestion rationnelle des terres suppose que les droits de jouissance des terres soient bien définis. En donnant aux populations un plus grand pouvoir de décision sur les ressources et en leur garantissant un accès équitable à ces ressources, on s'assurera leur engagement à long terme vis-à-vis de leur conservation. Des programmes de lutte contre la désertification doivent être intégrés dans des plans et stratégies de développement nationaux, en particulier pour réduire la pauvreté, éliminer les contraintes institutionnelles, législatives ou infrastructurelles et faciliter la gestion conjointe des projets de développement.

CONCLUSIONS

Les forêts et les arbres des zones arides jouent un rôle important dans la stabilisation des sols, la lutte contre la désertification, la protection des bassins versants et d'autres fonctions. En outre, ils fournissent du bois (en particulier bois de feu) et d'autres produits non ligneux, notamment du fourrage pour les animaux domestiques. Ils fournissent aux populations locales de quoi assurer leur subsistance et sont intégrés dans le tissu des sociétés rurales. Pourtant les fonctions de production et de protection des forêts et des arbres des zones arides, ainsi que leur vitalité, sont souvent menacées par des stress provoqués par l'homme et par des risques naturels. Malgré leur importance pour les économies et les populations locales, les forêts et les produits forestiers des zones arides sont encore loin de recevoir l'attention qu'ils méritent dans les politiques de gestion des ressources naturelles et les processus de prise de décision.

Lorsque l'on envisage de planter des arbres, il convient d'évaluer le bilan hydrique et son évolution, pour chaque période de la vie du peuplement planté. Tout pro-

gramme de lutte contre la désertification ou activité de reverdissement devrait être envisagé à l'échelle du paysage. Pour lutter contre la désertification, la devise ne devrait pas être «planter un arbre» mais plutôt «gérer la terre et les ressources de manière avisée, c'est-à-dire planter un arbre uniquement dans la mesure où c'est durable». ♦



Bibliographie

- Avissar, R. et Otte, M.** 2007. The impacts of afforestation in northern Israel on its local and regional hydroclimate. Paper presented to the International Conference on Afforestation and Sustainable Forests as a Means to Combat Desertification, Jérusalem, Israël, 16–19 avril.
- Belaaz, M.** 2003. Le barrage vert en tant que patrimoine naturel national et moyen de lutte contre la désertification. Dans *Actes du XII^e Congrès forestier mondial*, Québec, Canada, 21-28 Septembre 2003. Disponible à l'adresse: www.fao.org/docrep/article/wfc/xii/0301-b3.htm
- Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED).** 1992. Chapitre 12: Gestion des écosystèmes fragiles: lutte contre la désertification et la sécheresse. Dans *Action 21*. Disponible à l'adresse: www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/french/agenda21chapter12.htm
- FAO.** 2001. *Évaluation des ressources forestières mondiales 2000 - Rapport principal*. Études FAO: Forêts N. 140. Rome.
- FAO.** 2006a. *Évaluation des ressources forestières mondiales 2005. Progrès vers la gestion forestière durable*. Études FAO: Forêts N. 147. Rome.
- FAO.** 2006b. *Global planted forest thematic study: results and analysis*. Planted Forests and Trees Working Paper FP38E. Rome.
- FAO.** 2007a. *Situation des forêts du monde 2007*. Rome.
- FAO.** 2007b. *Adaptation au changement climatique dans les secteurs de l'agriculture, des forêts et de la pêche. Contexte, cadre et priorités*. Groupe de travail interdépartemental sur le changement climatique. Rome.
- Malagnoux, M.** 2007. Arid land forests of the world: global environmental perspectives. Paper presented to the International Conference on Afforestation and Sustainable Forests as a Means to Combat Desertification, Jérusalem, Israël, 16–19 avril.
- Malagnoux, M.** 2008. Restauration des terres arides dégradées pour la production agricole, forestière et pastorale grâce à une nouvelle technique mécanisée de récolte des eaux pluviales. Dans C. Lee et T. Schaaf, éd. *The future of drylands*, Proceedings of the International Scientific Conference on Desertification and Drylands Research, Tunis, Tunisie, 19–21 juin 2006. Dordrecht, Pays-Bas, Springer. (Sous presse.)
- Ratliff, E.** 2003. *The Green Wall of China*. Disponible à l'adresse: www.wired.com/wired/archive/11.04/greenwall.html
- Rueff, H. et Schwartz, M.** 2007. The contribution of dryland forests to livelihoods – the case of the Yatir forest. Presented at the International Conference on Afforestation and Sustainable Forests as a Means to Combat Desertification, Jérusalem, Israël, 16–19 avril.
- TheAmazon.org.** 2007. *Information about the Amazon River*. Document Internet. Disponible à l'adresse: www.theamazon.org/amazonriver.html
- University Corporation for Atmospheric Research (UCAR).** 2005. Press release: Drought's growing reach: NCAR study points to global warming as key factor. 10 janvier. Disponible à l'adresse: www.ucar.edu/news/releases/2005/drought_research.shtml ♦

Propositions de politiques pour l'intégration des forêts, de l'eau et des populations dans le bassin versant du Tigre et de l'Euphrate

H.M. Kangarani et T. Shamekhi

La gestion intégrée des forêts et des bassins versants, en particulier des bassins frontaliers, doit avoir pour objectif principal le bien des populations.

Les eaux du bassin versant du Tigre et de l'Euphrate ont été pendant plus de 6 000 ans le siège de civilisations. S'étendant sur une superficie de 76,6 millions d'hectares, le bassin versant revêt une grande importance pour le bilan hydrique en Iraq, en République arabe syrienne et en Turquie, et pénètre aussi en République islamique d'Iran.

Plus de 90 pour cent du bassin versant entre dans la catégorie des terres arides. Les forêts couvrent 1,2 pour cent de la superficie totale des terres (918 800 hectares), les cultures agricoles 25,4 pour cent et les herbages 47,7 pour cent (FAO, 2005, 2007; CESAO, 2002) (voir la carte). Les forêts étaient jadis plus denses et plus étendues, mais des siècles d'exploitation – aggravée par les conditions environnementales et économiques et une série de conflits – les ont amenuisées et ont modifié leur composition. Cinquante espèces arborescentes endémiques sont menacées d'extinction.

Les ressources en eau du bassin versant sont souvent surexploitées, gaspillées et polluées. L'excès d'irrigation et l'inondation des champs ont haussé le niveau des nappes phréatiques et contaminé les sols avec l'eau salée qui peut causer l'échec des cultures et atteindre les cours d'eau. La forte dépendance vis-à-vis de l'agriculture, notamment des cultures irriguées, des engrais et

des produits chimiques, associée aux sols largement sableux et gypsifères, a provoqué un lessivage massif de produits chimiques dans l'eau souterraine. Le pompage excessif des puits qui a suivi a aggravé le problème.

La déforestation exerce aussi son impact sur la qualité de l'eau qui s'écoule à travers le bassin versant ou est stockée dans la nappe.

La pression démographique est relativement forte, avec une moyenne de 57 habitants par kilomètre carré. La zone doit supporter, non seulement la croissance rapide de la population, mais aussi de hauts niveaux de pauvreté, une migration rurale-urbaine accrue, l'instabilité politique, le haut taux de chômage et la faible croissance économique, l'industrialisation accélérée sans une attention suffisante portée à l'environnement (entraînant la pollution de l'eau, de l'air et du sol) et la planification impropre de l'utilisation des terres.

La combinaison de la croissance démographique et des approvisionnements en eau fixes a diminué l'eau disponible par habitant. Les pays du bassin versant du Tigre et de l'Euphrate sont relativement riches en eau pour la région du Proche-Orient, où cette ressource est rare dans la plupart des endroits. Cependant, sa distribution inégale, la planification inadéquate de la construction des barrages et les taux élevés de prélèvement

La forte dépendance vis-à-vis des cultures irriguées et l'excès de pompage des puits aggravent le problème hydrique de la région (République arabe syrienne)



FAO/19100R.FADUTTI

La déforestation et le surpâturage exercent leur impact sur la qualité de l'eau s'écoulant à travers le bassin versant ou emmagasinée dans la nappe phréatique (Iraq)



FAO/21746R.MESSORI

Hannaneh Mohammadi Kangarani est étudiant, candidat au doctorat en politiques forestières, Faculté des ressources naturelles, Université de Téhéran, Karaj, République islamique d'Iran.

Taghi Shamekhi est professeur agrégé de politiques forestières, législation des ressources naturelles et institutions, Faculté des ressources naturelles, Université de Téhéran, Karaj, République islamique d'Iran.

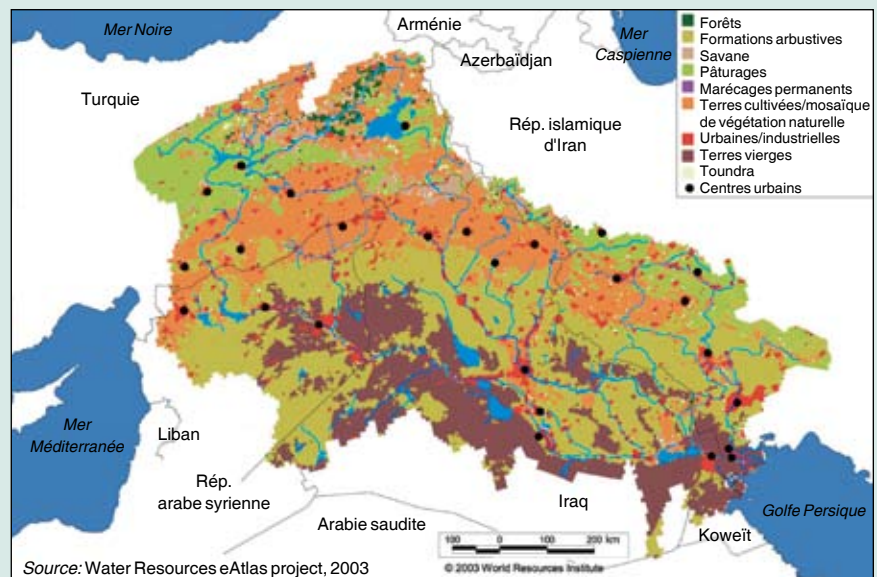
d'eau, pour l'agriculture en particulier, sont des sources de conflit et des entraves au développement économique. Avec une demande d'eau supérieure au volume hydrique total des deux fleuves, les disputes se sont multipliées dans les pays du bassin versant – par exemple, lorsqu'une intervention dans un pays était interprétée par l'autre comme une réduction de la disponibilité en eau. Un grand nombre des populations du bassin versant sont tributaires de fleuves qui traversent une frontière internationale avant d'arriver jusqu'à eux. Certaines n'ont pas accès aux fleuves et doivent recourir aux puits dont le niveau d'eau baisse ou à la coûteuse eau de mer dessalée. Vu les coûts qu'entraîneraient la relocalisation des ressources hydriques et la construction de nouveaux barrages, qui s'élèvent à des dizaines de millions de dollars, l'avenir même de certaines villes et de leurs industries pourrait être menacé.

Afin de proposer des politiques appropriées de conservation et de gestion des forêts et de l'eau, il est essentiel d'étudier comment les forêts, l'eau et les populations peuvent établir entre elles des liens harmonieux.

Recommandations

Les forêts et les populations. Du fait que les forêts influencent la quantité et surtout la qualité de l'eau, la gestion des forêts pour sa conservation est un objectif rationnel. Les décideurs forestiers devront promouvoir l'incorporation de la gestion forestière dans leurs stratégies, plans et programmes nationaux et régionaux relatifs à la gestion des fleuves, du bassin versant et de l'eau souterraine, et œuvrer de concert avec des organisations et institutions internationales et nationales afin d'améliorer la compréhension des services hydrologiques et environnementaux procurés par les forêts.

Il faudra donner la priorité à la lutte contre la dégradation forestière – en limitant aussi le pâturage dans les terres boisées – et promouvoir le boisement et le reboisement (y compris les arbres hors forêt) pour la protection de l'environnement et l'approvisionnement local en bois, notamment en bois de feu. En raison de l'état critique des forêts et de la dépendance de certaines populations vis-à-vis d'elles pour leurs moyens d'existence, il faudrait mettre en évidence les autres fonctions économiques des forêts outre la production de bois; les produits forestiers non ligneux (PFNL) et l'écotourisme devraient être encouragés par des politiques appropriées. L'assignation des responsabilités de la gestion forestière au niveau local peut donner aux communautés



Utilisation des terres dans le bassin versant du Tigre et de l'Euphrate

des droits et une incitation à gérer et utiliser les ressources forestières durablement.

Les pays devraient élaborer des plans de protection des sources sur la base du reboisement du bassin versant et appliquer des mesures de lutte contre les sources potentielles de contamination, comme les fosses septiques et les réservoirs à carburant, et identifier des sources d'eau potable de rechange en cas de contamination. Pour ce faire, on devra inventorier les zones de réalimentation des sources d'eau et identifier des essences à croissance rapide adaptées.

Bien que certaines des forêts naturelles restantes du bassin versant du Tigre et de l'Euphrate soient désormais des parcs nationaux, elles n'ont pas encore été mises en réserve à ce jour pour leurs valeurs de production d'eau. À l'heure actuelle, 0,4 pour cent seulement de la superficie totale du bassin versant est une aire protégée. Pour assurer un approvisionnement en eau suffisant à partir de ce bassin, il deviendra de plus en plus important de veiller à la conservation des forêts, car les populations résidentes et les touristes vont en augmentant, et certaines parties de la forêt devraient être déclarées aires protégées où l'exploitation est interdite. Il serait prudent au plan économique d'«acheter» ces forêts à l'industrie du sciage ou aux éleveurs avec l'argent dégagé de la vente d'eau aux utilisateurs nationaux et autres. Cette initiative encouragerait l'industrie à diriger son attention vers les jeunes forêts, le bois des plantations et les sciages à valeur ajoutée plus élevée.

Les informations concernant les effets des forêts sur les ressources en eau sont insuf-

fisantes (voir l'encadré page suivante). De nouvelles études s'imposent pour établir la valeur économique de la gestion des forêts en vue de protéger la qualité et la quantité des sols et de l'eau, d'exploiter pleinement la capacité du bassin versant d'emmagasiner l'eau temporairement et d'éviter les dommages en aval des inondations, et de programmer l'offre et la demande d'eau futures.

L'eau et les populations. La pénurie d'eau menaçant de l'emporter sur le pétrole comme source principale de conflit dans la région, un accord est nécessaire pour garantir que les eaux du bassin du Tigre et de l'Euphrate seront utilisées de façon rationnelle, équitable et durable. Une meilleure collaboration dans la planification des eaux, qui transcende les intérêts purement nationaux, aiderait les pays du bassin versant à s'adapter à la croissance démographique accélérée et à son impact sur les disponibilités en eau.

L'achat de la zone de protection des sources, pour assurer la protection permanente de l'eau potable, est une solution viable mais coûteuse. L'établissement d'un fonds renouvelable pour l'eau potable, comme l'ont fait les États-Unis (US EPA, 2007), permettrait de réduire le coût. Le programme américain octroie des prêts à des conditions favorables aux réseaux publics d'adduction d'eau pour l'amélioration des infrastructures. Les fonds servant à la protection des sources pourraient être prêtés à de faibles taux d'intérêt pour aider les municipalités qui ont déjà élaboré un plan de protection des sources à acheter la terre ou les droits de mise en valeur.

Les pays partageant le bassin versant bénéficieraient de l'élaboration et de la mise en œuvre collectives d'un plan pour l'ensemble du bassin, visant à harmoniser des exigences apparemment conflictuelles. Ce plan pourrait prévoir des transferts d'eau entre les fleuves et les réservoirs, ainsi que des réseaux d'adduction d'eau et de distribution d'électricité interconnectés. Des instituts de recherches régionaux conjoints, des centres de formation et des fermes pilotes consentiraient aux pays des échanges d'experts, qui seraient non seulement des ingénieurs et des techniciens mais aussi des agriculteurs. L'expérience de la Turquie (soutenue par la Banque mondiale) en matière d'associations d'utilisateurs d'eau fournit un modèle intéressant pour améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau, la perception des taxes d'eau et les économies d'eau (Beaumont, 1998; Dudley et Stolton, 2003).

Des techniques d'accroissement des approvisionnements (récupération de l'eau, utilisation conjointe des sources d'eau superficielle et souterraine, réutilisation de l'eau et, si nécessaire, ensemencement des nuages) et des techniques de gestion de la demande

devront faire partie d'une solution globale pour le bassin versant du Tigre et de l'Euphrate. Parmi les stratégies potentielles, figurent l'amélioration de l'infrastructure de distribution de l'électricité visant à réduire les pertes et la construction d'installations d'énergie éolienne ou photovoltaïque. L'objectif général de l'accord sur l'eau dans ce bassin versant serait la promotion de l'utilisation durable des ressources en terres et en eau de la région pour le bien-être de sa population.

Conclusions

La planification de la gestion intégrée des bassins versants doit tenir compte des populations, des forêts et de l'eau, et les populations devraient en être le pivot. La gestion durable de la forêt et de l'eau doit aller de pair avec la poursuite vigoureuse de politiques démographiques, de conditions sociales améliorées, de stratégies de réduction de la pauvreté et de croissance économique à base large.

Toutes les politiques forestières devraient être proches de la nature et avoir de multiples objectifs. Pour changer les politiques forestières précédentes de ce bassin versant, il faut des infrastructures appropriées; mais, à cause

du haut niveau de pauvreté et d'instabilité sociale, les changements devront être lents et se faire par étapes.

La nature ne suit les politiques d'aucun gouvernement, n'écoute jamais les hommes politiques, ne reconnaît jamais les frontières politiques et ne change jamais sa façon d'être à cause d'une croyance religieuse ou politique. Pour protéger la nature il nous faut nous adapter à elle.



Bibliographie

Beaumont, P. 1998. Restructuring of water usage in the Tigris-Euphrates basin: the impact of modern water management policies. Dans J. Albert, M. Bernhardtsson et R. Kenna, éd. *Transformations of Middle Eastern natural environments: legacies and lessons*. Bulletin Series N. 103, p. 168–186. New Haven, Connecticut, E.-U.A., Yale School of Forestry and Environmental Studies.

Commission économique et sociale des Nations Unies pour l'Asie occidentale (CESAO). 2002. *Assessment of legal aspects of the management of shared water resources in the ESCWA region*. E/ESCWA/ENR/2001/3. New York. Disponible sur internet: www.escwa.org.lb/information/publications/edit/upload/enr-01-3.pdf

Dudley, N. et Stolton, S., éd. 2003. *Running pure: the importance of forest protected areas to drinking water*. Gland, Suisse, Alliance WWF/Banque mondiale pour la conservation et l'utilisation durable des forêts.

FAO. 2005a. *AQUASTAT, Système mondial d'information sur l'eau et l'agriculture*. Rome. Disponible sur internet: www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm

FAO. 2007. *People, forests and trees in West and Central Asia: outlook for 2020*. Main report of the Forestry Outlook Study for West and Central Asia. Étude FAO forêts N. 152. Rome.

United States Environmental Protection Agency (US EPA). 2007. *Drinking Water State Revolving Fund (DWSRF)*. Document internet disponible à l'adresse suivante: www.epa.gov/safewater/dwsrf.html

Water Resources eAtlas project. 2003. *Watersheds of the World*. Washington, DC, E.-A.U., Institut des ressources mondiales (WRI). Disponible sur internet: www.wri.org/publication/watersheds-world-cd

Besoins d'information pour une meilleure gestion des forêts et de l'eau

À part le besoin de volonté politique, le manque d'informations fiables est l'un des principaux défis que doit relever la gestion efficace du bassin versant du Tigre et de l'Euphrate. La première étape consiste donc à collecter des informations utiles et pratiques sur les domaines suivants:

- **Forêts:** situation actuelle; capacité de charge des terres boisées (sous l'angle de tous les avantages économiques et environnementaux); aptitude au reboisement à l'aide d'essences indigènes ou introduites; caractéristiques des espèces endémiques; terres adaptées au reboisement; principales menaces pesant sur les forêts.
- **Ressources en eau:** changements entre les saisons et les années dans chaque pays; grandes inondations au cours des 100 dernières années et principaux facteurs responsables; rapport entre ces inondations et les changements d'affectation des terres; effets de la forêt sur la qualité de l'eau et sa quantité.
- **Populations dépendantes des forêts et pauvreté rurale:** besoins fondamentaux; niveaux de pauvreté; possibilités d'emploi; ampleur de la dépendance vis-à-vis des forêts; rapports avec la forêt; participation actuelle à la gestion forestière.
- **Demande:** de produits forestiers (y compris le bois, le bois de feu, les produits forestiers non ligneux et les services forestiers) et d'eau, par les populations urbaines, rurales et dépendantes de la forêt, par l'agriculture, etc.
- **Accords institutionnels:** institutions et administrations nationales, régionales et locales; organisations gouvernementales, privées et non gouvernementales; plans de développement nationaux et régionaux; politiques et législation relatives aux forêts, aux populations et à l'eau; structures locales et traditionnelles liées à la gestion des ressources naturelles.
- **Opinion publique:** sur les forêts et les avantages tirés des forêts, l'écotourisme, l'importance de la conservation des forêts, le remplacement des produits ligneux par d'autres matériels.

Forêts du mont Kulal, Kenya, une source d'eau et un soutien aux moyens d'existence locaux

T.Y. Watkins et M. Imbumi

Le sommet enfoui dans le brouillard et s'élevant au milieu de l'une des régions les plus arides d'Afrique de l'Est, le mont Kulal procure des services hydrologiques vitaux à toute la région.

Le mont Kulal est un pic volcanique érodé dont le sommet est couvert de forêts de brouillard et la base porte divers types de végétation. Il figure parmi les pics les plus élevés du Kenya du nord et représente un écosystème unique en son genre entouré de terres arides et semi-arides de tous les côtés. L'écosystème montagneux piège l'humidité sous forme de brouillard et de pluie et fournit d'importants services hydrologiques à toute la région.

Le mont Kulal se situe au centre de la réserve du Programme sur l'homme et la biosphère (MAB) du même nom, qui est l'une des six réserves du MAB au Kenya. L'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) l'a désignée comme réserve MAB en 1979. Située dans le Kenya du nord, district de Marsabit, la réserve couvre une superficie d'environ 7 000 km² et

s'étend de la rive orientale du lac Turkana, à travers des coulées de lave déchiquetées, jusqu'au sommet du mont Kulal, où se trouve sa zone centrale de 11 km². Dans la partie est et nord-est de cette zone centrale, la réserve plonge à travers des écosystèmes semi-désertiques jusqu'aux chaudes plaines du Chalbi Desert (voir la carte).

Les populations Turkana, Samburu, Rendille, El Molo et Gabbra qui habitent ce paysage diversifié tirent de l'environnement les ressources nécessaires pour l'élevage, la pêche et l'agriculture tout en ayant sur lui une influence indéniable. Ces cultures essentiellement pastorales ont adapté leurs pratiques de subsistance de manière à incorporer et exploiter de façon croissante tant les forêts montagneuses que la végétation semi-aride pour en tirer de nombreux produits et services forestiers, y compris le bois de feu, la matière première pour la fabrication de charbon de

Réserve de biosphère du mont Kulal



Tammy Y. Watkins est aspirant au doctorat, Département d'anthropologie, University of Georgia, Athens, Georgia, États-Unis d'Amérique.

Maryam Imbumi est botaniste, Musées nationaux du Kenya, Nairobi, Kenya.

bois, le bois de construction, les aliments, les médicaments et les services socioculturels et spirituels. Quelques individus vivant sur le mont Kulal et le long du lac Turkana ont implanté des entreprises ou des coopératives tirant parti de l'intérêt pour l'écotourisme dans la zone.

Le projet intégré sur les terres arides, une initiative collective du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNU) et du Programme sur l'homme et la biosphère de l'UNESCO, a entrepris des recherches dans cette région depuis la moitié des années 70 jusqu'à la mi-1980 et amélioré la compréhension des systèmes biotiques soutenus par la montagne au milieu de terres arides. Le Gouvernement du Kenya a classé les forêts pendant cette période. L'Institut de recherches forestières du Kenya (KEFRI) a été chargé par l'UNESCO de la gestion du programme, mais il n'a pas réalisé de programmes actifs depuis plus d'une décennie. Depuis la cessation de ces programmes, les activités de conservation et de gestion dans les forêts du mont Kulal, ainsi que dans l'ensemble de la réserve, se sont arrêtées. Les forêts risquent de faire l'objet d'une grave dégradation.

D'après la loi kenyane, les forêts et les autres superficies qui ne sont pas occupées par des habitations appartiennent au gouvernement mais, selon les traditions locales, la terre est détenue collectivement par la communauté. Le régime de propriété n'a pas encore été mis légalement à l'essai ni sur le mont Kulal ni ailleurs dans le Kenya du nord (sauf dans la réserve cynégétique de Samburu, où les mesures de conservation interdisaient aux bergers nomades l'accès à leurs pâturages traditionnels). La situation incertaine du régime foncier représente un défi pour la planification de la gestion de la conservation et la gestion forestière durable.

Le présent article se fonde sur le travail du projet intégré sur les terres arides et les conclusions d'un groupe de travail multidisciplinaire UNESCO-Kenya qui a visité la réserve du mont Kulal en décembre 2006 pour se rendre compte de la situation actuelle de la réserve et de ses habitants.

GÉOLOGIE, TOPOGRAPHIE ET HYDROLOGIE

Le mont Kulal étant d'origine volcanique, les champs de lave définissent le paysage dans la zone environnante (Herlocker,

1979) et les flancs de la montagne sont raides et souvent sillonnés de profonds canyons, en particulier sur les côtés oriental et occidental. À l'ouest, le lac Turkana s'élève à 410 m alors que le fond du Chalbi Desert au nord se situe entre 435 et 500 m. Le point culminant du mont Kulal est à 2 335 m. Ce pic est l'une des parois des restes d'un cratère volcanique situé au centre de la crête, mais le bord oriental a été érodé pendant des milliers d'années pour former la majestueuse gorge d'El Kajarta, qui coupe en deux le mont Kulal (Herlocker, 1979). Les pentes inférieures cèdent la place à des plaines alluviales entre 500 et 700 m. Au sud, ces plaines sont entourées des chaînes de montagne encore plus élevées du Ndotos et du Nyiru (2 752 m).

La position d'un pic aussi élevé que le mont Kulal au milieu de l'une des régions les plus arides d'Afrique de l'Est est non seulement exceptionnelle du point de vue topographique, mais contribue aussi aux services écosystémiques particuliers que la montagne et ses forêts fournissent à la région. Le climat est réglé par les systèmes de mousson du nord-est et du sud-est. La mousson du nord-est apporte des masses d'air chaud et sec qui déterminent des grands vents soufflant du nord ou du nord-est et une petite saison des pluies en octobre et novembre. La mousson du sud-est, qui naît dans l'océan Indien, est plus favorable aux précipitations. La grande saison des pluies est hautement variable mais atteint généralement son point culminant en avril. La topographie du mont Kulal crée ce qui est connu sous le nom de soulèvement orographique: les masses d'air sont repoussées des plaines vers la montagne où elles se refroidissent et ne peuvent donc plus contenir autant d'humidité, si bien que se forment des nuages et des précipitations. Ce phénomène, parallèlement à la convergence des systèmes de mousson conflictuels, provoque le refroidissement et les pluies (Herlocker, 1979). Les forêts de brouillard de la zone centrale de la réserve du MAB contribuent à piéger l'humidité provenant de l'évapotranspiration qui a lieu dans les plaines, et peut accroître les précipitations locales, bien que ce phénomène n'ait pas été étudié suffisamment.

SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

Les forêts du mont Kulal aident à retenir l'eau et à la fournir aux villages situés sur

la montagne et aux alentours. L'eau est distribuée grâce aux sources jaillissant dans la forêt et sur les épaulements montagneux, ainsi qu'à des sources saisonnières et permanentes situées à la base de la montagne. La montagne, à elle seule, contient une douzaine de sources et de points d'eau (Synott, 1979). Les forêts intactes à tous les niveaux, depuis les forêts de brouillard et de nuages au sommet, à travers les villages de Gatab, Oltorop, Larashi et Arabal, jusqu'aux forêts d'*Acacia* sur les épaulements montagneux, contribuent à retenir et absorber les pluies souvent courtes et intenses, et à empêcher le ruissellement rapide. Ce ruissellement peut causer non seulement l'érosion du sol et la destruction du couvert végétal, mais aussi la perte de bétail et de vies humaines due aux fortes inondations en aval.

Les riches sols volcaniques, qui sont utilisés de façon croissante pour l'agriculture en complément des pratiques d'élevage traditionnelles, ne sont pas le seul aspect géologique important du mont Kulal. Les anciennes coulées de lave filtrent et acheminent l'eau vers les sources dans toute la région. La source de Loyangalani fournit de l'eau douce toute l'année sur la berge orientale du lac salé Turkana et alimente le plus grand établissement humain de la région (Fuchs *et al.*, 1935). Loyangalani est né comme centre commercial et administratif à proximité de la source dont il dépend intégralement pour son approvisionnement en eau douce (Fratkin et Roth, 2005). Il est maintenant la base des petites activités

Sur le mont Kulal, les sources coulent toute l'année et déterminent des écosystèmes aquatiques riches en diversité végétale





La construction de maisons en bois est l'utilisation la plus courante des produits forestiers dans les villages du mont Kulal

d'écotourisme réalisées dans la réserve. L'Oasis Lodge, hors du centre de Loyangalani mais près de l'origine de sa source, a été la première entreprise commerciale établie dans la région uniquement pour le tourisme et a accès en premier à l'eau s'écoulant des sources. Bien que la région possède maintenant un grand nombre de camps et de gîtes, l'Oasis Lodge reste le principal gîte écotouristique. En outre, de nombreuses autres sources saisonnières jaillissent près des lits des cours d'eau parcourus de coulées de lave ou au milieu des champs de lave. Ce sont des points d'eau importants pour les humains et les animaux et leurs moyens d'existence leur sont tributaires.

FORÊTS ET MOYENS D'EXISTENCE

Les forêts du mont Kulal fournissent de nombreuses ressources aux communautés vivant sur la montagne ainsi qu'à celles habitant les plaines. La forêt est la principale source de matériel de construction, de bois de feu et de médicaments pour les habitants locaux. Les gorges profondes sont utilisées par les *morans*, jeunes guerriers Samburu, comme terrains de formation et lieux de cachette. Les villageois Samburu racontent comment jadis de nombreuses caves et gorges, et même des troncs de figuiers creux, servaient de refuge pendant les pillages et les conflits prolongés avec les bergers voisins.

Les produits forestiers utilisés le plus souvent sont les perches pour la construction des maisons locales. Les habitations Samburu des villages du mont Kulal revêtent deux formes. Les structures de terre et de perches construites avec des troncs d'arbre peuvent durer des dizaines d'années, notamment si les murs de terre et les toitures en métal sont entretenus régulièrement.

Les maisons plus traditionnelles sont faites de branches de plus petite taille enterrées et courbées pour former un dôme, la structure principale de la maison. Cette structure est ensuite recouverte d'herbe et de broussailles mais, à l'heure actuelle, les toitures sont fabriquées de préférence en plastique. Ces maisons ne durent parfois que quelques années et il n'est pas rare qu'une agglomération soit formée de constructions de différents âges. Les brindilles (de *Lippia* sp. et *Lantana* sp., par exemple) servant à renforcer les murs de terre peuvent être ramassées dans la brousse près du village plutôt que dans la forêt.

Utilisé probablement dans la même mesure, le bois mort sert de combustible. Les fonctionnaires administratifs locaux tentent d'appliquer des lois en faveur de la conservation quand la gestion de la réserve est plus active, lois qui limitent la coupe d'arbres vivants à des fins de combustible dans les forêts de la montagne. Cependant, la coupe de broussailles ou d'arbres dans les zones boisées hors de la zone centrale et les basses terres de la réserve ne paraît soumise à aucun règlement. Le bois de feu est indispensable ici pendant la majeure

partie de l'année car le climat est froid et extrêmement humide. Le combustible ligneux (bois de feu et charbon de bois) est la principale source d'énergie, mais le charbon de bois se fabrique en quantités limitées et principalement pour la consommation locale. D'après l'un des résidents de Gatab, certains ménages ramassent jusqu'à 40-50 kg de bois de feu par jour, bien qu'il s'agisse probablement d'un maximum inhabituel.

Sur une plus petite échelle, les minéraux occupent une place assez importante dans la culture Samburu. Les populations locales extraient l'ocre rouge de *Lorian lolkaria* ou d'un «lieu d'ocre rouge» dans la forêt. L'ocre est mélangé à la graisse de queue de mouton et étalé sur les cheveux pour les embellir et les allonger. Il est utilisé principalement par les *morans*, bien que les jeunes femmes en utilisent parfois aussi de petites quantités. Les récolteurs vendent l'ocre à 10 shillings (0,15 dollar EU) la cuiller à soupe dans les villages locaux.

La plupart des résidents interrogés ont confirmé que la forêt est une source riche de médicaments locaux et traditionnels, bien qu'il soit difficile de mesurer les quantités récoltées. Comme cette information a été recueillie par des personnes non spécialisées, il est prudent de supposer que beaucoup des ménages, voire la plupart, récoltent ces produits périodiquement. Du moment qu'ils sont disponibles pour tous dans la forêt voisine, ils ne sont pas commercialisés activement ou échangés sur les marchés. Certaines plantes sont ajoutées aux potages, principalement par les *morans* pour éviter les maladies, alors que les femmes en mettent d'autres dans le lait donné aux enfants pour les fortifier. Tant *Clerodendrum myricoides* que *Boerhavia coccinea* sont plantées dans les

Sur le mont Kulal, le combustible ligneux est indispensable pendant presque toute l'année à cause du climat froid et de l'humidité extrême



jardins familiaux pour leur valeur pharmaceutique.

Durant les sécheresses prolongées, les habitants amènent leurs animaux dans les forêts pour brouter. Des branches, normalement d'oliviers (*Olea europaea* ssp. *cuspidata* et *Olea capensis* ssp. *macrocarpa*), sont coupées pour alimenter les animaux. Pendant les sécheresses extrêmes, les animaux broutent aussi la plupart des autres plantes de la forêt. La mesure et l'effet du broutage en forêt sont encore inconnus. Des traces de branches et occasionnellement de petits arbres coupés sont visibles dans la forêt. L'utilisation sélective d'espèces préférées pourrait justifier une étude visant à déterminer l'effet de la diminution de la biodiversité des espèces forestières. Auparavant, les projets intégrés sur les terres arides employaient un garde pour limiter le broutage dans la forêt (Lewis, 1977), mais il a depuis lors été remplacé par l'équipe de surveillance de la communauté. Pendant les sécheresses extrêmes, lorsque les ressources forestières deviennent plus importantes pour le

bétail, les anciens permettent le broutage incontrôlé dans la forêt.

L'approvisionnement en eau est le service le plus important procuré par la forêt aux villages locaux. Un certain nombre de sources ont maintenant des bassins de retenue pour emmagasiner l'eau qui est ensuite acheminée par gravité à l'aide de canaux d'écoulement jusqu'aux réservoirs d'eau qui alimentent les communautés locales. La construction, l'extension et l'entretien de ce système sont réalisés actuellement par la mission de l'African Inland Church de Gatab. Le comité de l'eau, qui fait partie du conseil villageois local, est chargé de la gestion du réseau d'adduction d'eau et de son extension éventuelle à d'autres villages. Toute altération des sources d'eau est punie par une amende de 1 000 shillings (environ 15 dollars EU) et d'autres mesures disciplinaires infligées par l'administration locale. Dans les basses terres, trois barrages ont été construits et se sont avérés utiles aux groupes de bergers qui les utilisent principalement pour abreuver leur bétail.

RECOMMANDATIONS POUR L'AMÉLIORATION DE LA CONSERVATION

La topographie du mont Kulal est liée aux modèles climatiques régionaux et agit de façon à piéger la condensation qui donne lieu aux forêts de brouillard. Le couvert souvent luxuriant des forêts de montagne consolide les riches sols volcaniques pendant les pluies saisonnières. En ralentissant le ruissellement, le couvert forestier non seulement empêche l'érosion du sol, qui est visible dans les zones défrichées, mais contribue aussi à acheminer l'eau de pluie vers les couches de lave poreuses qui, à leur tour, dirigent l'eau des sources jusqu'au bord du Chalbi Desert et aux rives rocheuses du lac Turkana.

Diverses ressources forestières biologiques fournissent abris, aliments, médicaments et valeur culturelle et historique aux populations locales. Les familles traditionnelles d'éleveurs Samburu diversifient leurs moyens d'existence et reposent de façon croissante sur l'agriculture pour leur subsistance et leur commerce. Les champs établis récemment dépendent de l'eau et du sol, deux des ressources naturelles du mont Kulal. Les villageois qui vivent à l'intérieur de la réserve du MAB doivent utiliser et gérer les ressources durablement afin de ne pas compromettre l'environnement qui les soutient.

Le groupe de travail de l'UNESCO pour la réserve de biosphère du mont Kulal a réuni des recommandations pour l'avenir de la réserve en trois grandes catégories: création de capacités, conservation et développement.

Les communautés Samburu vivant sur le mont Kulal possèdent quelques pratiques traditionnelles de conservation qui sont normalement propres aux espèces. C'est ainsi que *Ficus thonningii* est associée aux rituels et sacrée pour les populations Samburu. *Juniperus procera*, tout en n'ayant pas de valeur rituelle significative, est aussi protégée. L'importance culturelle de certains arbres pour les Samburu pourrait expliquer pourquoi ils ont maintenu des pratiques de conservation visant les forêts introduites par l'UNESCO, malgré la limitation de leurs ressources financières. Il faudra tirer parti de ce fondement solide et le renforcer. Les administrateurs et les chefs communautaires devront constituer des réseaux et continuer à créer des capacités pour la conservation et le développement.



Un bassin de retenue construit il y a environ 30 ans recueille l'eau de source du mont Kulal et la canalise vers les réservoirs d'eau qui alimentent les communautés locales



Les arbres ancrent les sols volcaniques instables du mont Kulal car les glissements de terrain sont courants dans les zones défrichées, près de nombreuses sources forestières



Bibliographie

Malgré la prise de conscience individuelle des questions relatives à la conservation et la surveillance communautaire de la destruction flagrante de la forêt, les villageois qui vivent à l'intérieur de la réserve tendent à empiéter sur les forêts du mont Kulal. La sélection continue de certaines essences à utiliser et d'autres à conserver nuira à la biodiversité des forêts et a des retombées inconnues. En outre, à part les Samburu, plusieurs groupes culturels vivent aussi dans la réserve. Les efforts de conservation doivent mettre l'accent sur l'importance de sauvegarder les services écosystémiques pour tous les habitants de la réserve et de la région. Une éducation en matière de gestion forestière et de conservation des ressources, qui relie explicitement les moyens d'existence aux services écosystémiques, mettra en évidence l'importance de conserver la biodiversité et de gérer les forêts durablement. Une recherche participative continue favorisera la compréhension des interactions entre l'homme et l'environnement et guidera les efforts de conservation en mettant l'accent sur l'accès permanent aux produits forestiers pour la sauvegarde des moyens d'existence.

Le commerce et l'intégration régionale des communautés et des individus peuvent offrir des occasions d'améliorer les moyens d'existence, la sécurité alimentaire et la santé. Les villageois procèdent déjà à l'enrichissement de la diversité des troupeaux et à l'introduction de l'horticulture et des échanges commerciaux dans leurs moyens d'existence. Ces actions peuvent s'accomplir de façon viable, bien qu'il n'en soit pas toujours ainsi actuellement. Les programmes de développement en cours et futurs doivent incorporer la sauvegarde de la biodiversité et la conservation comme éléments fondamentaux. ♦

- Herlocker, D.** 1979. *Project 3: Impact of human activities and land use practices on grazing lands*. Nairobi, Kenya- PNUE: Projet intégré sur les terres arides.
- Fratkin, E. et Roth, E.A.** 2005. *As pastoralists settle*. New York, E.-U.A., Kluwer Academic Publishers.
- Fuchs, V.E., Wakefield, R.C., Millard, J.F. et MacInnes, D.G.** 1935. The Lake Rudolf rift valley expedition, 1934. *The Geographical Journal*, 86(2):114–137.
- Lewis, J.G.** 1977. *Report of a short-term consultancy on the grazing ecosystem in the Mt. Kulal Region, Northern Kenya*. Project 3: Impact of Human Activities and Land Use Practices on Grazing Lands. IPAL Technical Report E-3. Nairobi, PNUE-MAB.
- Synott, T.J.** 1979. *A report on the status, importance and protection of the montane forests*. IPAL Technical Report D-2a. Nairobi, UNESCO. ♦

L'impact du manque d'eau sur les ressources forestières – le cas de l'Ouganda

F. Kafeero

En Ouganda, l'amenuisement des ressources hydriques dû au changement climatique a affaibli la production hydroélectrique, ce qui a incité les populations à se tourner vers les combustibles ligneux, et accéléré la déforestation.

Ces dernières années, on a noté les effets du changement climatique en Ouganda, avec la fréquence accrue de phénomènes météorologiques extrêmes, tels que sécheresses prolongées et averses torrentielles donnant lieu à des inondations et à des glissements de terrain. Après la grave sécheresse prolongée de 2004/05, le niveau d'eau du lac Victoria s'est abaissé d'un mètre en 2006. Cette chute spectaculaire a été attribuée à la forte évaporation à la surface du lac, aux faibles précipitations dans la partie amont des rivières se déversant dans le lac, et aux prélèvements excessifs d'eau pour la centrale électrique du barrage d'Owen Falls, pour répondre à la demande croissante d'électricité dans le pays.

Avec la réduction des ressources en eau disponibles pour la production d'électricité dans le lac Victoria (seule source d'eau pour le barrage Owen Falls), le pays a connu un rationnement sans précédent de la consommation d'électricité qui a pénalisé les secteurs industriel et domestique. La pénurie d'électricité a provoqué une interruption des activités économiques et eu un impact global négatif

sur l'économie du pays et sur les moyens d'existence des habitants. Pour répondre à la demande d'électricité, le gouvernement a dû se tourner vers l'énergie thermique coûteuse, ce qui a fait monter en flèche les tarifs de l'électricité, passés de 216 à 426 shillings (ou de 0,13 à 0,25 dollar EU) par unité de consommation domestique.

La hausse des prix de l'électricité a eu pour effet d'accroître la pression sur les ressources forestières. Presque tous les ménages (95 pour cent) du pays couvrent une partie de leurs besoins en énergie avec des combustibles ligneux (bois de feu ou charbon de bois). Les tarifs exorbitants de l'électricité ont encore accru la dépendance à l'égard des produits des arbres et des forêts, comme sources de combustibles. Les populations urbaines qui faisaient ordinairement la cuisine à l'électricité sont revenues aux combustibles ligneux. La demande a fini par dépasser l'offre, et les prix du bois de feu et du charbon de bois se sont emballés.

Cette dynamique a eu pour corollaire d'accroître la déforestation dans les forêts gérées de manière non durable, en particulier les forêts naturelles privées, car les fournisseurs de combustibles ligneux s'efforcent de s'adapter à la demande accrue pour tirer parti de cette envolée des prix. De nombreux ménages ruraux se sont résolus à couper

leurs arbres, y compris les arbres fruitiers, pour obtenir du bois de feu car les ressources forestières s'épuisent. Les abattages massifs, ajoutés aux pratiques de culture sur coupe et brûlis non durables ont favorisé la dégradation des terres et, par voie de conséquence, une baisse des rendements des cultures vivrières, mettant en péril la sécurité alimentaire.

Grâce aux précipitations anormalement élevées tombées sur le pays en 2007, et à l'absence d'une véritable saison sèche durant la période allant de juillet à septembre, le niveau du lac a lentement remonté. Toutefois, la production d'électricité n'a pas retrouvé ses niveaux antérieurs et la production hydroélectrique est encore complétée par la production des centrales thermiques. Il s'ensuit que les tarifs de l'énergie sont restés trop élevés pour les Ougandais pauvres et de classe moyenne qui constituent l'essentiel de la population. L'abattage des arbres et la déforestation se poursuivent donc sans frein car les ressources en combustibles ligneux sont de plus en plus rares. En outre, les fortes pluies s'abattent sur les sols nus et les entraînent dans le lac et les cours d'eau, ce qui aggrave le problème de l'envasement. Si une grave sécheresse se déclare, le cercle vicieux risque encore de s'exacerber et de mettre en péril la vie humaine en Ouganda, tant pour la présente génération que pour celle à venir.

La récente baisse du niveau d'eau du lac Victoria a réduit les approvisionnements en eau de la centrale électrique de Nalubaale (barrage d'Owen Falls), ce qui s'est traduit par une pénurie d'électricité



© BOARD OF REGENTS OF THE UNIVERSITY OF WISCONSIN SYSTEM

Le long des rives du Lac Victoria en Ouganda, des pêcheurs mettent en sac du charbon de bois pour fumer le poisson; le bois de feu et le charbon de bois sont largement utilisés dans le pays, et la production non durable de combustibles ligneux, issus en particulier de forêts naturelles privées, est une des causes de la déforestation



FAO/IT54/R, FAO/IT11

Fred Kafeero est Directeur exécutif d'Environmental Alert, à Kampala, Ouganda.

Gérer les forêts pour fournir de l'eau plus propre aux populations urbaines

S. Stolton et N. Dudley

La protection des forêts permet de fournir de l'eau propre aux habitants de certaines des principales villes du monde.

Bien que la disponibilité d'eau propre soit l'un des droits humains fondamentaux, à l'heure actuelle, plus d'un milliard de citoyens n'y ont pas accès. Il ne s'agit pas normalement d'insuffisance des approvisionnements hydriques mais d'incapacité de les organiser de manière à satisfaire la demande. Cette lacune est d'autant plus frustrante que la nature dispose d'assez de mécanismes aptes à fournir de l'eau propre et salubre, y compris la fonction de filtre que remplissent les forêts saines dans les bassins versants. Pourtant, dans de nombreux endroits du monde, la mauvaise gestion de l'environnement a déterminé une grave pénurie d'eau douce.

Le présent article souligne comment certaines des plus grandes villes du monde sont à même de fournir suffisamment d'eau douce à leurs habitants grâce, en partie du moins, à la protection des forêts. Il identifie certaines des initiatives clés pouvant aider à réduire le grand nombre de personnes dont la vie est dominée par la recherche quotidienne d'eau propre et salubre.

OFFRE ET DEMANDE

L'eau est, en théorie, une ressource essentiellement renouvelable. Elle recouvre la majorité de la surface terrestre et, sur la plupart des terres, tombe spontanément du ciel. Cependant, à cause de la négligence et de la prodigalité avec lesquelles les ressources en eau ont été utilisées, du rythme de la croissance démographique et des demandes croissantes d'eau, la fourniture de quantités d'eau suffisantes et salubres est désormais une source majeure de préoccupation, de dépense, voire de tension internationale.

Les membres les plus pauvres de la société, incapables de se permettre de l'eau propre, souffrent des impacts les

plus nocifs. Dans le monde en développement, une personne sur cinq vit sans disponibilités fiables en eau. Le manque d'eau propre a des impacts graves, à court et long termes, sur la santé, y compris la mortalité infantile croissante et l'incapacité de travailler, qui réduisent la productivité industrielle et exercent des pressions sur des services de santé déjà surexploités. Par ailleurs, l'accès à l'eau propre peut avoir des effets positifs spectaculaires sur la santé. Il est estimé, par exemple, que lorsque l'eau propre est disponible, le risque de mort prématurée se réduit de 23 pour cent en Ouganda et de 30 pour cent au Cameroun (PNUD, 2006).

Aujourd'hui, près de la moitié de la population mondiale habite dans des villes ou des agglomérations urbaines, et sur ce nombre un tiers vit sans eau propre ou services d'assainissement adéquats (Programme des Nations Unies pour les établissements humains, 2003). Les autorités municipales disposent de divers moyens de fournir de l'eau potable, suivant l'endroit où elles se trouvent, les ressources disponibles, le contexte social et politique et l'acceptation de la population de conserver l'eau. Dans la plupart des villes, les approvisionnements en eau fraîche superficielle ou souterraine dépendent de la collecte et de la déviation de sources existantes. À l'échelle mondiale, seules de petites quantités sont extraites directement de l'eau de pluie ou de la mer. Jusqu'à récemment, les efforts visant à rendre plus efficace l'approvisionnement urbain en eau ont été déployés dans les villes elles-mêmes, et ont concerné les systèmes de distribution, les usines de traitement et l'évacuation des eaux usées. Cependant, de nombreuses autorités se tournent maintenant de façon croissante vers des systèmes d'aménagement des terres qui peuvent contribuer à conserver l'eau pure à sa source.

Sue Stolton et Nigel Dudley travaillent auprès d'Equilibrium Research, Bristol, Royaume-Uni.

QUANTITÉ, QUALITÉ ET RÉGULARITÉ DE L'EAU

De tout temps, les populations se sont installées dans des zones riches en ressources naturelles, et aujourd'hui la majorité de la population mondiale vit en aval de bassins versants boisés (Reid, 2001). Les sociétés ont créé des liens culturels solides avec les forêts, et il est largement estimé que ces dernières contribuent à conserver un approvisionnement constant en eau de bonne qualité. Par ailleurs, la perte des forêts a été accusée de problèmes allant de l'inondation à l'aridité.

De fait, le rôle hydrologique des forêts reste un sujet à débattre. Certaines des hypothèses courantes concernant les avantages que procurent la forêt sont erronées dans la plupart des situations; la majorité des forêts, par exemple, n'augmentent pas le débit d'eau dans un bassin versant (souvent c'est le contraire qui est vrai) et ne maîtrisent pas nécessairement les inondations. En outre, des avantages importants, y compris notamment la capacité des forêts de fournir de l'eau relativement pure, sont souvent ignorés. L'impact des forêts est influencé par de nombreux facteurs, dont l'espèce et l'âge des arbres, la superficie du bassin versant couverte de forêts, le sol, le climat et les pratiques de gestion forestière.

Une méta-étude réalisée pour le Fonds mondial pour la nature sur le rôle de la protection des forêts dans l'approvisionnement en eau potable (Dudley et Stolton, 2003), qui comprend une enquête menée sur plus de 100 des villes les plus peuplées du monde, a révélé – comme décrit ci-dessous – qu'il existe un lien clair entre les forêts et la qualité de l'eau sortant d'un bassin versant, un lien beaucoup plus sporadique entre les forêts et la quantité d'eau disponible et un lien variable entre les forêts et la régularité des débits.

QUALITÉ

Les bassins versants boisés fournissent généralement une eau de meilleure qualité que ceux affectés à d'autres utilisations des terres, du fait sans doute que pratiquement toutes les autres activités – agriculture, industrie et établissements humains – sont susceptibles d'accroître les quantités de polluants entrant dans le cours supérieur d'une rivière. En outre, la qualité est souvent meilleure car les forêts contribuent parfois à la régularisation de l'érosion du

sol et réduisent la charge solide, encore que l'ampleur et l'importance de cette fonction varient. Les forêts non perturbées dotées de sous-étage, de litière et d'un sol enrichi organiquement représentent la couverture du sol d'un bassin versant la plus apte à minimiser l'érosion hydrique. Bien que les forêts soient moins capables d'éliminer certains contaminants (le parasite humain, *Giardia lamblia*, par exemple), dans la plupart des cas, leur présence peut réduire sensiblement la nécessité de traiter l'eau potable, réduisant ainsi radicalement les coûts de l'approvisionnement en eau.

Lorsque les municipalités ont protégé les forêts pour leurs ressources en eau, ce sont les questions de qualité qui en ont été normalement la raison principale. À Tokyo, Japon, par exemple, la compagnie des eaux publique (Metropolitan Government Bureau of Waterworks) gère la forêt dans le cours supérieur du fleuve Tama afin de renforcer sa capacité d'alimenter la nappe, d'éviter l'envasement des réservoirs, d'accroître la fonction de purification de l'eau de la forêt et de conserver l'environnement naturel. À Sydney, Australie, l'autorité responsable du bassin versant gère un quart environ de ce dernier comme zone tampon, afin d'interdire l'introduction, dans les zones de stockage, de nutriments et d'autres substances qui pourraient compromettre la qualité de l'eau.

QUANTITÉ

En ce qui concerne le débit d'eau sortant du bassin versant, la situation est plus complexe. Malgré des années d'expérience en matière de bassins versants, les interactions exactes entre différentes espèces forestières, leur âge, les divers types de sol et les régimes de gestion sont encore souvent mal comprises, ce qui rend difficile la formulation de prédictions sûres. Contrairement aux hypothèses populaires, de nombreuses études suggèrent que, dans les forêts humides et très sèches, l'évaporation serait supérieure à celle des terres dotées d'un autre type de couvert végétal; c'est pourquoi moins d'eau s'écoule hors des bassins versants boisés, par exemple, que des herbages ou des cultures agricoles (Calder, 2000). Toutefois, d'après les preuves existantes, il semblerait que les forêts de brouillard (Bruijnzeel, 1990) et certaines vieilles forêts naturelles (comme les vieilles forêts d'*Eucalyptus*) peuvent augmenter le débit net d'eau. Dans quel-

ques villes, la gestion de ces forêts fait partie des plans de conservation des disponibilités en eau.

RÉGULARITÉ

La constance du débit est tout aussi importante que la quantité totale, du point de vue de la conservation du débit de saison sèche et de l'absence d'inondations pendant les périodes de fortes pluies. Ici, les opinions restent partagées car les réponses s'avèrent très différentes. Dans certains cas, les débits de saison sèche sont réduits par la présence d'arbres, alors que dans d'autres ils augmentent. Les forêts naturelles et les plantations exercent des effets différents, mais là aussi la tendance n'est pas constante. D'une manière très générale, les forêts contribuent souvent à régulariser des inondations d'une importance relativement faible mais sont rarement capables d'éviter de très grandes inondations occasionnelles. Les forêts inondées – tant les forêts de plaine, comme les forêts de Várzea en Amazonie, que les marécages d'amont – jouent un rôle plus défini dans la régularisation des approvisionnements en eau. Cependant, le débat sur le rôle des forêts dans le maintien de la constance des débits se poursuit; une étude publiée récemment suggère que les forêts naturelles ont un rôle plus important à jouer dans la prévention des inondations qu'il n'a été soutenu jusqu'à présent (Bradshaw *et al.*, 2007).

APPROVISIONNEMENT URBAIN

La contribution des forêts à l'approvisionnement en eau propre dépend, dans une large mesure, de conditions individuelles, des espèces forestières et de leur âge, des types de sol, du climat, des régimes de gestion des bassins versants et des besoins. Il n'est donc guère surprenant que les informations sur les meilleures pratiques à l'intention des responsables des politiques sont rares, et que les modèles permettant de prévoir les réponses dans les bassins versants individuels sont, dans la meilleure des hypothèses, approximatifs. Dans les villes, une diversité étourdissante d'opinions conditionne la prise de décisions financières et politiques difficiles sur l'approvisionnement en eau. Pourtant un grand nombre des grandes villes du monde préfèrent compter, en partie du moins, sur les zones boisées pour la conservation de leurs disponibilités hydriques.

Bassin versant du Gypsy Trail Lake, Croton, État de New York, États-Unis (en haut): sans la protection des forêts environnantes, le bassin versant n'existerait plus, et l'eau à New York se ferait rare (en bas)

La méta-étude décrite ci-dessus (Dudley et Stolton, 2003) indiquait que le tiers environ (33 sur 105) des plus grandes villes du monde a obtenu un pourcentage important de l'eau potable directement de zones boisées protégées. Au moins cinq autres villes examinées prenaient l'eau de sources naissant dans des bassins versants boisés protégés situés dans des zones reculées, et huit autres l'obtenaient de forêts gérées de façon à donner la priorité à leurs fonctions d'approvisionnement en eau. Dans un certain nombre de cas, il existe des preuves convaincantes que les forêts contribuent à préserver les débits d'eau – à Melbourne, Australie, par exemple, et dans certaines villes alimentées par les forêts de brouillard, comme la forêt nationale des Caraïbes de Porto Rico. Toutefois, dans certains autres cas où les villes ont protégé des forêts essentiellement à des fins de conservation de l'eau, il n'existe guère de preuves palpables que la protection de la forêt ait produit cet effet.

De nombreuses municipalités (encore que pas toutes) mentionnent la conservation d'un approvisionnement en eau pure comme la raison pour laquelle elles ont imposé la protection des forêts ou le reboisement. Aux États-Unis, il est demandé à tous les États, au titre de la loi fédérale, de réaliser une évaluation de l'eau de source, ce qui étaye l'idée selon laquelle la protection de l'eau potable à la source est le moyen le plus efficace d'éviter sa contamination (NRDC, 2003). La ville de New York est renommée pour son utilisation de forêts protégées aux fins de maintenir un approvisionnement en eau de haute qualité. Cette approche a reçu l'appui d'un vote populaire, en partie parce qu'il s'agissait d'une solution moins coûteuse que la construction de nouvelles usines de traitement. D'autres villes des États-Unis dépendent aussi des bassins versants boisés. Près de 85 pour cent de l'eau potable à San Francisco vient du bassin versant de Hetch Hetchy situé dans le parc national de Yosemite. À Seattle, Washington, les principales sources d'eau sont le bassin



© WWF-CANONT, PETERSEN

© WWF-CANONT, BAIR

versant de la Cedar River et celui de South Fork Tolt qui, ensemble, alimentent en eau potable non filtrée une population de 1,2 million d'habitants.

On trouve des exemples similaires dans de nombreuses régions tropicales et subtropicales. La réserve forestière de Mount Makiling au sud de Manille, Philippines, est une superficie forestière de 4 244 hectares, administrée et gérée par l'université des Philippines. Plus de 50 pour cent de la réserve est boisée, et l'écosystème de son bassin versant approvisionne cinq districts d'eau et plusieurs coopératives des eaux qui alimentent les utilisateurs familiaux, institutionnels et commerciaux. En République dominicaine, l'aire de conservation de Madre de las Aguas (Mère des eaux) protège le cours supérieur de 17 rivières qui fournissent de l'énergie, de l'eau pour l'irrigation et de l'eau potable à plus de 50 pour cent de la population du pays.

Parmi les grandes villes qui tirent une partie ou la totalité de leur eau potable d'aires protégées figurent Mumbai, Inde; Djakarta, Indonésie; Karachi, Pakistan; Singapour; Bogotá, Colombie; Rio de Janeiro, Brésil; Quito, Équateur; Caracas, Venezuela; Madrid, Espagne; Sofia, Bulgarie; Abidjan, Côte d'Ivoire; Le Cap, Afrique du Sud; et Harare, Zimbabwe.

GESTION DES FORÊTS POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

Les forêts offrent un large éventail d'options pour l'approvisionnement en eau, en fonction de leur type, de leur emplacement et de leur âge, ainsi que des besoins des utilisateurs. Les villes pourraient choisir un grand nombre de différents modes de gestion forestière, y compris la protection, la gestion durable et, le cas échéant, la remise en état.

Les responsables de l'approvisionnement

en eau et de la gestion forestière doivent répondre à de multiples questions: les bassins versants boisés offrent-ils des avantages réels en matière d'approvisionnement en eau? S'il en est ainsi, quelle superficie forestière est nécessaire pour obtenir ces avantages, et comment les forêts dans les bassins versants peuvent-elles être gérées au mieux pour protéger les disponibilités en eau? Dans la plupart des cas, les décisions devront être prises en tenant compte d'un grand nombre d'utilisations concurrentielles des terres, si bien que la gestion de l'eau devra mettre en balance les intérêts d'autres usages. Il faudra répondre à toutes les questions qui suivent avant de prendre une décision quelconque sur les forêts gérées pour l'approvisionnement en eau.

- **Quels sont les besoins les plus pressants concernant l'approvisionnement en eau?** Les pressions sur cet approvisionnement sont-elles dues principalement au besoin d'obtenir davantage d'eau ou une fourniture constante d'eau, ou bien la priorité concerne-t-elle surtout la qualité de l'eau? Quelles exigences en matière de qualité sont-elles les plus pressantes? L'envasement des réservoirs, par exemple, sera le facteur le plus important pour ce qui est de l'énergie hydroélectrique, alors que les polluants, comme les produits chimiques agricoles, nuiront surtout à l'eau potable.
- **Comment la végétation du bassin versant est-elle susceptible d'influencer la qualité de l'eau et le débit d'eau?** Cette question impose une analyse spécialisée, bien que certaines grandes lignes peuvent être tracées. Les forêts de brouillard, par exemple, peuvent augmenter les disponibilités hydriques, certaines vieilles forêts naturelles peuvent aussi accroître le débit, et les forêts jeunes et les plantations sont susceptibles de le réduire. Il faudra évaluer au cas par cas les situations, en fonction du sol, du climat, des types et de l'âge des forêts et du mode de gestion.
- **À quelle utilisation les terres sont-elles affectées?** La situation présente est importante de même que les changements récents et les tendances futures éventuelles.

En répondant à ces trois questions il sera plus facile de déterminer ce qu'offre la

végétation naturelle (et peut-être les autres utilisations des terres) dans le bassin versant sous l'angle de l'approvisionnement en eau, et quels changements futurs sont susceptibles d'accroître les avantages ou de créer, au contraire, des problèmes. Avec de telles informations, une analyse plus stratégique pourra aider à planifier les meilleures interventions de gestion:

- **Quelles sont les autres exigences concernant les terres dans le bassin versant et quelle superficie pourrait être disponible pour la gestion de l'eau?** Y a-t-il d'autres pressions sur la terre susceptibles d'améliorer ou de dégrader l'eau? Combien de terres sont disponibles, entièrement ou partiellement, pour la gestion de l'eau? Les utilisations actuelles des terres pourraient-elles être améliorées du point de vue de l'eau provenant du bassin versant? Quels impacts exerceraient ces changements sur la population locale et quels sont ses besoins et aspirations? Le bassin versant pourrait-il servir aussi à d'autres utilisations foncières comme les loisirs et la conservation de la biodiversité?
- **Quels sont les modes de gestion réalistes?** Il faudra analyser les modes de gestion actuels et futurs, y compris l'établissement et l'entretien d'aires protégées, la remise en état des forêts et d'autres formes d'utilisation foncière.

L'analyse devrait indiquer si la présence des forêts peut contribuer à fournir l'eau nécessaire à partir du bassin versant et donner des informations servant à opérer des choix en connaissance de cause sur une mosaïque de paysages apte à satisfaire tant les besoins en eau que d'autres exigences.

ÉVALUATION DES FORÊTS

Dans de nombreux cas, des facteurs économiques liés à la gestion des services de l'écosystème peuvent donner l'impulsion nécessaire pour réaliser la gestion forestière durable. Une équipe de chercheurs venue des États-Unis, d'Argentine et des Pays-Bas a évalué à 33 trillions de dollars EU en moyenne par an les services mondiaux fondamentaux de l'écosystème qui sont normalement tenus pour acquis du fait qu'ils sont gratuits. La valeur de la réglementation et de la fourniture d'eau était estimée à 2,3 trillions de dollars EU (Costanza *et al.*, 1997). Au niveau national,

la valeur économique de la fonction de stockage de l'eau des forêts de Chine est estimée à 7,5 trillions de yuans (environ 1 trillion de dollars EU), soit trois fois la valeur du bois de ces forêts. Une autre étude a calculé que la présence de forêts sur le mont Kenya a fait épargner à l'économie kenyane plus de 20 millions de dollars EU, grâce à la protection des bassins versants de deux des réseaux hydrographiques les plus importants du pays, le Tana et l'Ewaso Ngiro (Emerton, 2001).

La question pour les décideurs est de savoir comment traduire ces valeurs de façon à soutenir des types particuliers de gestion des terres. L'une des raisons qui explique pourquoi il a été si difficile d'arrêter et de renverser la perte mondiale de forêts est que les gestionnaires forestiers reçoivent normalement peu ou pas de compensation pour les services que les forêts procurent à d'autres, et ne sont donc pas incités à les gérer durablement. Même quand les zones sont protégées, des valeurs comme l'approvisionnement en eau ne sont souvent pas reconnues par les utilisateurs. Du fait des graves problèmes financiers dont souffrent les aires protégées au Venezuela, en 1999, l'Instituto Nacional de Parques (INPARQUES), l'organisme public pour les aires protégées, a envisagé

La forêt sur le mont Kenya protège le bassin versant de deux des principaux réseaux hydrographiques, celui du Tana et celui d'Ewaso Ngiro (Parc national du mont Kenya, Kenya)



© MW/P. OHRIE

de faire payer aux compagnies des eaux les services directs qu'elles obtiennent de ces zones (y compris les trois aires protégées qui sont la source d'eau de la capitale nationale (Caracas). Cependant, cette initiative n'a pas été développée ultérieurement jusqu'à présent (Courau, 2003).

La prise de conscience de cette question a encouragé la mise en place de systèmes grâce auxquels les utilisateurs fonciers sont rétribués pour les services environnementaux qu'ils procurent par leur gestion. Selon le principe central de l'approche du «paiement pour les services environnementaux», ceux qui fournissent ces services devraient être dédommages par ceux qui en bénéficient. Les projets qui utilisent les ressources hydriques comme tremplin pour des programmes réalisés suivant ce principe ont été mis en œuvre principalement en Amérique latine, mais l'intérêt pour cette approche s'étend rapidement au monde entier. À Quito, Équateur, par exemple, les compagnies des eaux participent aux frais de gestion des aires protégées qui sont la source d'une grande partie de l'eau potable de la capitale.

CONCLUSIONS

L'un des Objectifs du Millénaire pour le développement, des Nations Unies, est de réduire de moitié d'ici 2015 le pourcentage de personnes qui ne peuvent se procurer ou se permettre un approvisionnement en eau potable pure, et qui n'ont aucun accès aux services d'assainissement de base. Pour concrétiser cet objectif ambitieux, il faudra mettre en œuvre une panoplie d'initiatives. La capacité de la protection de forêts et leur bonne gestion de contribuer à la fourniture d'eau pure et bon marché mérite bien plus d'attention qu'elle n'en a reçue jusqu'ici. Cette reconnaissance devient de plus en plus urgente, car d'après l'Évaluation des écosystèmes en début de Millénaire (2005), 60 pour cent environ des services écosystémiques du monde sont actuellement en voie de dégradation ou utilisés de façon anarchique. ♦



Bibliographie

- Bruijnzeel, L.A.** 1990. *Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review*. Paris, France, Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) International Hydrological Humid Tropics Programme.
- Bradshaw, C.J.A., Sodhi, N.S., Peh, K.S.-H. et Brook, B.W.** 2007. Global evidence that deforestation amplifies flood risk and severity in the developing world. *Global Change Biology*, 13(11): 2379–2395.
- Calder, I.R.** 2000. Forests and hydrological services: reconciling public and science perceptions. *Land Use and Water Resources Research*, 2: 1–12.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Shahid Naeem, I., O'Neill, R., Paruelo, J., Raskin, R., Sutton, P. et van den Belt, M.** 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253–260.
- Courau, J.** 2003. Caracas, Venezuela. Dans N. Dudley et S. Stolton, éd. *Running pure: the importance of forest protected areas to drinking water*, p. 90–92. Gland, Suisse, Alliance Fonds mondial pour la nature (WWF)/Banque mondiale, pour la conservation et l'utilisation durable des forêts.
- Dudley, N. et Stolton, S., éd.** 2003. *Running pure: the importance of forest protected areas to drinking water*. Gland, Suisse, Alliance WWF/Banque mondiale, pour la conservation et l'utilisation durable des forêts.
- Emerton, L.** 2001. Why forest values are important to East Africa. *ACTS Innovation*, 8(2): 1–5.
- Évaluation des écosystèmes en début de Millénaire.** 2005. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington, DC, E.-U.A., Island Press.
- Natural Resources Defense Council (NRDC).** 2003. *What's on tap? Grading drinking water in U.S. cities*. New York, E.-U.A.
- Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD).** 2006. *Human Development Report*. New York, E.-U.A.
- Programme des Nations Unies pour les établissements humains.** 2003. *Water and sanitation in the world's cities: local action for global goals*. Londres, Royaume-Uni, Earthscan.
- Reid, W.V.** 2001. Capturing the value of ecosystem services to protect biodiversity. Dans G. Chichilenisky, G.C. Daily, P. Ehrlich, G. Heal et J.S. Miller, éd. *Managing human-dominated ecosystems*, p. 197–225. Monographs in Systematic Botany Vol. 84. St Louis, E.-U.A. Missouri Botanical Garden Press. ♦

Quito, Équateur, est l'une des nombreuses grandes villes qui tirent une partie ou la totalité de leur eau potable des aires protégées; les compagnies des eaux participent aux frais de gestion de ces aires protégées

Héritages forestiers, changement climatique, régimes de perturbation altérés, espèces envahissantes et ressources en eau

T. Stohlgren, C. Jarnevich et S. Kumar

Le changement climatique est l'un des nombreux facteurs qui influencent l'hydrologie forestière.

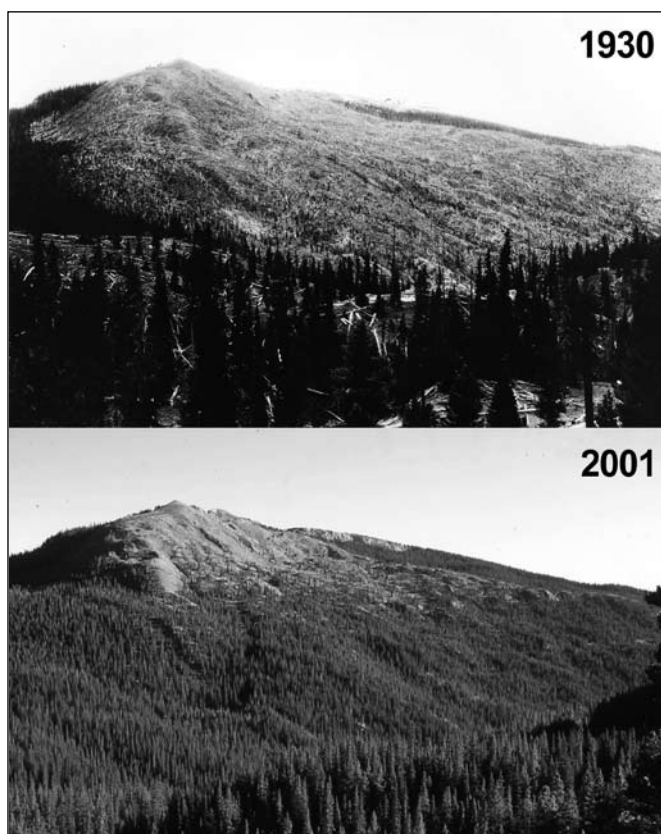
Le climat est un important facteur qui détermine la répartition des espèces forestières, et le taux de croissance et la structure des forêts. Il peut donc exercer des effets sensibles sur l'hydrologie des forêts de montagne, en particulier sur la quantité d'eau disponible en aval. Cependant, de nombreux autres facteurs influencent la biomasse forestière et l'hydrologie de montagne, et les effets du changement climatique ne peuvent être évalués indépendamment des utilisations foncières précédentes (à savoir, les héritages forestiers), des régimes de perturbation altérés (fréquence des incendies, infestations d'insectes, inondations) et des espèces envahissantes. Sur la base d'une recherche menée au Colorado, États-Unis,

le présent article examine les nombreux facteurs dont il faut tenir compte pour prédire les changements de disponibilité de l'eau.

HÉRITAGES FORESTIERS

Rares sont les paysages actuels aux États-Unis qui ont échappé à l'influence des activités humaines: exploitation forestière, exploitation minière, agriculture, pâturage des animaux domestiques, élimination des grands carnivores, incendies d'origine humaine et/ou pollution. De nombreux paysages continuent à faire l'objet de changements causés par des utilisations humaines, alors que d'autres retournent à leur état naturel (figure 1). La qualité et la quantité de l'eau disponible en aval

¹
**Photographie
répétée d'un bassin
versant subalpin au
Colorado, États-Unis**



Thomas Stohlgren est chef de sous-division et **Catherine Jarnevich** est écologiste et travaille au Fort Collins Science Center of the United States Geological Survey, Fort Collins, Colorado, États-Unis.

Sunil Kumar est scientifique et travaille au Natural Resource Ecology Laboratory de la Colorado State University, Fort Collins, Colorado, États-Unis.

J. VERBEN, UNIVERSITY OF COLORADO, BOULDER

sont susceptibles d'être influencées par des changements de la composition, de la structure, du couvert et de la biomasse forestiers dus à des utilisations foncières précédentes et à d'autres perturbations, tels les incendies de forêts. C'est ainsi que de nombreux bassins versants dans les montagnes Rocheuses du Colorado ont été dégradés par l'exploitation forestière, l'exploitation minière et des feux d'origine humaine croissants entre 1850 et 1900 (Veblen et Lorenz, 1991). Le débit des cours d'eau s'est probablement accru à la suite de ces perturbations, restant élevé pendant que les forêts se régénéraient. Le débit d'eau actuel pourrait vraisemblablement diminuer en raison de l'interception croissante de la neige par un couvert forestier en expansion et l'utilisation accrue d'eau par la forêt. Le changement climatique, qui a caractérisé la fin du vingtième siècle, doit être évalué sur la toile de fond des héritages de la forêt et du paysage.

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DÉBIT D'EAU

Le changement climatique n'est pas un phénomène inconnu pour les bassins versants de montagne (Pielou, 1991). En effet, en amont du bassin fluvial du Colorado aux États-Unis, la température moyenne annuelle a crû sensiblement depuis la fin du petit âge glaciaire (vers 1850). Comme il ressort de la figure 2 (haut), la température moyenne a augmenté de 1°C depuis les calculs systématiques commencés en 1895. Ces dernières années, le réchauffement a été encore plus sensible; accéléré par les activités humaines, le rythme du changement a été extrêmement rapide dans certains endroits. Aux stations météorologiques situées dans les bassins versants du tiers occidental du Colorado, les précipitations ont baissé légèrement mais pas de manière significative sur la même période, diminuant en moyenne de moins de 3 pour cent (figure 2, centre). La variation annuelle de la température et des précipitations a été considérable (figure 2, bas), oscillant sporadiquement entre des années chaudes et sèches et des années froides et humides, ou entre des années chaudes et humides et des années froides et sèches avec beaucoup d'années dans chaque quart. (La moyenne à long terme est indiquée au centre du diagramme.) Les espèces forestières végétales et animales dans le bassin versant ont été soumises à

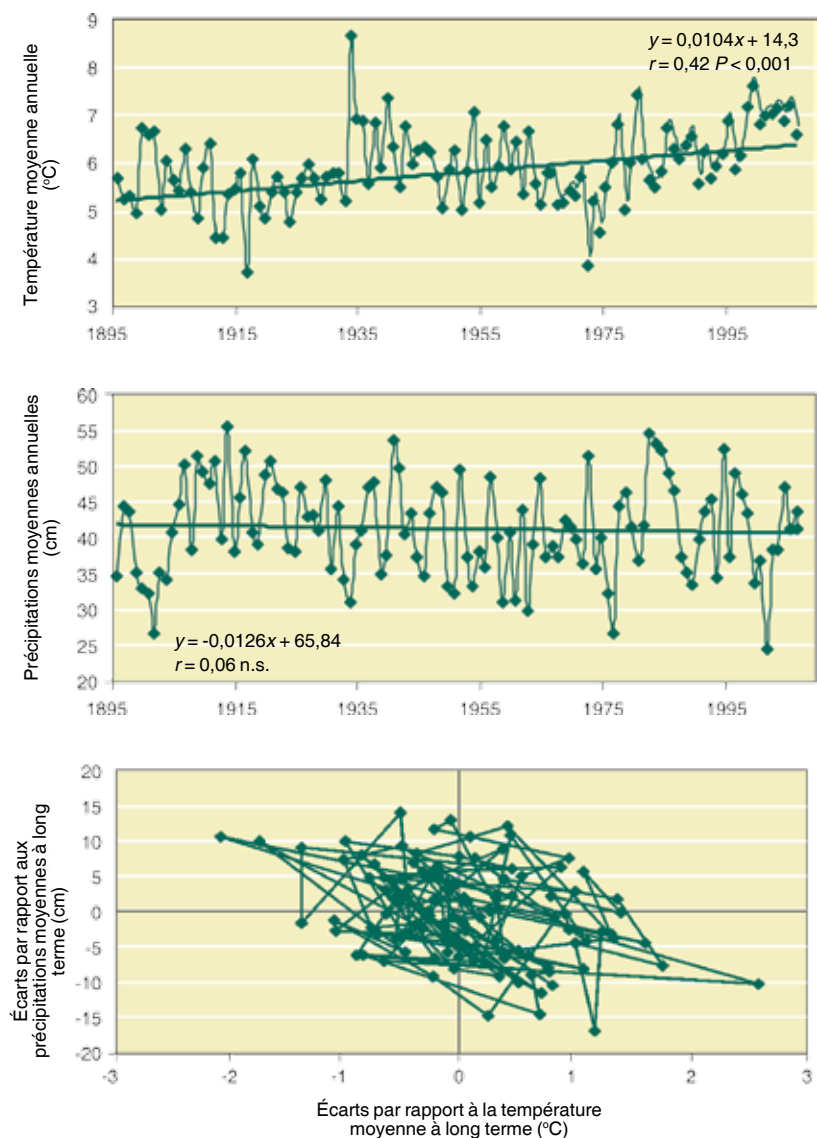
des fluctuations de la température moyenne de près de 5°C et à un écart de 30 pour cent des précipitations annuelles depuis le début de la collecte de données sur le climat.

De nombreuses espèces forestières végétales et animales longévives ont persisté malgré ces fluctuations annuelles du climat; de fait, leur adaptabilité à des variations climatiques à long terme pourrait s'être accrue. Toutefois, les fluctuations annuelles pourraient avoir des effets moins marqués sur la structure des forêts que des événements extrêmes comme les sécheresses de plusieurs années ou des années successives d'hivers plus doux que la moyenne, qui exacerbent les grandes infestations d'insectes forestiers. C'est pourquoi des scénarios climatiques rares peuvent avoir des effets à longue échéance

sur la structure et la biomasse forestières et, plus tard, sur les débits d'aval.

Le débit d'eau influence le rythme et la fourniture de l'eau en aval destinée aux usages agricoles et domestiques. Une analyse de trois bassins versants de montagne au Colorado ne révèle aucune tendance significative du débit d'eau mais une variation annuelle élevée (figure 3). D'autres enquêtes ont montré la tendance à une fonte des neiges et des débits de pointe plus précoces dans plusieurs bassins versants de l'ouest des États-Unis, sous des conditions climatiques présentes et prévues (Leung *et al.*, 2003; Stewart, Cayan et Dettinger,

2
**Température à long terme
(haut), précipitations (centre)
et fluctuation annuelle (bas)
dans le bassin du Colorado**



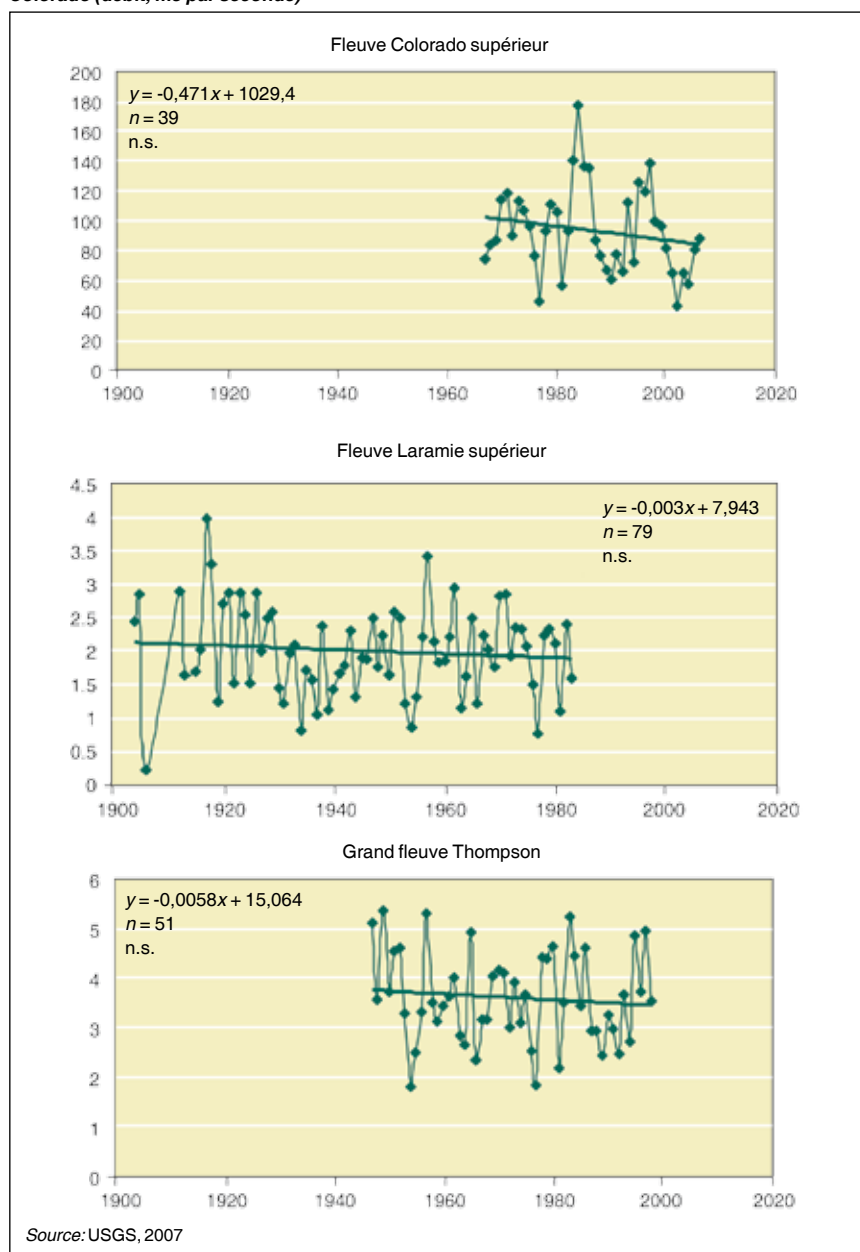
Source: Western Regional Climate Center, wrcc@dri.edu

2004, 2005). Les écoulements d'averse et les pluies, outre les chutes de neige, pourraient se produire plus fréquemment quand la température augmente. Cependant, les sécheresses durant plusieurs années pourraient s'avérer encore plus nocives. Il est probable que beaucoup de systèmes d'adduction d'eau mis au point sous des conditions climatiques plus humides dans le passé soient inadaptés à des sécheresses exceptionnelles. Les grandes sécheresses, comme celle qui a sévi dans le cours inférieur du Colorado au milieu des années 1100 et qui aurait duré 60 ans ou davantage (Meko *et al.*, 2007), devraient

retenir l'attention des planificateurs de l'eau d'aujourd'hui.

Le débit d'eau dépend, dans une très large mesure, de la quantité de précipitations, du moment de leur apparition et de leur forme. D'une manière générale, la neige subsiste dans le bassin versant plus longtemps que la pluie. L'emménagement et la perte d'eau souterraine et l'alimentation de la nappe aquifère exercent aussi une influence sur le débit d'eau. Parmi d'autres facteurs importants, figurent la périodicité et la succession d'années humides et sèches par rapport à l'alimentation de la nappe et aux systèmes d'adduction d'eau (réseaux d'irrigation, canaux, barrages, par exemple) qui neutralisent les conséquences des sécheresses.

3 Données sur le débit d'eau annuel pour trois bassins versants de montagne au Colorado (débit, m3 par seconde)



Il est indubitable que le changement climatique futur nuira à l'approvisionnement en eau – les fluctuations du climat l'ont toujours fait. Cependant, cette influence est étroitement liée aux héritages des forêts et du paysage, aux régimes de perturbation altérés et aux plantes, insectes et agents pathogènes envahissants.

RÉGIMES DE PERTURBATION ALTÉRÉS

L'homme a provoqué des changements dans maints systèmes naturels en altérant les régimes de perturbation du passé comme la fréquence, l'intensité et le modèle des incendies et des infestations d'insectes. De même, la maîtrise des crues à l'aide de barrages, réservoirs et canaux a un effet évident sur les modèles de débit dans de nombreux bassins versants. La suppression des incendies a entraîné une forte réduction de leur nombre chaque année aux États-Unis (figure 4, haut), alors que la superficie de chaque incendie serait croissante (figure 4, bas). L'exploitation forestière à grande échelle et les très grands incendies de la première moitié du vingtième siècle ont altéré de nombreux bassins versants boisés dans les montagnes Rocheuses du Colorado, comme il ressort de centaines de photographies répétées (Veblen et Lorenz, 1991). Le recrû forestier dense et équienne qui y a fait suite a, indubitablement, accru l'homogénéité des forêts et la quantité de combustibles susceptibles de s'enflammer présente aujourd'hui dans certaines zones.

Les infestations d'insectes et d'agents pathogènes indigènes sont périodiques et peuvent dévaster localement la structure et la biomasse forestières, nuisant ainsi aux disponibilités en eau. De grandes infestations de scolytes ont endommagé plusieurs millions d'hectares de forêts aux États-Unis ces dernières années. Les forêts défoliées pourraient se comporter de la même manière que les forêts incendiées, mais l'effet de la défoliation n'est pas toujours aussi étendu ou continu dans de nombreuses zones. S'il est vrai que la coévolution d'espèces forestières indigènes avec des insectes et pathogènes indigènes confère une certaine résistance à l'écosystème, les forêts indigènes sont en plus prises d'assaut actuellement par des ravageurs envahissants non indigènes contre lesquels les défenses naturelles sont limitées.

ESPÈCES ENVAHISSANTES

Les ravageurs et agents pathogènes forestiers envahissants non indigènes augmentent considérablement la pression sur les bassins versants, et peuvent décimer de vastes étendues de forêt intacte. Parmi les exemples notoires de ravageurs, dont quelques-uns ont été introduits aux États-Unis récemment, figurent les responsables des maladies fongiques ou apparentées comme la mort soudaine des chênes (causée par *Phytophthora ramorum*) (figure 5), la brûlure du châtaigner (causée par *Cryphonectria parasitica*), la graphiose de l'orme (causée par *Ophiostoma* spp. et propagée par le scolyte de l'orme, *Scolytus multistriatus*) et la rouille vésiculaire du pin blanc (causée par *Cronartium ribicola*); ainsi que des insectes nuisibles comme la spongieuse (*Lymantria dispar*) et la sésie émeraude du frêne (*Agrilus planipennis*). La rouille vésiculaire du pin blanc, par exemple, a provoqué la mort de plus de 90 pour cent de certains peuplements forestiers subalpins dans le Glacier National Park, Montana. Du fait que les espèces forestières indigènes n'ont pas évolué parallèlement aux ravageurs, leurs défenses naturelles pourraient être limitées.

D'autres espèces envahissantes non indigènes nocives peuvent nuire indirectement à la structure de la forêt. Les lombrics envahissants aux États-Unis sont en train de changer la structure du sol et le cycle nutritif. Des graminées et arbustes non indigènes, dont les graines sont souvent disséminées par les oiseaux, peuvent altérer les masses de combustible dans les forêts et, par là même, les régimes naturels des incendies.

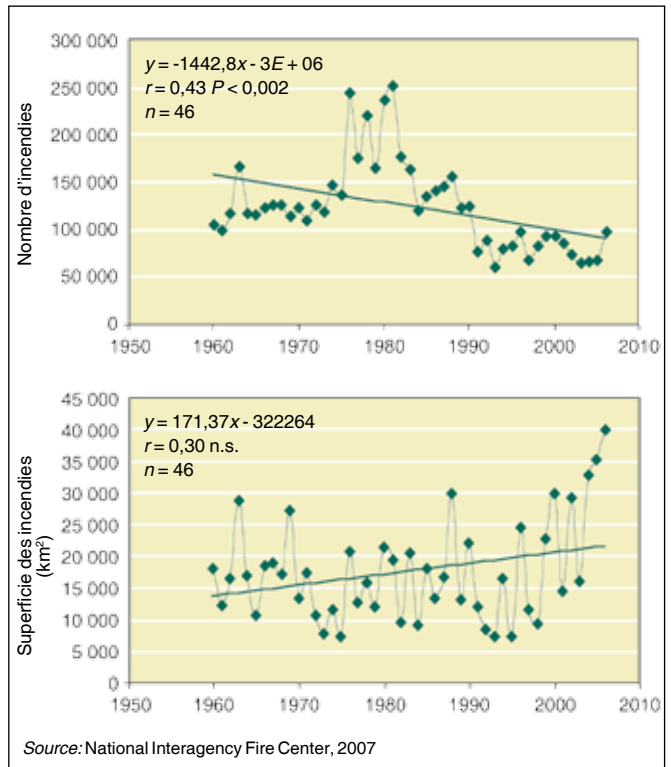
Certaines espèces envahissantes influencent directement ou indirectement la qualité et la quantité de l'eau des rivières. C'est ainsi que la renouée japonaise (*Fallopia japonica*), dont les racines sont moins profondes que celles des espèces ripicoles indigènes, peut compromettre la qualité de l'eau en augmentant les charges sédimentaires en suspension et la turbidité (Talmage et Kiviat, 2002). Une diatomée d'eau douce, *Didymosphenia geminata*, altère les conditions physiques et biologiques des cours d'eau et pourrait nuire indirectement à la qualité de leur eau en formant des masses ou des efflorescences qui dégradent l'habitat des poissons, suffoquent les plantes et les invertébrés submergés et réduisent le débit d'eau tout

en épuisant l'oxygène dissous (Spaulding et Elwell, 2007).

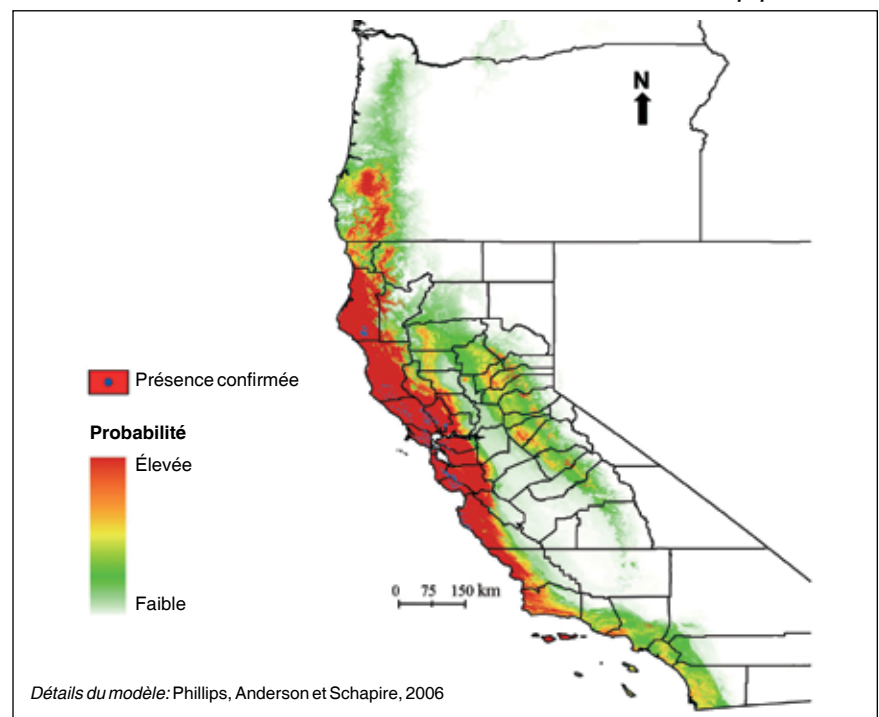
Les effets cumulés des plantes, insectes et agents pathogènes envahissants non indigènes pourraient endommager la

structure et la biomasse forestières, ainsi que la disponibilité d'eau en aval. L'augmentation du commerce, de la circulation des marchandises et des transports à long parcours pourrait aggraver ultérieurement

4
Statistiques sur les
incendies de forêts
des États-Unis,
1960-2006



5
Carte de la qualité potentielle de l'habitat pour la
répartition de *Phytophthora ramorum*, l'agent pathogène
qui cause la mort soudaine du chêne dans l'ouest
des États-Unis, préparée en utilisant la technique de
modélisation de la distribution entropique maximale





Forêt typique touchée par la mort soudaine du chêne, Californie, États-Unis

le problème. Les inspecteurs chargés de la lutte contre les ravageurs forestiers en découvrent chaque année de nouveaux.

UNE APPROCHE INTÉGRÉE

Une approche intégrée s'impose pour quantifier et comprendre les effets de multiples facteurs sur la quantité, le rythme et la qualité des débits d'aval des bassins versants de montagne. Certains enquêteurs ont tenté d'isoler les effets du changement climatique récent sur les régimes de perturbation (Westerling *et al.*, 2006, par exemple), mais des interventions plus ciblées et intégrées et une perspective à plus longue échéance pourraient être justifiées. L'héritage du paysage peut influencer directement la fréquence et l'envergure des incendies et l'apparition d'agents pathogènes envahissants qui aggravent le problème (figure 6). Les plantes, insectes et agents pathogènes forestiers envahissants peuvent, à leur tour, altérer directement le régime de perturbation (les graminées envahissantes, par exemple, qui influencent la fréquence des incendies ou la rouille vésiculaire du pin blanc qui tue directement les arbres). Les changements et les fluctuations climatiques se répercutent directement sur les précipitations (moment, quantité et forme) et le stockage de l'eau, ou compromettent indirectement la disponibilité en eau en agissant sur la composition des espèces et l'apparition d'agents pathogènes ou de ravageurs indigènes et non indigènes, ou le régime de perturbation (la fréquence et l'intensité des incendies ou des infestations d'insectes indigènes). La constance des changements d'affectation des terres et d'utilisation des ressources vient s'ajouter à l'héritage en évolution permanente

du paysage (Stohlgren *et al.*, 1998). Une approche intégrée et une surveillance attentive de nombreux facteurs qui interagissent pourraient s'avérer le seul moyen de quantifier et de prédire l'ensemble des changements auxquels font face maints bassins versants de montagne.

Pour mettre au point une science de la prévision, les gestionnaires de l'eau ont encore un long chemin à parcourir. Malgré les tendances générales analysées plus haut, les prévisions propres au site et les modèles de débit d'eau ont souvent induit en erreur les scientifiques. En 2002, par exemple, les précipitations à Denver, Colorado, étaient inférieures à la moyenne, et les journaux ont prédit à l'époque une sécheresse continue et un faible écoulement de l'eau destinée à l'approvisionnement de la ville. Cependant, les années suivantes (jusqu'à la fin de 2007) ont connu un écoulement beaucoup plus élevé, voire au-dessus de la moyenne, malgré que les tendances régionales eussent laissé prévoir des températures plus chaudes (Denver

Water, 2007). Il importe que les scientifiques puissent formuler, à l'avenir, des prévisions exactes des débits d'eau des mois ou des saisons à l'avance.

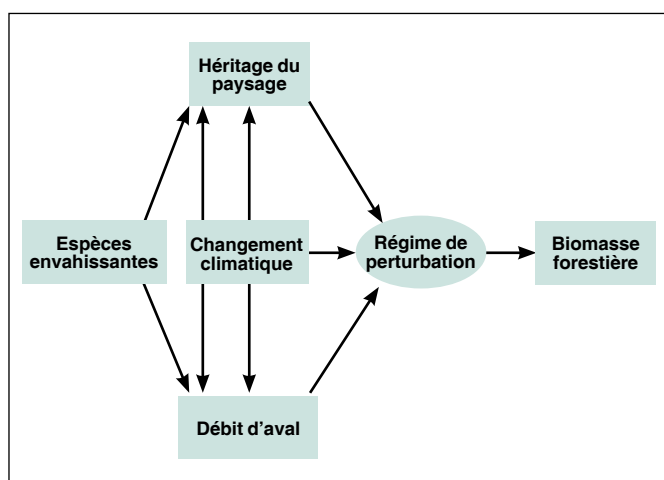
Une approche intégrée, qui évalue la situation actuelle et les tendances passées, pourrait s'associer à une modélisation spatiale et temporelle visant à créer des scénarios probables du changement futur de la structure des forêts et des disponibilités en eau. Une bonne capacité de «prévision écosystémique» en est le secret: combiner les techniques du système d'information géographique (SIG) et les scénarios climatiques et d'utilisation foncière, tout en évitant ou en minimisant les effets des espèces envahissantes nuisibles. ♦



Bibliographie

- Denver Water.** 2007. *Reservoirs and more. Predicted & actual reservoir supply (three year span)*. Denver, Colorado, E.-U.A. Disponible sur internet: www.water.denver.co.gov/indexmain.html
- Leung, L.R., Qian, Y., Bian, X.D. et Hunt, A.** 2003. Hydroclimate of the western United States based on observations and regional climate simulation of 1981–2000. Part II: Mesoscale ENSO anomalies. *Journal of Climate*, 16: 1912–1928.
- Meko, D.M., Woodhouse, C.A., Baisan, C.A., Knight, T., Lukas, J.J., Hughes, M.K. et Salzer, M.W.** 2007. Medieval drought in the upper Colorado River Basin. *Geophysical Research Letters*, 34: L10705.
- National Interagency Fire Center.** 2007. *Fire information – wildland fire statistics*.

6
Facteurs multiples influençant la quantité, le moment du débit et la qualité de l'eau à l'aval de bassins versants de montagne



- Document internet disponible à l'adresse: www.nifc.gov/fire_info/fire_stats.htm
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. et Schapire, R.E.** 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190: 231–259.
- Pielou, E.C.** 1991. *After the ice age: the return of life to glaciated North America*. Chicago, E.-U.A., University of Chicago Press.
- Spaulding, S.A. et Elwell, L.** 2007. *Increase in nuisance blooms and geographic expansion of the freshwater diatom Didymosphenia geminata: recommendations for response*. White Paper. Denver, E.-U.A., United States Environmental Protection Agency Region 8. Disponible sur internet: www.epa.gov/region8/water/didymosphenia
- Stewart, I.T., Cayan, D.R. et Dettinger, M.D.** 2004. Changes in snowmelt runoff timing in western North America under a 'business as usual' climate change scenario. *Climatic Change*, 62: 217–232.
- Stewart, I.T., Cayan, D.R. et Dettinger, M.D.** 2005. Changes toward earlier streamflow timing across western North America. *Journal of Climate*, 18: 1136–1155.
- Stohlgren, T.J., Chase, T.N., Pielke, R.A., Kittel, T.G.F. et Baron, J.** 1998. Evidence that local land use practices influence regional climate and vegetation patterns in adjacent natural areas. *Global Change Biology*, 4: 495–504.
- Talmage, E. et Kiviat, E.** 2002. *Japanese knotweed and water quality on Batavia Kill in Greene County, New York: background information and literature review*. Report to Greene County Soil and Water Conservation District and New York City Department of Environmental Protection. Disponible sur internet: www.gcsxcd.com/stream/knotweed/reports/litreview/JKandwaterquality.pdf
- United States Geological Survey (USGS).** 2007. *USGS surface-water annual statistics for the nation*. National Water Information System: Web interface. Disponible sur internet: waterdata.usgs.gov/nwis/annual/?referred_module=sw
- Veblen, T.T. et Lorenz, D.C.** 1991. *The Colorado Front Range: a century of ecological change*. Salt Lake City, E.-U.A., University of Utah Press.
- Westerling, A.L., Hidalgo, H.G., Cayan, D.R. et Swetnam, T.W.** 2006. Warming and earlier spring increase western U.S. forest wildfire activity. *Science*, 313: 940–943. ♦

Un système de rétribution des services environnementaux peut-il atténuer les effets d'El Niño? Une étude sur le bassin versant du fleuve Piura, Pérou

M. Fernández Barrena, N. Grados, M.S. Dunin-Borkowski,
P. Martínez de Anguita et P. Flores Velásquez

Pour prédire la viabilité d'un système de paiement pour la protection contre les inondations et les perturbations du cycle hydrologique, les coûts estimés de la modification des pratiques d'utilisation des terres ont été comparés avec les montants que les utilisateurs seraient disposés à payer.

Mario Fernández Barrena, Pablo Martínez de Anguita et Pablo Flores Velásquez travaillent à l'Université Rey Juan Carlos, Móstoles, Madrid, Espagne.

Nora Grados et Maria Sofia Dunin-Borkowski travaillent à l'Université de Piura, Piura, Pérou.

Le présent article est adapté d'une étude publiée par la Revista Electrónica de la Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Manejo de Cuenas Hidrográficas (REDLACH), Numéro 1, Année 4 (2007).

Les forêts de nuages andines disparaissent avec l'avancée de la frontière agricole. La dégradation environnementale causée par des pratiques agricoles impropres déstabilise le cycle hydrologique, augmentant les fluctuations saisonnières des débits du fleuve et les perturbations comme les glissements de terrain et les inondations. Dans la région septentrionale de Piura, Pérou, ces problèmes accroissent la vulnérabilité au phénomène d'El Niño – une oscillation du système océan-atmosphère dans le Pacifique tropical qui a d'importantes retombées sur les conditions météorologiques mondiales (INRENA, 2005).

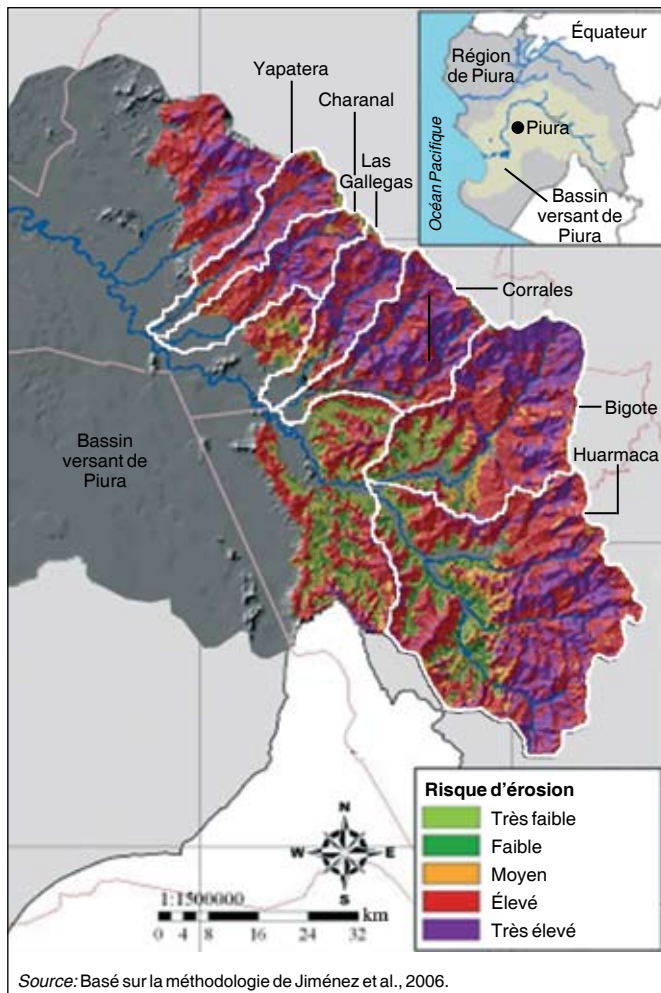
Ces dernières décennies, les perturbations causées par El Niño ont provoqué des dommages coûteux au bassin versant du fleuve Piura en déterminant des glissements de terrain sur des pentes escarpées et

de graves inondations en aval. En 1998, les pertes ont été évaluées à plus de 100 millions de dollars EU (CTAR, 1998). Les précipitations tombées en 1983 avaient été encore plus abondantes mais, en raison du taux élevé de déforestation, les dommages ont été supérieurs en 1998.

Une étude menée sur le bassin versant de Piura a montré qu'en raison de ces catastrophes, les habitants seraient disposés à payer pour des services environnementaux comme la protection contre les inondations et le contrôle du cycle hydrologique (amé-

Dans le bassin versant du fleuve Piura, Pérou, la perte du couvert forestier a accentué l'érosion; Le système hydrologique pourrait être amélioré en dédommageant les petits paysans des zones de montagne pour le reboisement, la conservation des forêts et l'adoption de l'agroforesterie, l'exploitation agricole durable et les techniques sylvopastorales à même de protéger les sols





1
**Risque d'érosion
dans les principaux
sous-bassins du bassin
versant de Piura, Pérou**

lioration de la quantité et de la qualité de l'eau et réduction des fluctuations saisonnières des débits). L'étude a examiné les possibilités de réalisation d'un système de rétribution des services environnementaux pour le bassin versant, dont les profits serviraient à conserver les forêts et à promouvoir des techniques agricoles et d'élevage durables (Martínez de Anguita *et al.*, 2006). Le financement du système incomberait aux habitants en aval qui souffrent des effets d'El Niño. Les paiements serviraient à dédommager les petits agriculteurs qui travaillent à la conservation des forêts et du lit du fleuve, à créer des incitations à adopter des techniques de protection des sols dans les systèmes d'exploitation agricole et à améliorer aussi les conditions de vie des paysans vivant dans cette région montagneuse.

L'étude comprenait une analyse socioéconomique de la zone du bassin versant visant à identifier les fournisseurs de services potentiels; une enquête sur les utilisateurs potentiels des services environnementaux et leur acceptation de les rétribuer; et une

cartographie et une étude hydrologique du bassin versant afin d'identifier les principales zones à destiner à l'entretien des services environnementaux. En comparant les coûts de ces mesures indispensables pour conserver les ressources en eau avec les montants que les utilisateurs des services et d'autres investisseurs devraient payer, on a pu analyser la viabilité de plusieurs options pour la mise en place du système de rétribution.

PLAN MODÈLE D'UN SYSTÈME DE RÉTRIBUTION DES SERVICES ENVIRONNEMENTAUX

Le haut du bassin versant du fleuve Piura a une population d'environ 70 000 fournisseurs potentiels de services environnementaux; ils partagent des systèmes d'exploitation et des conditions socioéconomiques similaires, et leur revenu annuel moyen s'élève à environ 400 dollars EU. La population en aval comprend quelque 300 000 acheteurs potentiels de ces services, et leur revenu annuel moyen est supérieur à 2 400 dollars EU.

Le bassin versant comprend six principaux sous-bassins où des améliorations permettraient de régulariser le cycle hydrologique. Toutes les berges du fleuve, depuis les débouchés de ses principaux affluents jusqu'à son embouchure sur l'océan Pacifique, sont vulnérables à des hausses soudaines du niveau de l'eau. La zone tout entière, pratiquement, y compris la plupart des terres agricoles de montagne, est exposée à un risque élevé à très élevé (figure 1). L'analyse du système d'information géographique (SIG) a montré que le risque d'érosion est influencé davantage par le couvert forestier que par le type de sol. Les solutions au problème sont claires: conservation des forêts résiduelles, recouvrement des zones perdues, reboisement des peuplements, adoption de l'agroforesterie et d'autres systèmes qui protègent les sols contre l'érosion et développement des systèmes sylvopastoraux (López Cadenas de Llano, 1990; Braud *et al.*, 2001).

Le débit du fleuve Piura subit de fortes fluctuations saisonnières allant de 5,72 m³ par seconde pendant environ dix mois de l'année à 200 m³ par seconde pendant la saison des pluies. Il varie aussi considérablement d'une année à l'autre; c'est ainsi que, pendant les années où sévissait El Niño, les débits de pointe ont atteint 1 600 m³ par seconde alors que pendant les années de La Niña ils étaient bien inférieurs.

Il a été estimé que les sous-bassins versants de Yapatera et Charanal pouvaient bénéficier le plus de l'intervention car ils font l'objet d'une érosion particulièrement grave (figure 2). Bien qu'ils s'agisse des plus petits sous-bassins versants qui n'occupent que 15,4 pour cent de la superficie totale, ensemble ils ont apporté 38 pour cent des sédiments et 23 pour cent de l'eau fournie par les six sous-bassins versants du fleuve.

Une enquête menée sur près de 200 acheteurs éventuels dans la ville de Piura, ainsi que d'autres études, ont montré que les habitants du bassin versant sont disposés à payer pour les services environnementaux (tableau 1). Plus de 80 pour cent des citadins résidents qui ont répondu à l'enquête ont déclaré qu'ils étaient prêts à payer. Quelque 66 pour cent de ceux interrogés ont dit qu'ils préféreraient verser l'argent à une institution indépendante créée à cette fin. En outre, 19 pour cent, pour plus de commodité, auraient préféré rétribuer ces services en même temps qu'ils payaient

la note d'eau. Les choix des 15 pour cent restants étaient partagés entre la municipalité, le gouvernement régional ou d'autres organismes non spécifiés.

Certains groupes socioéconomiques étant disposés à payer plus que d'autres, un plan de paiements différenciés par groupe socioéconomique augmenterait considérablement le revenu tiré du système. En multipliant le montant que verserait chaque groupe par le nombre de ménages compris dans ce groupe (tableau 2), il a été calculé que le revenu annuel obtenu du système

s'élèverait à plus de 10 millions de nuevos soles (S./), somme équivalente à 3,2 millions de dollars EU.

Les fournisseurs identifiés étaient des propriétaires fonciers vivant en amont du bassin versant du fleuve, lesquels pouvaient maintenir ou améliorer la qualité de l'eau par de bonnes pratiques ou un changement d'affectation des terres. Les paiements les dédommageraient, dans de nombreux cas, des travaux de reboisement et de gestion des zones reboisées, de la conservation des forêts ou de l'adoption

de pratiques agroforestières. Un modèle de planification a été créé grâce à la méthodologie proposée par Jiménez *et al.* (2006), qui divisait la superficie des fournisseurs en zones (figure 3):

- **zone de protection maximale des services environnementaux:** zones situées sur des pentes escarpées, soumises à un risque supérieur d'érosion, divisées en deux sous-zones:
 - **zone de protection maximale 1:** pente supérieure à 60 pour cent (40 728 hectares);
 - **zone de protection maximale 2:** pente entre 40 et 60 pour cent (63 070 hectares);
- **zone de protection hydrologique:** terres situées à 150 m des cours d'eau et des sources et couvertes d'une végétation qui protège les cours d'eau, tout en fournissant un habitat et des corridors de conservation à diverses espèces végétales et animales (35 333 hectares).
- **zone de conservation des services environnementaux:** forêts naturelles ou primaires, dont la protection est vitale pour la qualité des services environnementaux du bassin versant, ainsi que pour la conservation de la biodiversité (16 091 hectares);
- **zone d'exploitation agricole durable:** terres utilisées pour l'agriculture et l'élevage (71 696 hectares).

Afin d'étendre au maximum la superficie à protéger avec des fonds limités, divers types de contrats sont proposés aux fournisseurs dans les diverses zones à inclure dans le système de rétribution des services environnementaux (voir l'encadré). Des incitations encourageraient l'adoption de bonnes pratiques pour chaque zone, afin de conserver et d'améliorer ces services et de relever la qualité de vie des familles montagnardes en augmentant leurs revenus.

Sur la base du revenu des acheteurs vivant dans la ville de Piura, et en supposant que toutes les propriétés du bassin versant ont adhéré au plan de rétribution, on a calculé le montant moyen qui pourrait être payé par hectare comme coût d'opportunité. Quatre différentes options ont été élaborées, comprenant des pourcentages décroissants de la zone du bassin versant (tableau 3). La somme moyenne à payer par hectare serait ajustée en fonction des différents contrats que les propriétaires signeraient, suivant le type de terre qu'ils possèdent et leurs intérêts particuliers.

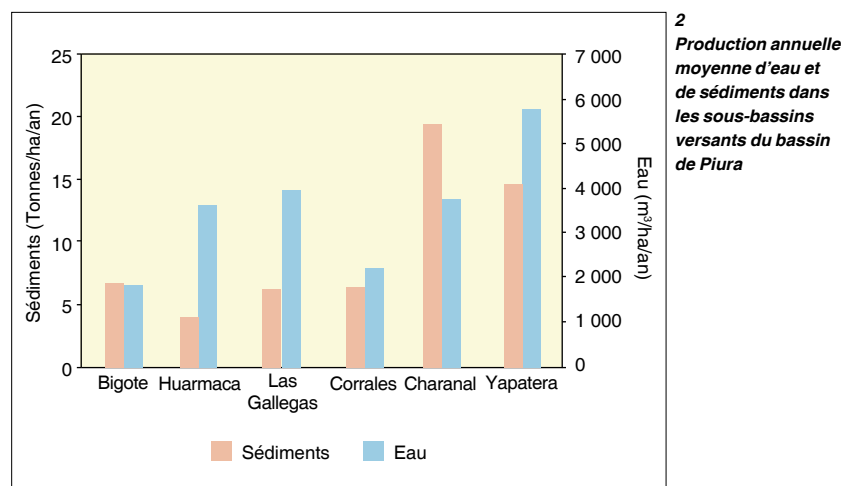


TABLEAU 1. Acheteurs potentiels des services environnementaux identifiés dans la zone du bassin versant du fleuve Piura

Acheteur identifié	Services environnementaux demandés	Raison de l'achat du service
Gouvernement régional de Piura, habitants de la ville de Piura et d'autres villes moins importantes (Tambo Grande, Morropón, Chulucanas)	Atténuation des risques d'inondation	Catastrophes causées par le phénomène El Niño en 1983 et 1998, les pertes totalisant plus de 100 millions de dollars EU (CTAR, 1998)
Agriculteurs vivant au pied des montagnes	Qualité et quantité de l'eau et réduction des fluctuations saisonnières	Amélioration des cultures pour les marchés intérieurs et internationaux
Enosa Electric Company	Quantité d'eau et réduction des fluctuations saisonnières	Production réduite d'électricité par des mini-installations hydroélectriques
Entreprises ou industries	Quelques services ou rehaussement de l'image sociale	Amélioration ou réduction des risques

TABLEAU 2. Structure de la population de la ville de Piura en fonction des groupes socioéconomiques et de leur intention de payer pour le service

Dépense mensuelle (S./)	Moyenne des habitants souhaitant payer par mois (S./)	Familles		Habitants	
		N°	% du total	N°	% du total
>920	29,9	7 000	9,7	39 000	10,8
636–920	17,8	20 400	28,1	97 700	27
457–636	9,4	28 000	38,6	128 100	35,4
<457	n.d.	17 100	23,6	96 900	26,8

Note: S./1 = 0,3194 \$EU (3/8/2007).

Sources: Enquête personnelle; APOYO Opinión y Mercado, 2003; INEI, 2005.

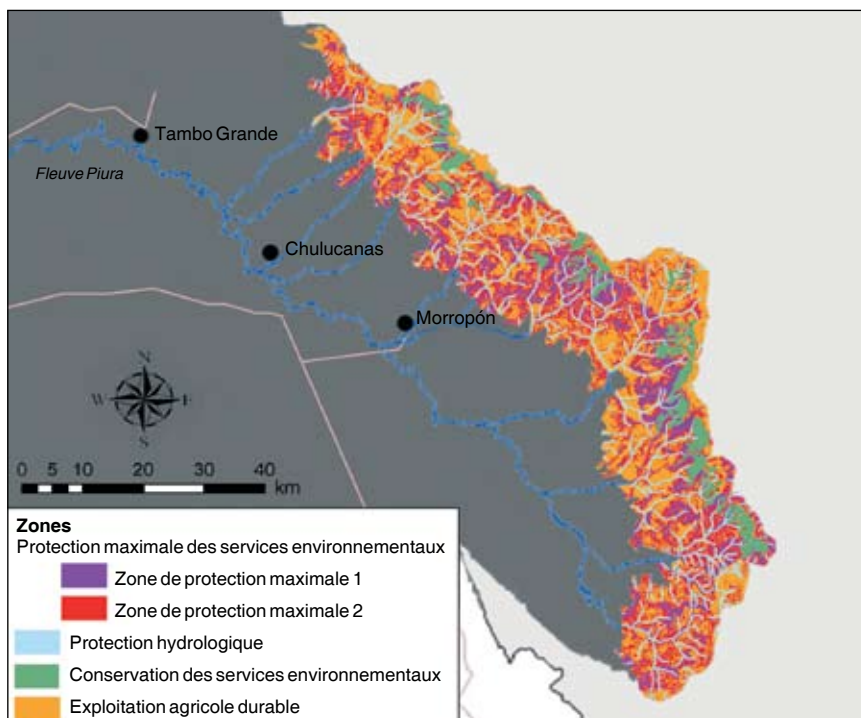


TABLEAU 3. Les options

Option	Superficies intéressées par le plan	Superficie totale (ha)	Compensation moyenne (soles/ha/an)
1	La zone tout entière, pour le meilleur service environnemental possible en faveur du nombre majeur d'habitants	195 945	51,2
2	La zone tout entière, à l'exception du sous-bassin versant de Huarmaca, auquel a été attribuée une faible priorité dans le modèle hydrologique, à cause de son niveau de dégradation plus limité	130 846	76,7
3	Toutes les zones des sous-bassins versants à l'exception de Huarmaca	115 419	86,9
4	Unités prioritaires homogènes de réponse hydrologique, de cultures de montagne produisant le volume le plus élevé de sédiments par hectare, et zones n'exigeant aucun versement initial (forêts et zones de protection hydrologique)	82 579	121,5

Au titre de l'option 1, il a été estimé qu'un investissement initial de 28,7 millions de dollars EU serait nécessaire (tableau 4), et les options 2 et 3 exigeraient un paiement similaire. Cette somme servirait à la fourniture des matériels nécessaires à satisfaire les exigences des fournisseurs sans qu'ils aient besoin d'investir un capital initial; ils fourniraient la main-d'œuvre requise pour réaliser les changements d'utilisation des terres. Si le gouvernement local était en mesure de verser 10,9 millions de dollars EU (en calculant le coût de la main-d'œuvre au taux du marché) et les acheteurs de Piura 3,2 millions de dollars

EU par an, le financement ne suffirait pas à rendre cette proposition viable. Le coût serait aussi trop élevé pour attirer une aide ou un prêt internationaux.

Toutefois, parmi les solutions plus réalisables pourrait figurer l'option 4, qui se fonde sur les unités prioritaires homogènes de réponse hydrologique (identifiées par leur type de sol, leur couvert végétal et leurs conditions météorologiques), ou une approche par étapes en commençant par les zones de priorité la plus élevée (tableau 5) ou encore les options 2 et 3. L'option 2 qui fournirait 75 pour cent des services environnementaux au coût

Types de contrats proposés

TYPE I: PROPRIÉTAIRES FORESTIERS

Forêt primaire. La somme reçue par unité de surface devrait être supérieure ou égale à celle que recevrait un agriculteur au titre du système de rétribution des services environnementaux. Certaines activités sont limitées.

Forêt secondaire ou reboisée. La somme reçue devrait être inférieure à celle reçue par les propriétaires de forêts primaires, mais supérieure à celle des autres catégories.

Dans chacun de ces cas, une incitation supplémentaire est prévue si la zone possédée se situe à l'intérieur des zones de protection définies dans le plan.

TYPE II: PROPRIÉTAIRES DE BERGES DE COURS D'EAU SANS VÉGÉTATION NATURELLE

Les propriétaires de terres situées à 150 m de rivières ou de sources (zone de protection hydrologique) recevront des montants semblables à ceux prévus par le contrat du Type I, afin de les dédommager du coût d'opportunité encouru pour le maintien d'un couvert végétal naturel dans ces zones.

TYPE III: PROPRIÉTAIRES DE TERRES AGRICOLES

La somme reçue devra être ajustée de façon qu'en l'ajoutant aux gains tirés de la production, le propriétaire obtiendra de son adhésion au contrat plus de bénéfices qu'en éliminant la forêt.

TYPE IV: PROPRIÉTAIRES DE PÂTURAGES

La somme offerte devra être suffisamment attrayante pour encourager le propriétaire à adhérer au système. Cette somme serait reçue à l'achèvement du modèle sylvo-pastoral proposé.

TYPE V: FORÊTS ET TERRES COMMUNAUTAIRES

Les contrats précédents devront être ajustés dans la mesure où la terre est boisée ou peut être reboisée. La somme sera versée au conseil municipal qui devra l'utiliser pour la conservation et la gestion de ces forêts.

TABLEAU 4. Coût initial estimé de l'option 1, le gouvernement local contribuant aux frais de la main-d'œuvre

Zone	Superficie (ha)	Coût initial		Coût de la main-d'œuvre	
		(S/. par ha)	(S/.)	(S/. par ha)	(S/.)
Protection maximale 1	28 931	792	22 913 252	173,5	5 019 507
Protection maximale 2	49 954	792	39 563 873	173,5	8 667 086
Conservation du service	16 091	0	0	0	0
Protection hydrographique	35 333	0	0	0	0
Exploitation agricole durable	71 696	382,5	27 421 710	283,5	20 325 757,3
Total			89 898 835 28 714 387\$EU		34 012 350 10 863 787\$EU

Source: Élaboré sur la base des modèles d'exploitation agricole et de coûts proposés par l'Université de Piura pour le Programa de Desarrollo Sostenible de Ecosistemas de Montaña del Perú.

TABLEAU 5. Coût de la mise en œuvre du système de rétribution des services environnementaux divisé en étapes, et centré sur les zones prioritaires afin de concrétiser l'idéal proposé dans le plan

Zone	Superficie (ha)	Coût initial		Coût de la main-d'œuvre	
		(S/. par ha)	(S/.)	(S/. par ha)	(S/.)
An 0: Option 4 (49% des services environnementaux)					
Protection maximale 1	3 446	792,0	2 729 559	173,5	597 953
Protection maximale 2	9 651	792,0	7 643 727	173,5	1 674 478,0
Protection hydrologique	35 333	0	0	0	0
Conservation	16 091	0	0	0	0
Exploitation agricole durable	18 058	382,5	6 906 792	283,5	5 119 512
Total			17 280 078 5 514 855 \$EU		7 391 943 2 361 042 \$EU
An 2: Option 3 (68% des services environnementaux)					
Protection maximale 1	14 004	792,0	11 091 133	173,5	2 429 686
Protection maximale 2	18 235	792,0	14 441 802	173,5	3 163 703
Protection hydrologique	0	0	0	0	0
Conservation	0	0	0	0	0
Exploitation agricole durable	26 265	382,5	10 045 716	283,5	7 446 173
Total			35 578 651 11 354 757 \$EU		13 039 562 4 164 934 \$EU
An 4: Option 2 (75% des services environnementaux)					
Protection maximale 1	2 045,9	792,0	1 620 376	173,5	354 968,6
Protection maximale 2	4 818,6	792,0	3 816 363	173,5	836 034,1
Protection hydrologique	0	0	0	0	0
Conservation	0	0	0	0	0
Exploitation agricole durable	5 337,7	382,5	2 041 509,0	283,5	1 513 225,0
Total			7 478 248 2 386 647 \$EU		2 704 228 863 751 \$EU
An 5: Option 1 (100% des services environnementaux)					
Protection maximale 1	10 227	792,0	8 099 665	173,5	1 774 358
Protection maximale 2	17 696	792,0	14 015 443	173,5	3 070 302
Protection hydrologique	0	0	0	0	0
Conservation	0	0	0	0	0
Exploitation agricole durable	21 350	382,5	8 165 962	283,5	6 052 845
Total			30 281 070 9 664 060 \$EU		10 897 506 3 480 745 \$EU
TOTAL			28 920 319 \$EU		10 870 471 \$EU

de 19,2 millions de dollars EU serait la plus efficace.

CONCLUSIONS

Un système de rétribution des services environnementaux visant à atténuer les dommages causés par le phénomène El Niño pourrait être viable. Bien que les hauts coûts initiaux interdiraient la mise en œuvre d'un plan optimal de conservation, des options moins complètes seraient praticables grâce aux contributions du gouvernement ou de donateurs internationaux, outre les paiements effectués par les utilisateurs des services environnementaux. Bien qu'inférieure à celle payée par les habitants de la ville de Piura, la somme versée par d'autres acheteurs potentiels, notamment les agriculteurs en aval du bassin, pour l'approvisionnement régulier en eau suffisante et de bonne qualité, viendrait s'ajouter au total. La différenciation des paiements en fonction de la capacité de payer des acheteurs augmenterait le revenu tiré du système de rétribution et contribuerait à l'équité sociale. En particulier dans les pays andins, où les inégalités sociales sont un problème commun, le rapport entre les acheteurs et les fournisseurs permettrait de niveler ces inégalités.

La méthode décrite ici, bien qu'elle concerne spécifiquement le bassin versant du fleuve Piura, pourrait être appliquée aussi à d'autres situations.

Même si l'assistance du gouvernement ou, à défaut, l'assistance internationale, serait nécessaire pour un tel programme, elle serait aussi justifiable. Il suffit de se souvenir que les ravages causés aux infrastructures par El Niño en 1998 s'élevaient à plus de 100 millions de dollars EU dans la région de Piura, chiffre qui dépasse de beaucoup le coût de la mise en œuvre du plan proposé. ♦



Bibliographie

- APOYO Opinión y Mercado.** 2003. *Informe Jefes de Hogar*. Miraflores, Pérou.
- Braud, I., Vich, A.I.J., Zuluaga, J., Fornero, L. et Pedrani, A.** 2001. Vegetation influence on runoff and sediment yield in the Andes region: observation and modelling. *Journal of Hydrology*, 254: 124–144.

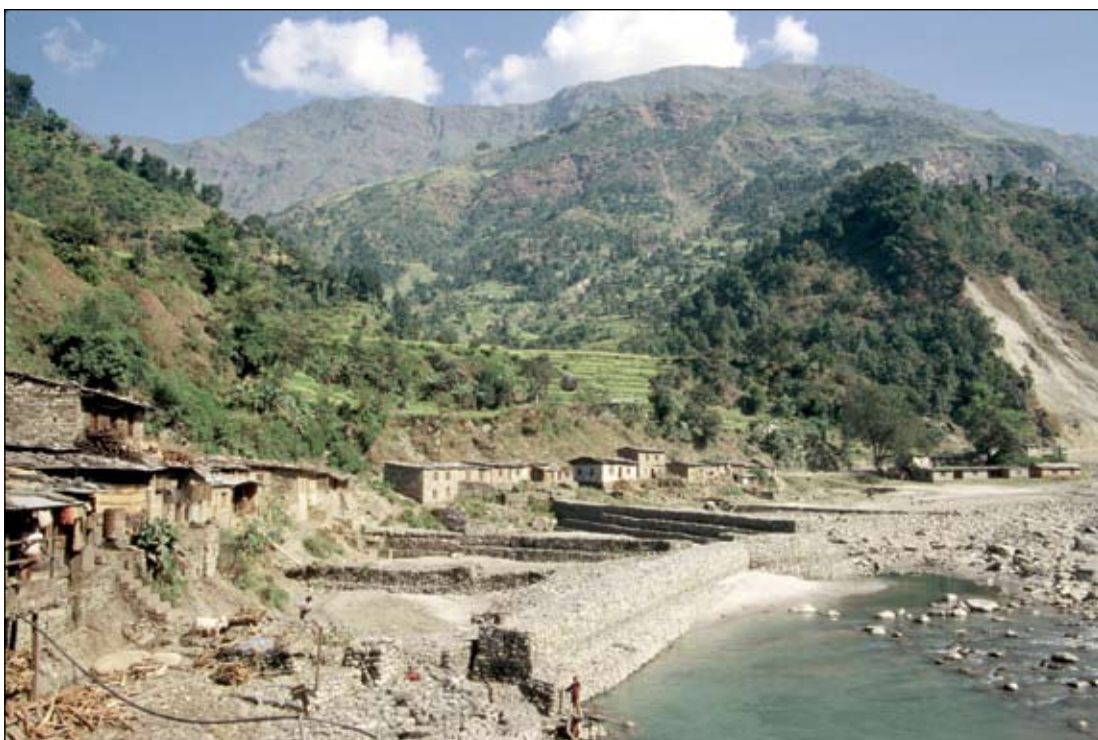
- Consejo Transitorio de Administración Regional (CTAR).** 1998. *Evaluación de los daños ocasionados por el fenómeno El Niño (periodo de emergencia 1998)*. Piura, Pérou, Dependiente del Ministerio de Economía y Finanzas. Disponible sur internet: www.mef.gob.pe
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) del Perú.** 2005. *Censo del 2005*. Lima, Pérou. Disponible sur internet: www.inei.gob.pe
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA).** 2005. *Evaluación de la vulnerabilidad física natural futura y medidas de adaptación en áreas de interés en la cuenca del río Piura*. Lima, Pérou. Disponible sur internet: www.conam.gob.pe
- Jiménez, L., Martínez de Anguita, P., Gómez, I., Romero, R., Ruiz, M.A., Dunin-Borkowski, M.S. et Guerrero, D.** 2006. Metodología para la zonificación del riesgo de erosión en cuencas andinas. Estudio de caso en el río Chalaco, Piura. Dans *Ordenación territorial y medio ambiente*. Madrid, Espagne, Dykinson.
- López Cadenas de Llano, F.** 1990. El papel del bosque en la conservación del agua y del suelo. *Ecología*, 1: 141–156.
- Martínez de Anguita, P., Rivera, S., Beneitez, J.M. et Cruz, F.** 2006. Establecimiento de un mecanismo de pago por servicios ambientales sobre un soporte GIS en la cuenca del río Calan, Honduras. *Geofocus*, 6: 152–181. ♦

Cinq ans après Shiga: faits nouveaux dans la formulation et l'application des politiques relatives à la forêt et à l'eau

P.C. Zingari et M. Achouri

Progrès réalisés depuis la réunion internationale d'experts sur les forêts et l'eau tenue à Shiga, Japon, en 2002.

Le changement climatique, la pénurie d'eau, la dégradation environnementale, l'insécurité alimentaire et les problèmes relatifs aux moyens d'existence et à la santé humaine exigent de toute urgence des politiques qui tiennent compte des interrelations entre la forêt et l'eau (établissement humain au bord d'un cours d'eau, Népal)



FAO/0-56/5/P. DURST

Les événements météorologiques extrêmes survenant périodiquement, le changement climatique et le besoin de stratégies d'adaptation attirent l'attention nationale et internationale sur l'eau, les écosystèmes aquatiques et les bassins versants. En outre, les problèmes croissants que soulèvent la pénurie d'eau, la dégradation de l'environnement, l'insécurité alimentaire, la précarité des moyens d'existence et la santé humaine imposent tous des mesures urgentes de gestion qui tiennent compte des interrelations entre la forêt et l'eau.

De nombreux mécanismes de coopération relatifs à la forêt, comme les critères et indicateurs régionaux visant à surveiller la gestion forestière durable, et les conventions environnementales mondiales juridiquement contraignantes sur la diversité biologique, la désertification et le change-

ment climatique, se sont penchés sur l'eau et les bassins versants. Simultanément, le nombre croissant d'initiatives mondiales portant sur l'eau, comme le Réseau international des organismes de bassin (RIOB) (voir www.inbo-news.org) ou le Conseil mondial de l'eau (CME) (voir www.worldwatercouncil.org), prennent progressivement en compte le rôle que jouent les arbres, les forêts, les écosystèmes riverains et leur gestion aux fins de la qualité, de la quantité, de la disponibilité en temps utile de l'eau douce et de la prévention des dangers. Le Partenariat mondial de l'eau, un autre exemple parmi tant d'autres, a préparé un recueil de bonnes pratiques qui présente des exemples de forêts contribuant à la protection des ressources en eau et à la gestion équilibrée des bassins versants (GWP, 2007).

Dans de nombreux pays, les politiques,

Pier Carlo Zingari est Directeur de l'Observatoire européen des forêts de montagne, Chambéry, France.
Moujahed Achouri est Chef du service de la conservation des forêts, Département des forêts, FAO, Rome

la législation et l'administration relatives aux forêts et à l'eau ont, de longue date, donné corps à des programmes de remise en état des forêts; tel a été le cas de pays européens comme la France, l'Italie et la Suisse depuis le dix-huitième siècle. Toutefois, ce n'est qu'au cours des dernières décennies que l'accent mis sur la théorie et la pratique de l'hydrologie a cédé la place à une approche plus globale qui tient compte des questions environnementales, de l'utilisation des terres et des bassins versants. Les efforts déployés plus récemment ont tenté d'intégrer différents secteurs et la participation des parties prenantes dans une approche élargie de la protection de l'environnement solidement ancrée dans les sciences forestières.

La réunion internationale d'experts sur les forêts et l'eau de Shiga, Japon, tenue en novembre 2002 dans le cadre du troisième Forum mondial de l'eau de Kyoto, Japon, peut être considérée comme un important pas accompli vers une meilleure compréhension et une mise en œuvre plus efficace à l'échelon mondial des politiques et des initiatives de planification et de gestion concernant les forêts et l'eau. Convoquée conjointement par la FAO, l'Organisation internationale des bois tropicaux (OIBT), l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) et l'Organisme forestier du Japon (Forestry Agency of Japan), la réunion d'experts s'est penchée sur les nouveaux défis et perspectives inhérents aux interactions entre la forêt et l'eau: meilleure compréhension des services hydrologiques et environnementaux procurés par les écosystèmes forestiers, outils de gestion plus efficaces qui intègrent les ressources forestières et hydriques et politiques et stratégies nationales plus claires permettant de guider les parties prenantes sur le terrain (Forestry Agency of Japan, 2002). La réunion a examiné aussi quelques questions relatives au rôle et aux services des forêts dans la crise mondiale de l'eau douce qui menace les moyens d'existence – y compris la santé et la sécurité alimentaire – et la conservation de la biodiversité. Ces questions ont été regroupées comme suit:

- Quelles sont les caractéristiques, les possibilités et les limites exactes de la contribution des forêts à la crise de l'eau face à différentes conditions

météorologiques et au changement climatique global?

- Comment les services forestiers peuvent-ils être incorporés dans des approches élargies de la gestion des bassins versants, y compris la rétribution des services environnementaux?
- Dans quelle mesure et sur quelle base chaque partie prenante devrait-elle participer pour garantir une action efficace et équitable?

Le présent article passe en revue certains des progrès accomplis au cours des cinq dernières années (de 2002 à 2007) concernant les principales questions soulevées, et fournit des preuves et exemples pratiques provenant du monde entier. Il examine quatre grands domaines analysés à Shiga:

- approches intégrées, participatives et intersectorielles de la planification et de la gestion;
- compréhension des processus biophysiques;
- économie des services du bassin versant;
- accords de collaboration et partenariats efficaces entre parties prenantes.

PLANIFICATION ET GESTION INTÉGRÉES

L'importance d'approches et de pratiques intersectorielles en matière forestière est largement reconnue, et la mise en œuvre de plans nationaux intégrés de gestion et d'utilisation efficace des ressources en eau a été sollicitée par le Sommet mondial pour le développement durable en 2002 (SMDD, 2003). Les institutions et les particuliers devraient prendre des mesures concrètes pour intégrer l'eau et sa gestion dans les nombreux secteurs qui la concernent et l'influencent, y compris la foresterie. Les principales recommandations de la réunion de Shiga formulées sur ce point préconisaient la mise au point de politiques et d'accords institutionnels visant à faciliter la collaboration entre les décideurs et entre ces derniers et les utilisateurs de la ressource.

Parmi les exemples d'instruments qui intègrent la foresterie et l'eau figure la «comptabilité sociale» établie par l'administration forestière de la Province autonome de Trente, Italie (2006). Son but est d'établir sur une base annuelle la valeur des avantages sociaux, économiques et environnementaux de la gestion des bassins versants aux plans de la qualité, du contrôle de la quantité, de la durabilité et

de la surveillance de l'eau. La comptabilité intéresse 5 600 km de torrents et de cours d'eau sur une superficie de 6 400 km², une zone forestière de 3 500 km² (55 pour cent de la superficie terrestre), le travail de 333 employés et un budget de plus de 34 millions d'euros en 2005.

La Commission du fleuve Mekong (voir www.mrcmekong.org; www.mekonginfo.org) en Asie du Sud-Est est l'un des programmes les plus ambitieux et les plus complexes de gestion intégrée des forêts et des eaux transfrontières. Il concerne 795 000 km² dans six pays riverains et plus de 60 millions de personnes. Quatre-vingt-dix pour cent de la population de la zone vivent en milieu rural où ils complètent leur alimentation à base de cultures vivrières par des poissons pêchés dans la forêt et les marécages, y compris les vastes étendues de forêts inondées. L'un des trois principaux objectifs du plan stratégique actuel pour la période allant de 2006 à 2010 est la concrétisation d'une approche intégrée de la gestion du bassin versant où la conservation des forêts joue un rôle pivot par rapport à la biodiversité, la qualité, la disponibilité en temps utile, l'utilisation et la surveillance de l'eau; et le renforcement des capacités individuelles et institutionnelles. La commission fait partie du Réseau international des organismes de bassin (RIOB) susmentionné qui réunit les gestionnaires mondiaux des bassins versants.

Le principe déterminant qui sous-tend la directive-cadre sur l'eau de l'Union européenne est la «restauration du bon état écologique des eaux par une approche intégrée et une planification à long terme du bassin versant» (Communautés européennes, 2000). L'application de la directive-cadre se fonde sur:

- des enquêtes sur la situation de chaque bassin versant (d'ici 2004) et la constitution de réseaux types de surveillance (d'ici 2006);
- des plans directeurs pour la gestion participative à grande échelle des bassins versants et des plans d'action opérationnels spécifiques (d'ici 2009);
- l'examen et la communication des résultats et l'élaboration d'un deuxième plan d'action (d'ici 2015).

Cet instrument régional juridiquement contraignant attire aussi l'intérêt de pays n'appartenant pas à l'Union européenne et pourrait s'avérer un modèle prometteur



FAO/FO-5941/J. BROADHEAD

La Commission du fleuve Mékong en Asie du Sud-Est est l'un des exemples les plus ambitieux et les plus complexes de programmes transfrontières de gestion intégrée des forêts et des eaux (le fleuve Ou, un affluent du Mékong, en République démocratique populaire lao)

pour d'autres régions. D'après une enquête sur des questions et priorités relatives aux bassins versants menée par la FAO en 2003 dans 31 pays, en collaboration avec l'Observatoire européen des forêts de montagne (FAO, 2006a), les institutions forestières nationales sont de l'avis que la directive-cadre est une combinaison équilibrée de mesures de planification, administratives, financières, méthodologiques et pratiques qui contribuent à atteindre des objectifs concrets.

La communauté du fleuve Motueka/baie de Tasman fournit un bon exemple de gestion participative et intégrée du bassin versant (ICM Motueka Research Programme, 2007). Le bassin a une superficie de 2 200 km² et se situe dans le nord-ouest de l'Île du Sud de la Nouvelle-Zélande. Les deux tiers de cette zone consistent en terrains escarpés couverts de plantations d'hêtres méridionaux indigènes (*Nothofagus* spp.), de podocarpes (*Podocarpus* spp.), de pins de Monterey commerciaux (*Pinus radiata*) et de Douglas taxifoliés (*Pseudotsuga menziesii*). Le cours supérieur alpin du fleuve s'élève jusqu'à 1 600 m au-dessus du niveau de la mer et fournit 95 pour cent de son eau douce à la baie de Tasman, une zone côtière productive aux eaux peu profondes et d'une grande importance culturelle, économique et écologique. La prise en compte des interactions amont-aval dans les activités de planification et de mise en œuvre de la gestion des ressources en eau assure et renforce la pratique d'approches participatives et intégrées.

COMPRENDRE LES PROCESSUS BIOPHYSIQUES

Les bassins versants boisés sont des systèmes hydrologiques exceptionnellement stables (FAO, 2003). Par rapport à d'autres utilisations des terres, les forêts saines :

- exercent une forte influence sur la quantité et la qualité de l'eau s'écoulant hors des bassins versants;
- permettent l'évacuation de débits d'orage de pointe et de volumes d'eau plus faibles pour un apport donné de pluies;
- modèrent les variations du débit pendant toute l'année;
- stabilisent les sols et empêchent le ravinement et l'érosion de surface;
- limitent les niveaux de sédiments transportés en aval.

La réunion de Shiga a souligné que, malgré les connaissances acquises sur les processus hydrologiques à petite échelle se déroulant dans les forêts, de nombreux aspects biophysiques de la relation entre la forêt et l'eau à plus grande échelle restaient encore à définir dans les différentes zones climatiques du monde. En outre, elle a noté que, malgré ces connaissances de base sur les processus biophysiques (voir Bonnell et Bruijnzeel, 2005), des divergences existent entre les opinions des responsables des politiques, du grand public et de la communauté des scientifiques, par exemple, sur les effets du reboisement sur le débit. Les débats de Shiga sur ces aspects scientifiques étaient très enrichissants, soulevant des questions stimulantes pour les travaux futurs.

L'initiative de la «Gestion de la forêt et du cycle de l'eau», lancée en 2007 au titre du Réseau intergouvernemental

Les bassins versants boisés sont des systèmes hydrologiques exceptionnellement stables (Canada)



FAO/FO-6863/BALT

de coopération européenne en matière de recherche scientifique et technique (COST en anglais) (www.cost.esf.org/index.php?id=142), affronte certaines de ces questions. Le principal objectif du réseau est d'approfondir les connaissances sur les interactions forêt-eau et d'élaborer des directives d'ordre scientifique pour améliorer la gestion des forêts affectées principalement à la production, au stockage et à la fourniture de l'eau. Il étudie à l'heure actuelle des questions concernant les forêts tempérées et l'eau. Les cinq domaines prioritaires de la recherche sont les suivants:

- influences sur l'eau de différents types de forêts, des espèces et des pratiques de gestion;
- importance de l'échelle dans les rapports forêts-gestion-eau;
- effets généraux des forêts sur l'état de l'eau (qualité, quantité, eau souterraine);
- fonctions de protection des forêts (débits faibles et de pointe, atténuation des inondations, érosion);
- effets du changement climatique sur les forêts et l'eau.

Portant sur des thèmes semblables, un atelier international sur «La gestion de l'eau moyennant la gestion des forêts» tenu en novembre 2007 à Beijing, Chine [note de l'éd.: voir la page. 68, sur ce thème], a examiné les progrès accomplis le siècle dernier dans la compréhension scientifique des processus hydrologiques forestiers et de leurs impacts à l'échelle des peuplements forestiers et des petits bassins versants.

ÉCONOMIE DES SERVICES DES BASSINS VERSANTS

L'une des principales recommandations de la réunion de Shiga portait sur l'estimation de la valeur économique des ressources forestières et hydriques en vue de la création d'incitations aptes à soutenir la gestion des ressources naturelles pour une fourniture durable de services – qui dépend aussi de l'existence de droits assurés aux ressources et à la terre. L'évaluation économique permettra de sensibiliser les parties intéressées à l'importance des services environnementaux et au partage équitable des coûts et avantages relatifs entre les utilisateurs et les fournisseurs des ressources. La réunion s'est penchée sur les partenariats constitués sur les interactions amont-aval,

car la rationalité comme l'irrationalité de la gestion des forêts de montagne et riveraines influencent toutes les populations en aval. La rétribution des services environnementaux est l'une des formes de tels partenariats.

Depuis la réunion de Shiga, des progrès considérables ont été accomplis dans l'élaboration du concept et des pratiques relatives à cette rétribution, définie par la CENUE (2006) comme «une transaction entre un acheteur et un vendeur pour un service écosystémique ou une pratique de gestion/utilisation foncière apte à garantir ce service». Les études de cas et les directives recueillies dans le cadre de la Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux documentent les méthodes, programmes de paiement et mesures connexes (dont un grand nombre concernent les forêts) tirés d'expériences réussies partout dans le monde (CENUE, 2006; Groupe de travail sur la gestion intégrée des ressources en eau, 2006). Des programmes de rétribution des services environnementaux procurés par les forêts et l'eau ont été réalisés dans de nombreux pays, notamment en Amérique latine. Ils vont des initiatives locales, avec ou sans financement extérieur, aux programmes nationaux financés par le biais de subventions intersectorielles.

Dans ce même esprit, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a récemment réitéré son appui aux politiques forestières et de l'eau qui récompensent la fourniture de services au lieu d'octroyer des subventions au secteur forestier (Bonnis, 2007).

ARRANGEMENTS DE COLLABORATION ET DE PARTICIPATION

La réunion de Shiga, conformément au plan de mise en œuvre du Sommet mondial pour le développement durable (SMDD, 2003), a recommandé la promotion d'arrangements de collaboration et de partenariats efficaces et équitables entre toutes les parties prenantes et à tous les niveaux pour une gestion améliorée et mieux coordonnée des ressources en eau.

Parmi les arrangements de collaboration entre les organisations nationales et internationales figurent le Conseil mondial de l'eau (voir www.worldwatercouncil.org) et le Partenariat de collaboration sur les forêts (voir www.fao.org/forestry/cpf). En reliant les forêts et l'eau, la FAO a collaboré avec des pays et des partenaires institutionnels pour donner corps à une nouvelle génération de programmes et projets de gestion des bassins versants. Le manuel de référence à l'intention des praticiens et des décideurs locaux qui en est issu (FAO, 2006b) réunit les contributions de plus de 80 institutions, obtenues grâce à une enquête mondiale et quatre ateliers régionaux. [note de l'éd.: voir l'encadré p.22].

D'autres alliances constituées au niveau mondial sont des initiatives d'échange et de jumelage. Telles sont le projet Brahmatwinn (2007), une collaboration entre le bassin versant du cours supérieur du fleuve Brahmapoutre en Asie du Sud (Tibet, Bhoutan et État de l'Assam dans le nord-est de l'Inde), le bassin versant du cours supérieur du Danube en Europe et l'initiative Twinbasin (2007) qui promeut le jumelage de bassins versants dans le

L'importance d'estimer pleinement la valeur économique des ressources forestières et hydriques est reconnue de façon croissante (au Mexique, l'eau de source locale est embouteillée par les communautés rurales et vendue dans les villes voisines – un produit forestier non ligneux d'une valeur grandissante)



ITLOS ANATOLSKA

monde entier pour la mise au point de pratiques intégrées de gestion des ressources en eau.

De nombreux bassins versants boisés situés dans toutes les parties du monde sont réunis au sein du programme intitulé «L'hydrologie au service de l'environnement, de la vie et de la formulation des politiques» (HELP en anglais) de l'UNESCO et de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) (voir www.unesco.org/water/ihp/help). Cette initiative appuie la gestion intégrée des bassins versants moyennant des cadres permettant aux experts, aux gestionnaires et aux scientifiques de travailler de concert à des problèmes relatifs à l'eau. Un réseau mondial de bassins versants (dont certains mesurent 106 km²) facilite l'échange des expériences de terrain. La communauté du fleuve Motueka/baie de Tasman décrite plus haut est l'un des bassins versants qui font partie du réseau de HELP.

CONCLUSIONS

La réunion de Shiga a offert une plateforme internationale pour parvenir à un consensus et identifier le chemin à suivre en matière de conservation et de gestion des forêts et de l'eau. Après cinq ans à peine, il est encore trop tôt pour évaluer la mise en œuvre de ses recommandations; cependant, des progrès notables ont été accomplis aux niveaux international et national. L'Année internationale de l'eau douce (2003), ainsi que la Décennie internationale d'action «L'eau, source de vie» 2005-2015 (voir www.un.org/waterforlifedecade), ont contribué ultérieurement à la reconnaissance des interrelations entre l'eau et les écosystèmes terrestres et de la nécessité d'une action urgente pour les protéger afin d'assurer une fourniture durable de services environnementaux. Les débats ont révélé une tendance claire vers le renforcement des liens entre la gestion des forêts et celle de l'eau.

Il ne fait pas de doute que, dans la pratique, ces liens devront être resserrés ultérieurement. De nouveaux efforts sont nécessaires en matière de recherche interdisciplinaire, d'amélioration de la qualité et de la disponibilité des données, et pour une utilisation élargie des programmes équitables de rétribution des services environnementaux. Les problèmes croissants relatifs à la pénurie d'eau et à la dégradation environnementale, ainsi qu'à leur

impact sur la sécurité alimentaire, font de la demande et de l'offre d'eau une question pressante et une source potentielle de conflit; il faudrait donc accorder plus d'attention à la mise au point d'approches et de politiques globales permettant de concrétiser la gestion intégrée des ressources en eau.

Sur la base des principaux progrès accomplis et des besoins identifiés depuis la réunion de Shiga, les décideurs locaux et nationaux devront améliorer leurs politiques et pratiques relatives à la forêt et à l'eau en analysant, en adaptant et en adoptant les mesures suivantes:

- lois, plans, mesures intersectoriels spécifiques et réorientations institutionnelles;
- programmes de sensibilisation efficaces, liaison entre la science et les politiques, et renforcement des capacités des différents groupes cibles depuis les habitants du bassin versant jusqu'aux décideurs de haut niveau;
- initiatives visant à améliorer la compréhension scientifique des interactions forêts-eau, les connaissances et la surveillance locales pour appuyer des interventions basées sur des preuves;
- harmonisation des liaisons aux niveaux micro et macro d'expériences, d'initiatives et de mécanismes dans le cadre de la gestion durable des forêts et des eaux;
- évaluation accrue de projets fondés sur des changements et progrès réels;
- mécanismes adaptés localement pour l'évaluation et la rétribution de services, et financement des processus de gestion collective à long terme des bassins versants;
- forums régionaux pour l'échange d'expériences, l'identification d'intérêts et de responsabilités partagés et la négociation d'accords, notamment en matière de bassins transfrontières.

Les organisations internationales comme la FAO et ses partenaires peuvent aider de manière active à promouvoir des actions visant une meilleure gestion des ressources en eau, grâce à des activités de programme normatives et pratiques aux niveaux national, régional et mondial. À cet égard, il est important de souligner que les politiques et outils en faveur de la gestion durable des ressources naturelles et du bien-être des populations devront

préconiser la prise de conscience et le respect des ressources culturelles, technologiques et humaines de chaque zone (UNESCO, 2005). Vu l'importance prééminente que revêtent les questions de l'eau dans le monde entier, le moment est venu de promouvoir et d'appliquer les interrelations entre la gestion des ressources en eau et la conservation et la gestion des écosystèmes forestiers. ♦



Bibliographie

- Bonell, M. et Bruijnzeel, L.A.** 2005. *Forests, water and people in the humid tropics – past, present and future hydrological research for integrated land and water management*. International Hydrology Series. Paris, France, Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO).
- Bonnis, G.** 2007. Economic incentives towards sustainable water management. Présenté à la 7^e assemblée générale du Réseau international des organismes de bassin, Debrecen, Hongrie, 7–9 juin. Disponible à l'adresse: www.inbo-news.org/ag2007/comms/OECDDebrecen-abstract.pdf
- Brahmatwinn Project.** 2007. Twinning European and South Asian River Basins to enhance capacity and implement adaptive management approaches. Disponible à l'adresse: www.geogr.uni-jena.de/index.php?id=5314&L=2
- Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CENUE).** 2006. *Draft code of conduct on payments for ecosystem services in integrated water resources management*. Réunion des parties à la Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux, Groupe de travail sur la gestion intégrée des ressources en eau, deuxième réunion, Genève, Suisse, 26–27 juin 2006. ECE/MP.WAT/WG.1/2006/3. Conseil économique et social des Nations Unies (ECOSOC). Disponible à l'adresse: www.unece.org/env/documents/2006/wat/wg.1/mp.wat.wg.1.2006.3.e.pdf
- Communautés européennes.** 2000. Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. *Journal officiel des Communautés européennes*, L 327

- (22 décembre). Disponible à l'adresse: ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html
- FAO.** 2003. *Sassari Declaration on Integrated Watershed Management: Water for the Future*. Disponible à l'adresse: www.fao.org/forestry/site/36420 (anglais seulement).
- FAO.** 2006a. Towards a new generation of watershed management programmes and projects. Présenté à la 25^e session du Groupe de travail sur la gestion des bassins versants de montagne, Salzbourg, Autriche, 24–26 avril. Disponible à l'adresse: www.fao.org/forestry/site/36263 (anglais seulement).
- FAO.** 2006b. *The new generation of watershed management programmes and projects. Étude FAO: Forêts* N. 150. Disponible à l'adresse: www.fao.org/docrep/009/a0644e/a0644e00.htm
- Forestry Agency of Japan.** 2002. *Shiga Declaration on Forests and Water*. Réunion internationale d'experts sur les forêts et l'eau, Shiga, Japon, 20–22 novembre 2002. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan. Disponible à l'adresse: www.rinya.maff.go.jp/faw2002/shiga.html
- Global Water Partnership (GWP).** 2007. *Integrated Water Resources Management ToolBox*. Disponible à l'adresse: www.gwptoolbox.org
- Groupe de travail sur la gestion intégrée des ressources en eau.** 2006. *Draft code of conduct on payments for ecosystem services in integrated water resources management – technical annexes*. Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux. Working Paper 1. Disponible à l'adresse: www.unece.org/env/water/meetings/wgiwrm/2006_secondmeeting/working%20paper1.pdf
- Integrated Catchment Management (ICM) Motueka Research Programme.** 2007. *Integrated catchment management for the Motueka River*. Disponible à l'adresse: icm.landcareresearch.co.nz
- Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO).** 2005. *Global Network of Water Anthropology for Local Action (NETWA)*. Paris. Disponible à l'adresse: unesdoc.unesco.org/images/0014/001459/145948E.pdf
- Province autonome de Trente, Italie.** 2006. *Servizio bacini montani – bilancio sociale 2006*. Document internet. Disponible à l'adresse: www.bacinimontani.provincia.tn.it/bilancio_sociale.htm
- Sommet mondial pour le développement durable (SMDD).** 2003. Chapitre IV. Protection et gestion des ressources naturelles aux fins du développement économique et social. Paragraphe 26. Élaborer des plans intégrés de gestion et d'utilisation efficace des ressources en eau. Disponible à l'adresse: www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/POIChapter4.htm
- Twinbasin Initiative.** 2007. *Promoting twinning of river basins for developing integrated water resources management practices*. Disponible à l'adresse: www.twinbasin.org ♦

L'eau, les forêts et le Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau

D.G. Donovan

Une place pour de nouveaux débats sur les forêts dans les futures éditions du rapport périodique d'ONU-Eau sur la situation des ressources mondiales en eau douce.

Le rapport entre les forêts et l'eau reste une question controversée, souvent entourée de mythes, de fausses interprétations et d'extrapolations d'exemples inappropriés. Les agriculteurs se sont plaints des niveaux décroissants de l'eau des puits à la suite de projets de boisement destinés à améliorer l'état des bassins versants. Les autorités ont dirigé l'abattage des arbres pour conserver l'eau. L'exploitation forestière et la déforestation sont largement jugées responsables des inondations. Une meilleure compréhension des relations qui s'établissent entre les forêts et l'eau reste une nécessité manifeste.

Les organisations du système des Nations Unies ont assumé la tâche d'organiser systématiquement les connaissances et les compétences mondiales en matière de ressources en eau, afin de préparer un examen et une évaluation périodiques à l'échelle mondiale de la situation de l'eau douce, à savoir le Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau. Ce rapport est la publication vedette d'ONU-Eau, le mécanisme interinstitutions établi pour promouvoir la cohérence et la coordination de toutes les activités entreprises par les Nations Unies dans le domaine de l'eau douce. Produit par le Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau d'ONU-Eau, le rapport regroupe les compétences de 24 agences des Nations Unies œuvrant étroitement avec les gouvernements, les organisations non gouvernementales et la société civile. Le rapport vise à présenter une image fiable de l'état des ressources mondiales en eau douce et des écosystèmes connexes, identifiant les questions clés, surveillant les progrès accomplis et documentant les enseignements tirés – données indispensables pour la formulation de politiques et de plans relatifs à l'eau mieux informés. Le deuxième rapport, intitulé *L'eau, une responsabilité partagée*, a été publié le 22 mars 2006, la Journée mondiale de l'eau, lors du quatrième Forum mondial de l'eau à Mexico, Mexique.

Évaluation mondiale des ressources en eau fraîche

Divisé en quatre parties, *L'eau, une responsabilité partagée* commence par présenter les questions de base intéressant l'utilisation et la gestion de l'eau aujourd'hui, notamment le défi consistant à réaliser une bonne gouvernance hydrique par la gestion intégrée des ressources en eau et à atténuer les pressions exercées sur ces dernières par une urbanisation accélérée et des conditions climatiques instables.

Le rapport se poursuit par un examen des questions traitant de l'approvisionnement en eau, qui établit la relation entre l'état des ressources en eau douce et la situation des écosystèmes qui leur sont associés. Il reconnaît que le maintien d'écosystèmes sains signifie, non seulement préserver la diversité du paysage et les habitats des autres formes de vie, mais aussi assurer des disponibilités régulières d'eau propre pour tous les être vivants.

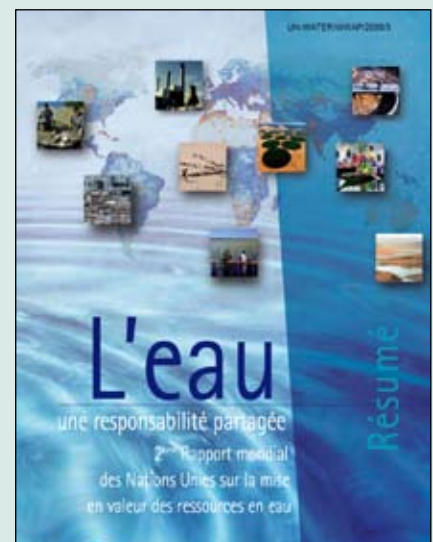
La troisième partie exprime les préoccupations des principaux secteurs responsables de la demande d'eau, notamment la santé, l'industrie et l'énergie, et aborde les questions relatives au dessalement et à l'exploitation de l'énergie cinétique de l'eau pour la production d'électricité.

Revenant, dans l'avant-dernière partie, sur les questions de gouvernance associées à l'évolution du contexte environnemental, politique et économique, le rapport se focalise sur la gestion des risques de catastrophes liées à l'eau, le partage des ressources en eau et la création de connaissances et de capacités en matière d'eau, ainsi que sur des questions économiques comme l'évaluation des ressources hydriques et la fixation de prix pour les services d'eau. Enfin, des études de cas conduites dans différents pays et régions décrivent les efforts accomplis pour relever les défis particuliers que pose l'eau, alors que des conclusions fournissent des recommandations pour le chemin à suivre.

La perspective forestière

Le Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau n'examine que brièvement le rôle des forêts et de la foresterie. Il constate que les mauvaises pratiques de gestion

Deanna G. Donovan est consultante forestière, ex-chargée de programme, Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau, Division de la science de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO). Elle a collaboré au deuxième Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau.



forestière peuvent entraîner l'envasement des réservoirs. Compte tenu de la nécessité de fournir un approvisionnement suffisant en eau propre aux agglomérations urbaines en voie de croissance rapide dans de nombreux pays en développement, reconnaître que «le tiers des 100 plus grandes villes du monde repose sur les forêts ... pour un pourcentage substantiel de leur eau potable» est significatif. Bien que le débat sur l'eau par rapport à l'alimentation, l'agriculture et les moyens d'existence ruraux soit centré principalement sur l'agriculture irriguée, le rapport note que la production agricole n'utilise, en réalité, qu'une petite fraction seulement des précipitations terrestres par rapport à la végétation naturelle, y compris les forêts et les pâturages. Le chapitre sur l'évaluation de l'eau soulève la question de sa rétribution pour les services environnementaux, comme la gestion des bassins versants.

Il est essentiel d'améliorer la gouvernance de l'environnement pour une utilisation plus efficiente, plus équitable et plus viable des ressources en eau douce. Les remarques conclusives reconnaissent que «les écosystèmes sains font partie intégrante du bon fonctionnement du cycle hydrologique» et que la protection de l'environnement doit, dès

lors, être au cœur de la gestion intégrée des ressources en eau. Cependant, une meilleure gestion de l'environnement exige une compréhension approfondie des systèmes et des processus écologiques liés à l'eau, y compris ceux des écosystèmes forestiers.

Les responsables des politiques, les planificateurs et le grand public bénéficieraient certainement d'un débat plus exhaustif sur les relations entre les forêts et l'eau dans les prochaines éditions du Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau. Au-delà de l'observation des effets hydrologiques nocifs de la mauvaise gestion forestière (l'envasement, par exemple), il conviendrait de noter que des bassins versants boisés correctement aménagés peuvent être la source d'importants avantages, aussi bien économiques qu'environnementaux, comme le démontre le succès du domaine de l'«écohydrologie» – l'étude interdisciplinaire des interrelations fonctionnelles entre l'hydrologie et les biotes à l'échelle du bassin versant. C'est ainsi que le rôle, que jouent les forêts dans les bassins versants et les forêts de brouillard dans les montagnes, dans l'approvisionnement régulier en eau propre, et le rôle des mangroves et d'autres formes de forêts littorales dans la protection des

populations côtières contre les catastrophes liées à l'eau, pourraient être mieux approfondis. La phytoremédiation (élimination des polluants par leur absorption par les plantes) pourrait être envisagée comme une solution de rechange de plus en plus populaire pour combattre la pollution industrielle de l'eau. Il pourrait convenir d'évaluer la dépendance de programmes hydroélectriques, petits et grands, vis-à-vis de la gestion rationnelle des montagnes. En ce qui concerne la bonne gouvernance hydrique, il faudrait accorder plus d'attention aux problèmes de la gestion de l'environnement dans les bassins versants transfrontières et à l'importance d'une formation et d'une recherche pluridisciplinaires visant à encourager une gestion réellement intégrée des ressources en eau. Il est espéré que, grâce à la promotion récente de la FAO à la direction d'ONU-Eau, les lecteurs pourront s'attendre à une meilleure prise en compte du rôle et des potentialités des forêts et de la foresterie dans la prochaine édition.

Le deuxième Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau est disponible sur internet à l'adresse suivante: http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/index_fr.shtml



LA FAO ET LA FORESTERIE

L'avenir des forêts dans la région Asie-Pacifique

Des changements économiques, sociaux et environnementaux sans précédent survenus dans la région Asie-Pacifique modifient radicalement la manière dont les forêts sont perçues et utilisées. Regarder vers le futur était le thème d'une Conférence régionale intitulée «L'avenir des forêts dans la Région Asie et Pacifique: les perspectives à l'horizon 2020», qui s'est déroulée à Chiang Mai, Thaïlande, du 16 au 18 octobre 2007. La Conférence rassemblait plus de 250 participants venus de plus de 40 pays.

La conférence était organisée par la Commission des forêts pour l'Asie et le Pacifique (CFAP) dans le cadre de l'Étude prospective du secteur forestier pour l'Asie et le Pacifique (APFSOS II) en cours de réalisation – et devait être à la fois une occasion de présenter les conclusions préliminaires de l'étude, et un forum pour rassembler les points de vue des diverses parties prenantes sur les changements qui se profilent et leurs implications pour les forêts et la foresterie dans la région. Les participants comprenaient, en plus des points focaux nationaux pour l'Étude APFSOS, des forestiers, des étudiants, des éducateurs, des chercheurs, des fonctionnaires des gouvernements, des directeurs de projets et des représentants du secteur privé, d'organisations non gouvernementales (ONG) et d'organisations multilatérales. Il y avait aussi cinq invités spéciaux, lauréats d'un concours de dissertation réservé aux jeunes cadres, qui avaient exprimé avec talent leurs points de vue sur l'avenir des forêts dans la région.

Les participants ont analysé les principaux moteurs du changement dans la région, ainsi que l'incidence qu'ils devraient avoir sur la perception et l'utilisation des forêts dans les années à venir. Les thèmes de discussion étaient les suivants: perspectives macro-économiques, changement environnemental, transition institutionnelle, urbanisation, développement et application des technologies, commerce international, tendances en matière d'utilisation des terres, lutte contre la pauvreté et importance croissante des forêts plantées. Les points de vue du secteur privé et de la société civile étaient également présentés.

Dans son discours liminaire, Jagmohan Maini, ancien coordonnateur du Forum des Nations Unies sur les forêts, a parlé de l'importance des processus de planification de grande envergure. Les exposés suivants ont fait le point sur la situation des forêts de la région et présenté des projections concernant bon nombre de pressions auxquelles pourraient être exposées les forêts dans les prochaines années. Les nombreuses divergences de vues, oscillant entre le pessimisme et l'optimisme le plus total, ont donné lieu à des discussions animées sur l'avenir des forêts dans la région et sur la meilleure approche à adopter face aux défis émergents. Une séance de présentation par affiches avec 55 rubriques a mis en évidence les perspectives au niveau national, et permis aux participants d'engager une discussion informelle sur les thèmes choisis.

En général, la conférence a affirmé que le futur des forêts et de la foresterie dans la région continuerait à être dicté par un éventail de facteurs le plus souvent externes au secteur. La croissance des populations, le passage d'une économie de subsistance à une économie de consommation, l'augmentation des richesses et de l'activité économique et l'ouverture de nouveaux marchés augmenteront la pression globale sur les forêts, tandis que les pressions environnementales croissantes obligeront à prendre en considération de «nouvelles» valeurs forestières pour l'ensemble de la société. Avec l'augmentation du nombre et de la nature des pressions sur les forêts, les parties prenantes qui s'intéresseront



FAO/IS-507/K. CHUANKUL

à la manière dont les forêts sont gérées devraient être de plus en plus nombreuses et variées. Parvenir à concilier les demandes concurrentes sera donc une véritable gageure.

Bien qu'elle ne concerne pas uniquement la foresterie, la corruption continuera probablement à entraver les efforts de gestion durable des forêts, sauf si des mesures spectaculaires sont prises dans tous les secteurs pour la maîtriser. L'importance des structures de gouvernance flexibles et d'une collaboration active avec d'autres secteurs et régions est un message que chacun a dégagé de la conférence.

Il sera nécessaire d'approfondir la réflexion et d'établir de nouveaux partenariats pour parvenir à relever ces défis. Pour trouver des solutions viables, il faudra une coopération et une réflexion nuancées, interdisciplinaires et internationales. La conférence a été un pas important dans la direction de cet échange et de cette collaboration.

Les actes de la Conférence seront publiés au début de l'année 2008. Le programme, les exposés et les documents sont disponibles sur Internet: www.fao.org/forestry/site/33592/en

Évènement spécial sur les forêts et l'énergie

Le 20 novembre 2007, à la session biennale de la Conférence de la FAO, le Directeur général Jacques Diouf a organisé un «Évènement spécial de haut niveau: Forêts et énergie». Le Président de la République du Cap-Vert, Pedro Verona Rodrigues Pires, a prononcé le discours principal et la session était co-présidée par le Ministre des forêts de la République du Congo et le Ministre de l'agriculture de la République de Lettonie.

Deux cent soixante quinze délégués venus d'environ 90 États Membres de la FAO, ont participé. Les représentants des pays ont reconnu que la bioénergie était devenue une question stratégique à l'échelle planétaire qui affectait de plus en plus la situation économique, sociale et environnementale et qui avait le potentiel voulu pour réduire les effets des changements climatiques; que le bois était le principal biocombustible et représentait une solution de remplacement efficiente aux combustibles fossiles, sur le plan économique et environnemental; qu'il y avait un manque d'information sur le bois utilisé comme combustible, notamment dans les pays en développement, ce qui entravait la prise de décision nationale sur l'utilisation durable de cette ressource, et empêchait de tirer profit des possibilités d'atténuation des changements climatiques et de diversifier les sources d'approvisionnement énergétique des pays; et enfin que, compte tenu de la croissance de la population et de l'allocation



XIII^e Congrès forestier mondial, 2009: appel de documents



Du 18 to 25 octobre 2009, la communauté forestière internationale se réunira à Buenos Aires, Argentine, pour le XIII^e Congrès forestier mondial – la plus importante rencontre forestière au monde. Pendant une semaine, des représentants du secteur public et du secteur privé, de la communauté scientifique, des forestiers, des professionnels et d'autres parties intéressées auront une occasion d'analyser des questions portant sur tous les aspects de la foresterie.

Sous le thème "Développement forestier - équilibre vital", la question de la gestion durable des forêts sera développée dans une perspective globale d'intégration. Sept domaines thématiques seront abordés:

- Forêts et biodiversité;
- Produire pour le développement;
- Les forêts au service des populations;
- Entretien de nos forêts;
- Le secteur forestier: les opportunités de développement;
- Organisation du développement forestier;
- Interaction harmonieuse entre l'homme et les forêts.

La structure thématique complète du congrès peut être visualisée sur le site web du congrès (www.wfc2009.org).

Les présentations volontaires et séances d'affichage tiendront une grande place au congrès. Celles-ci devront exprimer des idées novatrices et fournir des informations sur des enquêtes en cours, des expériences de terrain, des projets de développement, des modèles théoriques ou des applications pratiques. Le congrès s'efforcera de donner une représentation équilibrée des régions géographiques et des points de vue.

Toutes les personnes intéressées sont invitées à soumettre leur présentation avant le 30 juin 2008, celles-ci n'excéderont pas 4 500 mots, tableaux compris, et comprendront un résumé qui ne dépassera pas 250 mots. L'auteur indiquera le thème du congrès auquel se réfère le document, en justifiant ce choix à l'aide de trois à cinq mots clés.

Tous les envois seront examinés par des pairs et évalués sur la base des critères suivants:

- **Pertinence:** Le sujet est-il en rapport avec les sessions thématiques? Est-il susceptible d'intéresser un grand nombre de participants?
- **Qualité:** L'argumentation est-elle cohérente, bien structurée et facile à comprendre?
- **Originalité:** Le thème est-il traité de façon novatrice et originale? Les

documents ayant déjà fait l'objet d'une publication antérieure ne sont pas admis.

Suivant leur classement, les présentations seront affichées en version intégrale ou partielle sur le site web du congrès.

Quelques documents seront sélectionnés pour être présentés par leurs auteurs durant les sessions du congrès, et certains auteurs seront invités à préparer des affiches. Les présentations sélectionnées devront représenter un intérêt majeur pour les délibérations du congrès et analyser de façon exhaustive le sujet traité; être applicables à un nombre significatif de pays ou au moins à une écorégion; être en rapport avec des problèmes d'actualité ou émergents; et aborder des aspects intersectoriels et interdisciplinaires. Les auteurs devront accepter, sans notification préalable, que leur travail soit édité et traduit dans les langues officielles du congrès (espagnol, anglais et français).

Toutes les personnes désireuses de participer au congrès, y compris celles qui sont invitées à faire une présentation, devront s'inscrire, étant entendu que les droits d'inscription et leurs dépenses personnelles sont à leur charge.

Les directives concernant les soumissions peuvent être téléchargées du site web du congrès (www.wfc2009.org), ou être demandées par courrier postal, par télécopie (voir plus bas) ou par courrier électronique à: info@wfc2009.org

Les auteurs sont vivement encouragés à entrer sur le site web du congrès pour y télécharger leurs contributions. Comme alternative au téléchargement, les présentations, ainsi que leurs résumés, pourront être envoyés avant le 30 juin 2008 à l'adresse suivante:

Fonctionnaire chargé de la documentation
XIII^e Congrès forestier mondial
Département des forêts
FAO
Viale delle Terme di Caracalla
00153 Rome, Italie
Tél: +39 06 5705-2198
Télécopie: +39 06 5705-5137
Courriel: WFC-XIII@fao.org

Les particuliers ou les groupes qui souhaitent recevoir nos avis futurs par courrier électronique sont invités à s'abonner à: www.wfc2009.org



croissante des terres pour la production d'énergie, il convenait d'examiner soigneusement les arbitrages à faire entre les utilisations forestières, énergétiques et agricoles des terres.

Pour relever les défis présents et futurs dans ce domaine, les délégués ont estimé qu'il fallait:

- élaborer des stratégies dendroénergétiques fondées sur les concepts de la gestion durable des forêts;
- renforcer les capacités pour intégrer les stratégies bioénergétiques dans les plans et programmes forestiers nationaux;
- aborder la bioénergie comme une question intersectorielle à intégrer dans les politiques forestières, agricoles et autres politiques sur l'occupation des sols;
- coordonner les stratégies bioénergétiques avec les politiques d'éradication et de réduction de la pauvreté;
- renforcer les capacités d'utilisation d'autres sources d'énergie renouvelables, y compris l'énergie hydro-électrique, l'énergie solaire et le biogaz;
- améliorer l'efficacité énergétique de la combustion du bois, aux niveaux domestique et industriel;
- mieux utiliser le bois après son usage principal;
- envisager l'utilité que peut avoir le bois à d'autres fins, avant de l'utiliser pour la production d'énergie;
- diffuser efficacement les conclusions de la recherche-développement,

les technologies et le savoir-faire pour une utilisation efficace et saine de l'énergie;

- éviter que la promotion de la bioénergie ne se traduise par des distorsions sur le marché;
- concevoir des systèmes de contrôle continu pour la production de biocarburants afin d'éviter les effets négatifs sur l'environnement et d'assurer le bien-être des communautés locales;
- étudier soigneusement les effets sur la sécurité alimentaire et les effets négatifs sur d'autres secteurs lors de la conception et de la mise en œuvre de mesures encourageant la production de biocarburants.

Relier les programmes forestiers nationaux aux stratégies de réduction de la pauvreté en Afrique

Entre novembre 2005 et juillet 2007, la FAO a réalisé une étude dans dix pays d'Afrique (Kenya, Malawi, Namibie, Niger, Nigéria, Ouganda, République-Unie de Tanzanie, Soudan, Tunisie, Zambie), en collaboration avec le Mécanisme pour les programmes forestiers nationaux, en vue d'examiner les liens entre les programmes forestiers nationaux et les stratégies nationales pour la réduction de la pauvreté. L'étude a révélé que ces deux processus étaient le plus souvent mal connectés, surtout parce que les autorités centrales ignorent fréquemment les nombreuses contributions potentielles des forêts et des arbres hors forêts à la lutte contre la pauvreté, de sorte que les responsables des forêts n'interviennent

Demande d'observations sur la nouvelle stratégie forestière de la FAO

En mars 2007, le Comité des forêts (COFO) a demandé que la FAO élabore une nouvelle stratégie forestière en consultation avec ses États Membres et d'autres partenaires. Le processus de consultations a commencé. Comme première étape de la consultation, des commentaires sont sollicités sur le document de travail sur les éléments d'une éventuelle stratégie, affiché en ligne (voir plus loin). Le document présente les objectifs stratégiques forestiers potentiels:

- Les décisions sont prises en connaissance de cause, de manière participative et harmonisée avec les autres secteurs.
- Les avantages procurés par les forêts, les arbres et la foresterie augmentent, sont partagés équitablement et largement reconnus et appréciés.

- Les ressources forestières sont en expansion et les services rendus par l'écosystème sont de plus en plus appréciés.

Le document décrit aussi les éléments potentiels de stratégies permettant d'atteindre ces objectifs, notamment:

- renforcer les capacités des pays pour qu'ils puissent prendre des décisions avisées sur les forêts, dans le cadre de processus participatifs;
- renforcer l'information pour faciliter la formulation des politiques;
- améliorer les pratiques forestières, notamment en élaborant des directives sur les meilleures pratiques forestières, en consultation avec de multiples parties prenantes;
- promouvoir la constitution de réseaux pour favoriser les échanges de connaissances et la mise en œuvre de pratiques améliorées;
- adopter une approche intersectorielle, en aidant les pays à intégrer la foresterie dans les processus de développement nationaux;
- travailler en partenariat avec d'autres entités du secteur public et du secteur privé pour mobiliser des ressources et éviter les doubles emplois;
- améliorer les liaisons verticales, en facilitant les échanges de connaissances aux niveaux local, national, régional et mondial;
- améliorer les actions de plaidoyer pour sensibiliser le public et accroître l'engagement pour stimuler les investissements et moderniser le secteur forestier;
- continuer de servir d'instance neutre pour les échanges de connaissances sur les forêts et la foresterie.

Sur la base des commentaires reçus durant le premier semestre 2008 – notamment des discussions au cours des sessions biennales des commissions régionales des forêts – un projet de stratégie sera élaboré et mis en circulation pour observations durant une deuxième phase de consultations, au milieu de l'année 2008. L'objectif est de proposer une nouvelle stratégie au COFO à sa prochaine réunion, en mars 2009.

Les lecteurs d'*Unasylva* sont invités à faire part de leurs observations sur le document de travail. Ils peuvent l'examiner et envoyer leurs commentaires par voie électronique, en se rendant sur le site: www.fao.org/forestry/strategy

Les observations peuvent aussi être envoyées par courrier électronique à: FO-Strategy@fao.org



généralement pas dans les débats nationaux sur la pauvreté. L'étude a également montré que dans tous les pays, le secteur forestier manquait de moyens ce qui empêchait de renforcer la collaboration intra et intersectorielle, notamment avec les institutions centrales de planification et avec les ministères compétents.

À Nairobi, Kenya, du 20 au 22 novembre 2007, un atelier régional a été tenu pour échanger des idées sur l'approche à adopter pour renforcer la présence et l'influence de la foresterie dans les processus de prise de décisions au niveau central. À cette fin, les dix pays qui ont participé à l'étude ont recherché des moyens concrets d'intégrer les programmes forestiers nationaux dans les plans de développement et les stratégies de réduction de la pauvreté établis au niveau national. L'atelier, organisé par la FAO en partenariat avec le Service des forêts kényen et le Mécanisme pour les programmes forestiers nationaux, rassemblait plus de 40 participants venus d'organisations gouvernementales et internationales, y compris de ministères ne s'occupant pas des forêts, tels que les ministères des finances, de la planification et du développement économique, des statistiques nationales, de l'environnement et de l'agriculture.

Après un riche échange de vues sur la meilleure approche à adopter pour améliorer la collaboration en matière de lutte contre la pauvreté – au cours duquel les principales conclusions et constatations de l'étude ont été validées – chaque pays a préparé une liste des mesures de suivi prioritaires et identifié des domaines pour lesquels un appui du Mécanisme et d'autres partenaires internationaux était nécessaire. En signe de leur engagement d'appliquer les propositions contenues dans les rapports des pays, les participants venus du Kenya ont établi une équipe de travail multidisciplinaire, qui devait tenir sa première réunion la semaine suivante.

Signature des premiers accords de foresterie communautaire au Cambodge

Des projets de la FAO, mis en œuvre sur plusieurs années et financés par la Belgique et la Nouvelle-Zélande, ont permis un événement majeur dans le domaine de la foresterie communautaire au Cambodge: la signature des dix premiers accords de foresterie communautaire du pays. Le 19 novembre 2007, une cérémonie de signature officielle a eu lieu dans le village de Tbeng Lech, Province de Siem Reap, entre le chef de l'administration forestière du cantonnement de Siem Reap et les présidents des dix comités de gestion communautaire des forêts. Le Secrétaire d'État auprès du Ministère de l'agriculture, des forêts et des pêches, le Gouverneur de la Province de Siem Reap et le Directeur général de l'administration forestière étaient également présents.

Au Cambodge, on a commencé au début des années 90 à élaborer un cadre juridique pour la foresterie communautaire, définissant clairement les droits, les fonctions et les responsabilités de l'État et des communautés. Grâce à ces efforts, la loi forestière (2002) reconnaît la foresterie communautaire comme l'une des modalités de gestion durable des forêts dans le pays. Les autres éléments du cadre sont le sous-décret sur la gestion communautaire des forêts (2003) et les directives pour la foresterie communautaire (2006).

De nombreux projets soutenus par des donateurs mettaient simultanément en place la foresterie communautaire sur le terrain, avec le concours des communautés intéressées. Dans tout le pays, on dénombre à présent plus de 264 forêts communautaires, à des stades de

développement divers, couvrant approximativement 179 000 hectares et englobant plus de 57 000 familles qui commencent à en tirer directement profit. La plupart des communautés ont pris des mesures en vue d'obtenir la reconnaissance officielle de leurs forêts communautaires et collaborent avec l'administration forestière et avec des partenaires pour mener à leur terme les étapes restantes spécifiées dans les directives.

Le projet de la FAO «Foresterie communautaire dans le nord-ouest du Cambodge» qui est, avec douze ans d'activité, l'un des plus anciens projets de foresterie communautaire du pays, a au fil des années appuyé l'établissement de 37 forêts communautaires et de six zones protégées communautaires dans la Province de Siem Reap. Le cantonnement de Siem Reap a été le premier à soumettre au Ministère de l'agriculture, des forêts et des pêches une liste de forêts communautaires potentielles, et le premier à obtenir l'approbation. La signature des accords de foresterie communautaire représente la dernière étape de l'officialisation de ces forêts communautaires, qui peuvent maintenant commencer à élaborer des plans de gestion communautaire des forêts officiels.

Le projet continuera à fournir un appui afin que les autres forêts communautaires identifiées puissent aussi atteindre ce stade.

La FAO va préparer un rapport sur l'état des ressources génétiques forestières dans le monde

À sa onzième session en juin 2007, la Commission de la FAO sur les ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture a demandé à la FAO de lui préparer un rapport sur l'état des ressources génétiques forestières dans le monde, afin qu'elle l'examine à sa douzième session en 2009. La commission a reconnu qu'il était urgent de garantir la conservation, la gestion et l'utilisation durable des ressources génétiques forestières pour promouvoir la sécurité alimentaire, la lutte contre la pauvreté et la viabilité écologique, et a approuvé l'inclusion des ressources génétiques forestières dans son programme de travail pluriannuel.

Le rapport sera préparé en collaboration étroite avec des partenaires internationaux comme Bioversity International, et en synergie avec des programmes régionaux et mondiaux en cours comme ceux qui relèvent de la Convention sur la diversité biologique. Il se concentrera sur les ressources génétiques des arbres et des arbustes effectivement ou potentiellement utiles pour le bien-être humain, et il servira de base pour élaborer un cadre d'action pour promouvoir la conservation et l'utilisation durable aux niveaux national, régional, écorégional et mondial.

Le rapport reprendra des données extraites de l'Évaluation des ressources forestières mondiales (FRA) 2005 et d'études nationales et régionales sur les ressources génétiques forestières réalisées avec l'appui de la FAO depuis le milieu des années 90. Toutefois, en l'état actuel des connaissances, la plupart des variables quantitatives et qualitatives qui figurent communément dans les inventaires forestiers sont inutilisables pour déterminer la situation et les tendances au niveau des espèces, des provenances, des populations et des gènes. Il faudra donc en définir d'autres pour évaluer la diversité biologique et élaborer des indicateurs génétiques facilement mesurables pour suivre leur évolution au fil du temps.

Gestion des forêts et de l'eau – un atelier en Chine

Le bilan hydrologique des écosystèmes forestiers dépend largement du climat, du site et de la structure de la forêt, celle-ci étant fortement influencée par des interventions de gestion, telles que le choix des essences, la composition et la densité des peuplements et les techniques d'exploitation.

Le cycle de l'eau dans les peuplements forestiers est bien compris, mais on s'interroge souvent sur le rôle des forêts dans la gestion durable des ressources hydriques et la protection contre les inondations ainsi que sur la stratégie de développement fondée sur la promotion des boisements.

Pour assurer au débat un fondement scientifique fiable, l'Académie chinoise de foresterie a accueilli du 12 au 16 novembre 2007, l'atelier «Water Management through Forest Management», organisé conjointement avec le Centre de recherches sur les écosystèmes forestiers de l'Université de Göttingen, Allemagne, dans le cadre des activités sur les approvisionnements hydriques et la qualité de l'eau de la Division 8.01.04 de l'Union internationale des instituts de recherches forestières (IUFRO). L'atelier s'est déroulé à Beijing, Chine, et a été suivi par 77 participants venus de 11 pays.

L'atelier a exploré les interactions entre la gestion forestière et deux aspects importants de l'approvisionnement en eau, à savoir la fourniture d'une eau pure pour les populations humaines et la production d'eau pour la forêt elle-même. L'équilibre entre les disponibilités d'eau et les besoins hydriques des forêts a moins retenu l'attention. Il est pourtant essentiel, dans la mesure où de nombreux pays accroissent leurs activités de boisement aux fins de la fixation de carbone, de la production d'énergie et de bois et de la remise en état de l'environnement.

Les présentations ont été articulées sur cinq sessions:

- Impact de la gestion des forêts sur la quantité et la qualité de l'eau;
- Eau du sol et utilisation de l'eau;
- Gestion des forêts et de l'eau dans le cadre du changement climatique;
- Application de modèles écohydrologiques, y compris utilisation potentielle de ces modèles pour l'élaboration d'outils d'aide à la décision;
- Stratégie et recherches sur la gestion intégrée des forêts et de l'eau.

Le développement forestier et le climat en évolution rapide peuvent constituer un risque pour les fonctions hydrologiques des forêts. L'augmentation du stress hydrique peut affaiblir la stabilité des écosystèmes forestiers. Le moyen d'intégrer la gestion des forêts et de l'eau pour résoudre les problèmes spécifiques des différentes régions est encore incertain, mais cet atelier, en identifiant des lacunes, constitue une étape positive pour surmonter les problèmes des approches monosectorielles actuelles.

En Europe, les ministres en charge des forêts adoptent des résolutions sur le bois, l'énergie et l'eau

La cinquième session de la Conférence ministérielle sur la protection des forêts en Europe (CMPFE) sur le thème «Forests for Quality of Life» (Des forêts pour améliorer la qualité de la vie) s'est conclue par une déclaration ministérielle et des résolutions sur la promotion du bois, comme source d'énergie renouvelable, et sur le rôle des forêts dans la protection des ressources en eau, dans le contexte du changement climatique.

La conférence, tenue à Varsovie, Pologne, du 5 au 7 novembre 2007 a été organisée conjointement par la Pologne et la Norvège et a rassemblé des délégations de plus de 40 pays européens, incluant 16 ministres



FAO/ROBERT KASHIO

en charge des forêts et de la foresterie. Les participants ont souligné le rôle des forêts dans la vie moderne face aux défis engendrés par le développement socioéconomique, la pression des populations humaines sur les ressources naturelles et les effets du changement climatique.

Le Président de la République polonaise, Lech Kaczyński, a ouvert la conférence en attirant l'attention sur la nécessité de concilier les impératifs du développement économique et de la protection de l'environnement.

Le rapport *State of Europe's Forests 2007*, préparé conjointement par l'Unité de liaison Varsovie de la CMPFE, la FAO et la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) et présenté à la conférence, indique que la superficie forestière en Europe et le potentiel productif des forêts sont en hausse. Au cours des 15 dernières années, la région a gagné 13 millions d'hectares de forêts. Le volume de bois sur pied est aussi en augmentation constante.

Quarante signataires de la CMPFE ont adopté deux résolutions à mettre en œuvre au niveau national. La résolution 1 de Varsovie, «Forêts, bois et énergie», oblige les États à renforcer le rôle du secteur forestier dans la production d'énergie, et à développer l'utilisation de la biomasse forestière comme source d'énergie renouvelable pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Constatant une intensification de la concurrence de la demande de bois à des fins énergétiques et industrielles, la déclaration invite à renforcer les partenariats entre les propriétaires de forêts, publics et privés, les industries forestières et les producteurs d'énergie.

La résolution 2 de Varsovie «Forêts et eau», souligne le rôle des forêts dans la protection des ressources en eau, en termes quantitatifs et qualitatifs; la prévention des inondations; l'atténuation des effets de la sécheresse et la lutte contre l'érosion des sols. Les pays s'engagent à pratiquer une gestion durable des forêts par rapport à l'eau, à coordonner les politiques relatives aux eaux et forêts, à développer les connaissances et les stratégies sur les conséquences qu'a le changement climatique sur les interactions entre la forêt et l'eau, et à poursuivre l'évaluation économique des services des forêts liés à l'eau.

Dans la Déclaration de Varsovie, les pays s'engagent à mettre en œuvre la gestion durable des forêts, indispensable au développement durable. La déclaration reconnaît l'importance des forêts pour améliorer la qualité de la vie, et engage les pays à faire en sorte que les forêts et leur gestion durable jouent un rôle actif dans la lutte contre les effets du changement climatique, la conservation de la diversité biologique, la fourniture d'énergie renouvelable et de produits ligneux, les approvisionnements en eau de bonne qualité, l'atténuation des risques naturels et la lutte contre la

dégradation de l'environnement. En outre, elle souligne l'importance de la collaboration de la CMPFE avec d'autres processus régionaux, pour profiter de synergies et promouvoir une contribution paneuropéenne cohérente aux initiatives internationales.

Les délégués ont adopté deux déclarations ministérielles sur les incendies de forêts dans le sud de l'Europe, et sur l'institution d'une Semaine paneuropéenne des forêts, prévue pour octobre 2008, qui sera organisée conjointement par la FAO, la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU), l'Union européenne et la CMPFE.

Les précédentes Conférences ministérielles ont eu lieu à Strasbourg (1990), Helsinki (1993), Lisbonne (1998) et Vienne (2003).

Les forêts en vedette aux réunions sur le changement climatique, à Bali

Le quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (2007) indique que dans les années 90, près d'un cinquième des émissions de gaz à effet de serre ont dérivé d'un changement d'affectation des terres, principalement la déforestation. Cela a donné plus d'importance à la conservation et à la gestion durable des forêts dans les débats sur le changement climatique, en particulier dans les récentes négociations au titre de la Convention-cadre des Nations Unies sur le changement climatique (CCNUCC).

La Conférence des Nations Unies sur le changement climatique, qui comprenait des sessions de la Conférence des parties (COP 13) à la CCNUCC, de ses organes subsidiaires et la Réunion des Parties au Protocole de Kyoto a eu lieu à Bali, Indonésie, du 3 au 14 décembre 2007. Ces réunions ont collectivement attiré plus de 10 000 participants. La COP 13 a culminé dans l'adoption du Plan d'action de Bali, qui décrit les interventions jusqu'en 2012 et au-delà.

Décisions intéressant les forêts

Le Plan d'action de Bali définit un domaine d'action lié aux forêts: «Orientations et incitations pour promouvoir la réduction des émissions provenant de la déforestation et de la dégradation des forêts dans les pays en développement; et rôle de la conservation, de la gestion durable des forêts et du renforcement des réserves de carbone, dans les pays en développement».

La COP a également adopté une décision spécifique concernant la réduction des émissions provenant de la déforestation et de la dégradation des forêts (REDD) qui souligne l'urgence de nouvelles mesures significatives dans les pays en développement. Les parties sont invitées à explorer un éventail de mesures visant à corriger les facteurs qui conduisent à la déforestation. L'organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique de la CCNUCC est invité à mettre sur pied un programme de travail sur les questions méthodologiques liées aux orientations et aux incitations.

En outre, la COP a adopté une décision révisant la limite fixée pour les activités des projets de boisement et de reboisement à petite échelle au titre du Mécanisme pour un développement propre (MDP) – le but étant de susciter un plus grand nombre de projets à petite échelle de ce type. La décision relève de 8 à 16 kilotonnes la limite supérieure des réductions annuelles de gaz à effet de serre ouvrant droit à des crédits d'émission.

La conférence a approuvé la création d'un fonds d'adaptation pour permettre aux pays pauvres et vulnérables de mieux se défendre contre les effets du changement climatique. Ce fonds financera des projets

d'adaptation, notamment pour l'amélioration des approvisionnements en eau dans les zones exposées à la sécheresse et pour la conservation et la remise en état des mangroves aux fins de la protection des côtes. Il sera administré par le Fonds pour l'environnement mondial (FEM) et supervisé par des représentants de pays industrialisés et non industrialisés. Le fonds sera alimenté par un prélèvement de 2 pour cent sur les recettes générées par le MDP, de sorte qu'il ne dépendra d'aucune assistance.

La Journée de la forêt

Pour attirer l'attention sur les questions forestières dans les négociations de la COP 13, le Centre pour la recherche forestière internationale (CIFOR) a organisé le 8 décembre 2007 une Journée de la forêt accueillie par les membres du Partenariat de collaboration sur les forêts (PCF). Quatre sessions principales ont respectivement eu pour thème les problèmes méthodologiques liés à l'estimation du carbone forestier; les marchés et la gouvernance; le dilemme équité/efficacité; et l'adaptation. En outre, 25 événements parallèles ont porté sur divers sujets liés au changement climatique, tels que les coûts de la réduction des émissions de carbone découlant d'une réduction de la déforestation; l'avenir du secteur de l'utilisation des terres sur les marchés du carbone; le financement de la REDD; les biocarburants pour l'atténuation des effets du changement climatique, et les expériences nationales en matière d'enquêtes initiales sur la déforestation. La Journée de la forêt a rassemblé plus de 800 personnes, dont des scientifiques, des décideurs et des représentants d'organisations intergouvernementales et non gouvernementales.

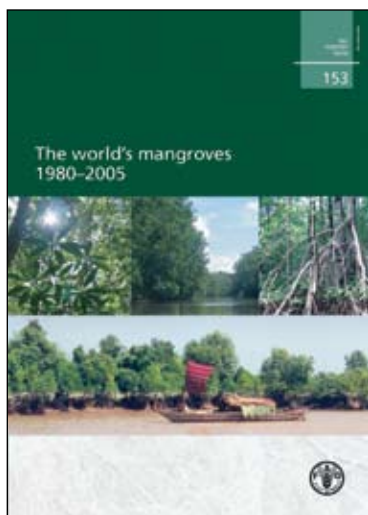
Le PCF a présenté au Secrétaire exécutif de la CCNUCC des recommandations clés sur le rôle des forêts dans la lutte contre le changement climatique, préconisant notamment de:

- éliminer les facteurs de la déforestation pour assurer la réussite des mécanismes basés sur la REDD;
- combiner des approches fondées sur le marché et la gouvernance;
- prévoir des mécanismes simples, aux coûts de transaction faibles;
- bien définir les droits fonciers et les droits légaux au carbone pour garantir une distribution équitable des avantages issus de la REDD;
- assurer une adaptation immédiate centrée sur les plus vulnérables, y compris les populations tributaires des forêts.

Initiatives lancées pour promouvoir la réduction des émissions provenant de la déforestation et de la dégradation des forêts

La Banque mondiale a lancé le Fonds de partenariat pour le carbone forestier (FPCF), une initiative décennale visant à établir un marché du carbone forestier qui favorise économiquement la conservation des forêts et soit bénéfique pour les pays en développement. Neuf pays industrialisés ont annoncé des contributions de 155 millions de dollars EU pour commencer. Actuellement, les pays en développement ne sont pas autorisés à vendre des crédits de carbone provenant de l'évitement de la déforestation ou de la dégradation; toutefois, le FPCF soutiendra des initiatives pilotes pour faciliter la prise de décisions en connaissance de cause concernant le régime de lutte contre le changement climatique après 2012, et un mécanisme de marché potentiel pour le carbone.

Toujours à Bali, Le Gouvernement norvégien a annoncé qu'il était disposé à accorder un financement de 3 milliards de couronnes (environ 570 millions de dollars EU) par an, pendant cinq ans, pour soutenir les initiatives concernant la REDD.



Deux nouveaux livres sur les mangroves de la FAO: une évaluation mondiale ...

The world's mangroves 1980-2005. 2007. Étude FAO: Forêts N° 153. Rome, FAO.

Les mangroves sont des forêts côtières qui se rencontrent dans les estuaires abrités et le long des berges des cours d'eau et des lagunes dans les zones tropicales et subtropicales. Le terme «mangrove» décrit tant l'écosystème que les familles de plantes qui ont acquis des capacités spéciales d'adaptation à ces environnements aquatiques. Les mangroves remplissent des fonctions socioéconomiques et environnementales importantes: elles fournissent des produits forestiers ligneux et non ligneux, protègent les rivages contre le vent, les vagues et les courants, conservent la diversité biologique, protègent les récifs de corail, les herbiers et les routes maritimes contre l'envasement et fournissent un habitat, des frayères et des éléments nutritifs à une grande variété de poissons et de crustacés, y compris de nombreuses espèces commerciales. Toutefois, la forte pression démographique sur les littoraux a déterminé la conversion de nombreuses zones de mangroves à d'autres utilisations, y compris les infrastructures, l'aquaculture, la riziculture et la production de sel.

Cette publication, préparée comme étude thématique dans le cadre de l'Évaluation des ressources forestières mondiales 2005, fournit des informations exhaustives sur l'étendue actuelle et passée des mangroves dans les 124 pays et territoires où elles sont présentes. Elle donne un aperçu régional et mondial de la végétation de mangrove, et de la composition et de la répartition des espèces, et décrit ses principales utilisations et les menaces qui pèsent sur elles dans chaque région.

La FAO a préparé cet ouvrage en collaboration avec des spécialistes des mangroves appartenant au monde entier. Il tire parti d'une évaluation faite en 1980 par la FAO, le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et l'Évaluation des ressources forestières mondiales 2000 (FRA 2000) et 2005 (FRA 2005), ainsi que d'une recherche documentaire exhaustive. Quelque 2 900 jeux de données nationales et sous-nationales sur l'étendue des écosystèmes de mangrove ont été rassemblés pendant le processus.

Les résultats indiquent que la superficie mondiale de mangrove couvre 15,2 millions d'hectares environ, les zones les plus étendues se situant en Asie et en Afrique, suivies de l'Amérique du Nord et centrale. Il est inquiétant de constater que 20 pour cent de ces zones, soit 3,6 millions

d'hectares, ont disparu depuis 1980. Plus récemment, le taux de perte nette paraît avoir baissé, traduisant la prise de conscience croissante de la valeur des écosystèmes de mangrove, mais le taux élevé de perte annuelle reste préoccupant.

Les extractions de produits forestiers ligneux et non ligneux sont rarement la cause principale de la disparition des mangroves. La pression humaine sur les écosystèmes côtiers et la concurrence pour la terre à destiner à d'autres utilisations sont les principales raisons de l'amenuisement communiqué de la superficie. Les taux de changement négatif relativement élevés constatés en Asie, dans les Caraïbes et en Amérique latine pendant les années 80, par exemple, étaient dus principalement à la conversion à grande échelle des mangroves à l'aquaculture et aux infrastructures touristiques.

Les informations contenues dans ce rapport, ainsi que certaines absences de données, aideront les gestionnaires des mangroves, les responsables des politiques et les décideurs dans le monde entier à garantir la conservation, la gestion et l'utilisation durable des écosystèmes de mangrove restants dans le monde.

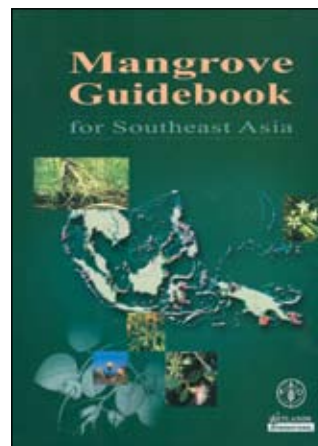
...et un guide des espèces pour l'Asie du Sud-Est

Mangrove guidebook for Southeast Asia. W. Giesen, S. Wulffraat, M. Zieren et L.

Scholten. 2006. RAP Publication 2006/07. Bangkok, Thaïlande, Bureau régional de la FAO pour l'Asie et le Pacifique et Wetlands International. ISBN 974-7946-85-8.

L'Asie du Sud-Est est dotée des formations de mangrove les plus étendues du monde; elles sont aussi les plus diverses biologiquement et les plus variées au plan de la structure. Cependant, au cours des dernières décennies, cette zone a été largement dégradée et détruite. De nombreux programmes de conservation et de remise en état des mangroves ont été lancés ces dernières années. Au cours de ces activités, les experts se sont heurtés à maintes difficultés dans l'identification des espèces présentes sur le terrain. Ce guide des mangroves et des espèces apparentées de la sous-région a donc été conçu pour combler une lacune importante.

Cet ouvrage exhaustif – près de 800 pages – représente la première tentative de couvrir toutes les espèces de mangroves d'Asie du Sud-Est. Dans la première partie, il introduit les mangroves en général et celles d'Asie du Sud-Est en particulier. La deuxième partie présente une description de 268 espèces réunies en sept groupes – fougères; graminées et graminoides; autres graminées géophiles; épiphytes; lianes



et plantes grimpantes; palmiers, cycadophytes et pandanacées; et arbres et arbustes. Des illustrations des plantes habilement dessinées en noir et blanc rehaussent la valeur de cet ouvrage.

Le guide aidera davantage de personnes (les étudiants en particulier) à connaître les forêts de mangrove d'Asie du Sud-Est et appuiera la formulation de nouveaux programmes de conservation et de remise en état des mangroves. C'est un outil qui servira aux gestionnaires des forêts de mangrove, aux forestiers, aux gestionnaires des ressources côtières, aux scientifiques, aux éducateurs, aux étudiants et aux profanes intéressés, non seulement dans les pays d'Asie du Sud-Est, mais aussi dans tous ceux où poussent les mangroves.

Évaluation mondiale des ressources en bambou

World bamboo resources. M. Lobovikov, S. Paudel, M. Piazza, H. Ren et J. Wu. 2007.

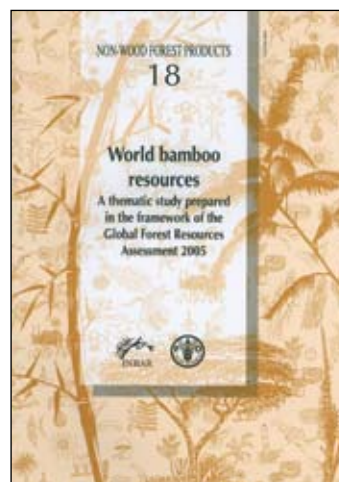
Non-Wood Forest Products No. 18. Rome, FAO. ISBN 978-92-5-105781-0.

Le bambou est une graminée ligneuse largement répandue dans les zones tropicales, subtropicales et tempérées à climat doux de toutes les régions du monde. Comme important produit forestier non ligneux qui remplace le bois, il a toujours joué un rôle économique et culturel déterminant dans toute l'Asie. Désormais, l'utilisation du bambou se répand rapidement en Amérique latine et en Afrique aussi. Dans certains pays, le traitement du bambou abandonne les objets d'artisanat et les ustensiles bas de gamme pour se tourner vers des articles haut de gamme et à valeur ajoutée comme les matériaux de construction, la pâte, le papier, les panneaux, les planches, les placages, les revêtements de sol, les toitures, les tissus, l'huile, le gaz et le charbon de bois (comme combustible et comme excellent absorbant naturel). Les pousses de bambou sont également un légume nourrissant. Le bambou revêt une importance économique croissante aux fins de l'éradication de la pauvreté et du développement économique et environnemental.

Le bambou est une plante forestière mais il est disséminé aussi hors des forêts et présent dans les exploitations agricoles, le long des berges des cours d'eau et des routes et dans les zones urbaines. Les taxonomistes ne s'accordent pas encore sur le nombre total des espèces et des genres mais ils estiment qu'il doit avoisiner les 1 200 espèces dans quelque 90 genres.

Cette étude, préparée par la FAO en collaboration avec le Réseau international sur le bambou et le rotin (INBAR), a été réalisée dans le cadre des sept études thématiques faisant partie de l'Évaluation des ressources forestières mondiales 2005 (FRA 2005), et représente le premier essai de diffusion systématique des meilleures informations disponibles sur les ressources en bambou et leur utilisation à l'échelle mondiale. L'étude est le fruit d'un processus de collecte et de validation des données, qui a duré trois ans et auquel ont participé de nombreux pays et organisations internationales, conforme aux principes de partenariat mondial qui sous-tendent FRA 2005. Bien que la disponibilité et la qualité des données soient souvent faibles, la principale valeur de cette étude réside dans le fait qu'elle a établi une méthodologie systématique et a lancé la plus exhaustive évaluation des ressources mondiales en bambou existant aujourd'hui.

Seize pays asiatiques ont communiqué qu'ils détenaient au total 24 millions d'hectares de formations de bambou. Cinq pays africains ont déclaré en avoir 2,8 millions. Il est estimé que dix pays latino-américains



pourraient posséder plus de 10 millions d'hectares, ce qui porterait le total mondial à quelque 37 millions d'hectares, soit à peu près 1 pour cent de la superficie forestière mondiale. Cependant, les chiffres ne représentent qu'une estimation approximative. Ils comprennent aussi des mélanges de bambous et d'autres espèces (où le bambou ne prédomine pas nécessairement) et les bambous présents sur des terres non boisées (où ils sont souvent mêlés à d'autres arbres ou cultures).

La publication donne aussi des informations sur la diversité des espèces, le matériel sur pied, la biomasse, les extractions, les régimes de propriété et l'état de santé de la ressource, ainsi que sur les produits tirés du bambou et leur commerce.

Il est espéré que les informations et les connaissances présentées dans cette étude seront utiles à la formulation des politiques nationales, et que les observations des lecteurs contribueront à améliorer les prochaines évaluations des ressources mondiales.

À la recherche des causes de l'exploitation forestière illégale

Illegal logging: law enforcement, livelihoods and the timber trade. L. Tacconi, éd. 2007.

Londres, Royaume-Uni, Earthscan. ISBN 978-1-84407-348-1.

L'exploitation forestière illégale – qui représente plus de 50 pour cent de tout le bois récolté dans certains pays – est très répandue et cause de graves dommages. Une fois coupées, les billes illégales satisfont la forte demande de feuillus exotiques des pays développés et en développement. Il en est résulté une énorme perte tant de revenus que de ressources forestières. De ce fait, la question occupe désormais une place prioritaire dans les politiques forestières mondiales. L'abattage illégal étant considéré comme l'une des menaces les plus graves qui pèsent sur les forêts, les donateurs et gouvernements nationaux commencent à mettre au point des initiatives visant à le combattre. Cependant, vu l'ampleur du problème, il est surprenant que les causes de l'exploitation forestière illégale et ses impacts sur la biodiversité, les moyens d'existence des populations et les économies nationales soient encore si mal connus.

Paradoxalement, malgré ses effets nocifs, l'exploitation illégale favorise de nombreuses parties prenantes, y compris certaines communautés marginalisées. Comment s'attaquer au problème sans appauvrir les communautés locales? Ce volume, publié en collaboration avec le



Centre pour la recherche forestière internationale (CIFOR), examine les principaux thèmes relatifs à l'exploitation illégale, y compris la législation et l'application des lois, l'offre et la demande, la gouvernance et la corruption, la certification forestière, la pauvreté, les moyens d'existence locaux, le commerce international et les impacts sur la biodiversité. Il comprend d'importantes études de cas conduites dans des zones riches en forêts des Amériques, d'Afrique équatoriale et d'Asie.

L'exploitation forestière illégale ne peut être combattue sans tenir compte de ses causes économiques, politiques et sociales profondes. Bien qu'il n'existe pas de réponse facile, cet ouvrage analyse ses nombreuses causes et leurs impacts et répercussions sur les forêts, les populations, les moyens d'existence et les politiques forestières. S'il est vrai que les connaissances sur ce thème sont encore insuffisantes, il n'en demeure pas moins que ce volume ajoute un élément à la littérature croissante sur la question, mettant en évidence les aspects à approfondir afin de formuler des politiques susceptibles d'atténuer le problème.

Nouveau regard sur l'état de l'environnement

GEO-4: Global environment outlook – environment for development. 2007. Nairobi, Kenya, Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE). ISBN 978-92-807-2836-1 (broché), 978-92-807-2872-9 (relié)

La prise de conscience du concept de développement durable par le grand public est largement attribuée au rapport de 1987 de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement des Nations Unies, *Notre avenir à tous* (connu aussi sous le nom de rapport Brundtland). La quatrième édition de l'ouvrage présenté ici fait le point sur les progrès accomplis par la société dans les 20 ans qui ont suivi. Le tableau est sombre et montre des signes évidents de dégradation à presque tous les niveaux: davantage de gaz à effet de serre, pollution généralisée accrue, diminution des approvisionnements en eau douce, déforestation, dégradation des terres agricoles, épuisement des ressources naturelles et acidification des océans.

Compilé et écrit par des centaines de chercheurs appartenant à un large éventail de disciplines, cet ouvrage fournit un aperçu des tendances sociales et économiques mondiales et de l'état et de l'évolution de

l'environnement mondial et régional au cours des deux dernières décennies, ainsi que des causes d'origine humaine de ces changements. La publication rappelle aux lecteurs que les questions concernant les forêts, les disponibilités d'eau douce, l'agriculture, la biodiversité et la désertification sont reliées entre elles et au changement climatique. Elle analyse aussi les liens entre les tendances sociales et la dégradation environnementale, examine comment la pression démographique croissante et l'écart grandissant entre les riches et les pauvres influencent l'environnement, ce qui aboutit, entre autres, à une augmentation de la déforestation.

Comme le définit le rapport *Notre avenir à tous*, «le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs». Les auteurs estiment, toutefois, que la société humaine actuelle tend à se concentrer surtout sur les moyens de répondre aux besoins du présent et, ce faisant, compromet réellement la capacité des générations futures de répondre aux leurs.

Cette publication de presque 600 pages se compose de six sections. La première résume l'évolution de la situation depuis 1987. La deuxième décrit l'état et les tendances de l'environnement entre 1987 et 2007, des chapitres étant consacrés à l'atmosphère, à la terre, à l'eau et à la biodiversité. La situation des forêts est examinée en détail dans le chapitre sur la terre.

La section C décrit l'état et l'évolution de l'environnement dans une perspective régionale. La section D étudie les dimensions humaines. Un chapitre sonde les domaines de vulnérabilité et identifie les moyens d'améliorer le bien-être humain, alors qu'un autre examine les liaisons environnementales et les besoins de gouvernance. La cinquième section formule des prévisions pour 2015 et au-delà; et la dernière donne un résumé des choix disponibles pour l'action et présente des solutions éventuelles en partant de celles déjà mises à l'épreuve pour aboutir aux solutions émergentes.

Cette publication fournit un aperçu des mesures à prendre pour affronter les questions environnementales présentes et futures. Elle intéressera les responsables des politiques, les spécialistes et les universitaires appartenant à de nombreux secteurs, ainsi que le grand public.

