

unasyuva



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

Revue internationale
des forêts
et des industries
forestières

Vol. 62

2011/2

238

MESURER LA DÉGRADATION
DES FORÊTS

DANS CE NUMÉRO...

Le projet Opération acacia au premier plan



Le projet Opération acacia, une initiative impliquant une collaboration entre pays, parties prenantes locales et la FAO, a consisté à planter et gérer des forêts d'acacia dans des zones arides.

Le projet a contribué à lutter contre la désertification et s'est traduit par des avantages socioéconomiques pour les communautés locales.

- Lire des informations sur le projet page 66.
- Regarder une vidéo à ce sujet sur www.youtube.com/watch?v=AfbM-DNMnNg.
- En apprendre davantage sur les activités forestières en zones arides et la désertification sur www.fao.org/forestry/aridzone/fr/.
- Télécharger la nouvelle publication *Highlands and drylands – mountains, a source of resilience in arid regions* sur www.fao.org/docrep/014/i2248e/i2248e00.pdf.

Acacia tortilis dans un paysage désertique au Niger



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

Revue internationale
des forêts
et des industries
forestières

Vol. 62
2011/2

238

Rédactrice: R. Obstler

Comité consultatif de rédaction:

P. Csoka, L. Flejzor, T. Hofer, F. Kafeero,
W. Kollert, R. Obstler, E. Rametsteiner, S. Rose,
J. Tissari, P. van Lierop, P. Vantomme, M.L. Wilkie
Conseillers émérites: J. Ball, I.J. Bourke,
C. Palmberg-Lerche, L. Russo
Conseillers régionaux: F. Bojang, C. Carneiro,
P. Durst, M. Saket

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

Veillez 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, Bureau de l'échange des connaissances, de la recherche et de la vulgarisation, FAO.

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (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. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne, de la part de la FAO, aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités. Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement celles de la FAO.

Pour commander les publications de la FAO mentionnées dans *Unasylva*, veuillez contacter le Groupe des ventes et de la commercialisation, Bureau de l'échange des connaissances, de la recherche et de la vulgarisation, 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

Couverture: Images Landsat montrant le morcellement des forêts. Couverture avant: 1990; couverture arrière, de haut en bas: 1990, 2000, 2005.

Avec l'aimable autorisation de l'Administration nationale pour l'aéronautique et l'espace et Institut d'études géologiques des États-Unis d'Amérique.

Table des matières

Éditorial	2
<i>M. Simula et E. Mansur</i> Un défi mondial qui appelle une réponse locale	3
<i>L. Laestadius, P. Potapov, A. Yaroshenko et S. Turubanova</i> L'altération mondiale des forêts, vue de l'espace	8
<i>A. Gerrand, E. Lindquist et R. D'Annunzio</i> Une enquête par télédétection met à jour l'estimation des pertes de superficie forestière	14
<i>M. Herold, R.M. Román-Cuesta, V. Heymell, Y. Hirata, P. Van Laake, G.P. Asner, C. Souza, V. Avitabile et K. MacDicken</i> Examen des méthodes de mesure et de suivi des émissions historiques de carbone causées par la dégradation des forêts	16
<i>I. Thompson</i> Biodiversité, seuils de tolérance des écosystèmes, résilience et dégradation des forêts	25
<i>K.P. Acharya, R.B. Dangi et M. Acharya</i> Comprendre la dégradation des forêts au Népal	31
<i>C.L. Meneses-Tovar</i> L'indice différentiel normalisé de végétation comme indicateur de la dégradation	39
<i>L. Laestadius, S. Maginnis, S. Minnemeyer, P. Potapov, C. Saint-Laurent et N. Sizer</i> Carte des opportunités de restauration du paysage forestier	47
<i>R. Nasi et N. van Vliet</i> Mesure de l'abondance des populations d'animaux sauvages dans les concessions forestières d'Afrique centrale	49
Section spéciale sur l'Année internationale des forêts	56
La FAO et la foresterie	59
Le monde forestier	63
Livres	68

Mesurer la dégradation des forêts

Unasylva clôture l'Année internationale des forêts 2011 avec une sélection de documents élaborés à l'origine comme partie intégrante d'une étude spéciale sur la dégradation des forêts, menée par la FAO et ses partenaires.

Si elle est plus complexe à définir et à mesurer, la dégradation des forêts est un problème grave, comparable en dimension à la déforestation. Elle a des impacts négatifs sur l'écosystème forestier et sur les biens et services fournis par ce dernier. Nombre de ces biens et services sont liés au bien-être humain et au cycle mondial du carbone, de l'eau et du climat – et par conséquent à la vie sur la Terre.

Les pays ont besoin d'informations sur la dégradation des forêts. Ils ont besoin de pouvoir surveiller les changements en cours dans les forêts. Ils ont besoin de savoir où se produit la dégradation et ce qui la provoque, et de connaître la gravité des répercussions, en vue d'établir des priorités dans l'affectation des maigres ressources financières et humaines allouées à la prévention de la dégradation ainsi qu'à la restauration et à la réhabilitation des forêts dégradées.

L'objectif de l'étude était de parvenir à établir une série raisonnable d'indicateurs facilement mesurables et susceptibles de fournir aux pays des informations sur l'état de la dégradation des forêts. Au départ, il s'agissait d'une étude spécifique relevant de l'Évaluation des ressources forestières mondiales (FRA) 2010 mais elle a ensuite évolué, devenant une initiative multi-partenaires conduite par des membres du Partenariat de collaboration sur les forêts (PCF) en association avec d'autres partenaires, notamment les pays, le Programme de collaboration des Nations Unies sur la réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts dans les pays en développement (ONU-REDD), et le Partenariat mondial sur la restauration des paysages forestiers.

L'une des réalisations essentielles a consisté en un document: «Assessing forest degradation – towards the development of globally applicable guidelines». Ce document de travail se propose de fournir aux agences principales et autres parties prenantes des orientations pour mesurer la dégradation des forêts. Il peut être utilisé pour élaborer des programmes d'évaluation de cette dégradation, et devrait être considéré comme un document précurseur, en l'attente du développement futur de directives d'ensemble applicables à l'échelle planétaire.

L'étude a reconnu que la dégradation des forêts signifie des choses différentes selon les personnes concernées, en fonction de leurs points de vue ou de leurs intérêts en matière forestière, et que les manières de mesurer cette dégradation devaient refléter ces points de vue divergents. Les articles présentés dans ce numéro d'*Unasylva* illustrent l'étendue de l'expertise et la variété des perceptions des personnes invitées à participer à l'étude.

Une vue d'ensemble, par M. Simula et E. Mansur, expose la problématique de la dégradation des forêts et introduit un certain nombre de considérations relatives à son évaluation, notamment la question des échelles temporelles et spatiales et celle de l'établissement de données de référence devant servir de base pour comparer les résultats des mesures.

L. Laestadius *et al.* invitent les lecteurs à adopter le point de vue d'un satellite sur la dégradation des forêts. Une méthode de collecte d'informations sur la dégradation des forêts est introduite. Elle montre que l'analyse d'images satellitaires par des experts peut fournir à elle seule des informations quant à l'ampleur des perturbations anthropiques sur de vastes paysages forestiers.

Les méthodes recommandées pour mesurer la dégradation des forêts comprendront souvent à la fois une analyse des images de télédétection et une validation des données par des enquêtes de terrain. Toutefois, l'une comme l'autre constituent souvent un défi, en particulier pour les pays en développement. M. Herold *et al.* proposent que les pays conjuguent l'analyse d'images historiques de télédétection et des enquêtes de terrain actuelles cohérentes, en vue de combler les lacunes dans les connaissances.

La dégradation des forêts peut se mesurer en termes de perte de biodiversité, de santé des forêts, de potentiel de production ou de protection, ou en termes de valeur esthétique. Les deux articles suivants sondent la question selon la perspective d'un écosystème. I. Thompson décrit ce qu'est la résilience des écosystèmes forestiers, et comment les forêts sont susceptibles de perdre cette résilience au fil du temps, si l'on ne fait pas suffisamment attention à maintenir la biodiversité et à éviter d'atteindre des seuils, ou points de basculement. K.P. Acharya, R.B. Dangi et M. Acharya se concentrent sur le Népal, qui a une riche tradition de quelque 60 ans d'enquêtes de terrain. Parmi les éléments thématiques de la gestion forestière durable qui ont été traités dans ces enquêtes, les services écosystémiques forestiers ont rarement été abordés en tant que moyen d'évaluer la dégradation.

Les deux derniers articles s'appuient aussi résolument sur l'analyse de terrain. C.L. Meneses-Tovar se concentre sur la santé des forêts, décrivant les travaux accomplis au Mexique pour appliquer un indice aux images satellites et les superposer ensuite aux données issues des enquêtes de terrain, de façon à pouvoir mesurer les variations de «l'intensité de vert». R. Nasi et N. van Vliet examinent les techniques de mesure et de suivi des animaux sauvages dans les concessions forestières d'Afrique centrale. Partant de l'expérience de parcours pédestres le long de transects tracés dans la forêt et du comptage des boulettes d'excréments des animaux, les auteurs expliquent aux lecteurs comment effectuer le suivi et développer des mesures de gestion efficace de la faune sauvage.

Dans les articles plus courts, sont présentés une étude importante sur l'interprétation des images de télédétection en vue de comprendre l'évolution du couvert forestier et de l'utilisation des terres, et un procédé qui permet d'utiliser ces données pour élaborer une carte des nombreuses opportunités existantes en matière de restauration des paysages forestiers.

Aussi espérons-nous pouvoir conclure en affirmant que l'avenir présente de formidables opportunités. L'étude spéciale a permis de montrer que, grâce au renforcement des capacités nationales en matière d'évaluation, de suivi et d'établissement de rapports sur la dégradation des forêts, les pays peuvent être en mesure de réduire le rythme actuel de ce phénomène, et de mettre en œuvre des campagnes efficaces de restauration des forêts. Là où cela peut se faire, non seulement la restauration des forêts dégradées améliore la quantité et la qualité des nombreux biens et services forestiers, mais elle renforce et améliore la résilience des forêts, et ainsi leur capacité de faire face aux altérations d'origine naturelle ou anthropique, y compris celles causées par le changement climatique.

Un défi mondial qui appelle une réponse locale

M. Simula et E. Mansur

Une approche commune pour définir et mesurer la dégradation des forêts peut conduire à des solutions exceptionnelles pour la combattre.



E. MANSUR

La dégradation d'une forêt implique un processus de changement qui affecte négativement les caractéristiques de celle-ci

La dégradation des forêts représente un grave problème environnemental, social et économique, en particulier dans les pays en développement. Elle est toutefois difficile à définir et à évaluer. La dégradation est considérée et perçue de manière variée selon les diverses parties prenantes concernées, qui poursuivent à leur tour des objectifs différents. Il est techniquement et scientifiquement difficile de la définir, et sa définition peut avoir des implications politiques, ce qui rend encore plus complexe le chemin pour atteindre un consensus et développer des approches communes applicables aux niveaux international et national.

Quantifier l'ampleur de la dégradation des forêts est difficile car celle-ci a de

nombreuses causes, et se produit sous différentes formes et avec une intensité variable. Il y a 10 ans, l'Organisation internationale des bois tropicaux (OIBT, 2002) estimait que bien 850 millions d'hectares de forêts et terres boisées tropicales étaient susceptibles d'être dégradés. Ce chiffre est plus élevé que celui de la superficie de forêts tropicales non dégradées.

Cependant, plus récemment, le Partenariat mondial sur la restauration des paysages forestiers (Laestadius *et al.*, 2011) a suggéré que deux milliards d'hectares de terres forestières disséminés à travers le monde, qui ont été

Markku Simula est Professeur adjoint, Faculté d'agriculture et de foresterie, Université d'Helsinki.

Eduardo Mansur est Sous-Directeur, Reboisement et gestion des forêts, Organisation internationale des bois tropicaux (OIBT), Yokohama, Japon.



E. MANSUR

La forêt dégradée d'une personne représente pour une autre son moyen de subsistance

totalelement déboisés au cours des siècles ou qui ont subi une dégradation, présentent de bonnes conditions pour être restaurés (voir Carte des opportunités de restauration du paysage forestier, dans ce numéro).

Dans la pratique, pour répondre au défi global de la dégradation des forêts, les *réponses locales* constituent un atout majeur.

POURQUOI LA DÉGRADATION DES FORÊTS EST-ELLE UNE QUESTION IMPORTANTE?

Les forêts fournissent une vaste gamme de services écosystémiques: par exemple, elles protègent les sols de l'érosion, elles contribuent à la régulation du régime hydrique et à l'approvisionnement en eau douce, elles permettent le piégeage et le stockage du carbone, elle produisent de l'oxygène et elles offrent des habitats favorisant le maintien de la biodiversité. En outre, les produits ligneux, les fibres et les divers produits non ligneux issus des forêts sont essentiels pour satisfaire les besoins de la population mondiale dans de multiples domaines, tels que la fourniture d'abris, les communications, les emballages, l'alimentation et de nombreux autres usages.

Quelque 300 millions d'habitants des tropiques, consistant en populations autochtones, communautés locales, colons et petits exploitants, dépendent des forêts et des terres forestières dégradées pour leurs moyens d'existence, souffrant souvent d'un état de pauvreté extrême (OIBT, 2002). Faire en sorte que les superficies dégradées soient gérées de manière durable aiderait non seulement

à favoriser l'adaptation aux changements climatiques et l'atténuation de leurs effets, mais aussi à créer des emplois et des revenus pour des millions de personnes.

La dégradation des forêts est l'une des sources principales d'émissions de gaz à effet de serre, comme cela est montré par plusieurs études régionales et nationales, mais son importance à cet égard n'a pas été quantifiée sur une échelle mondiale.

QU'EST-CE QUE LA DÉGRADATION DES FORÊTS?

Les perceptions de la dégradation des forêts sont nombreuses et variées, de même que ses facteurs. Aussi est-il difficile de trouver une approche commune pour la définir: la forêt dégradée d'une personne représente pour une autre son moyen de subsistance. Ainsi, pour un spécialiste de la protection environnementale, toute modification de la forêt naturelle induite par l'action humaine peut représenter une «dégradation». Une forêt plantée exploitée de manière durable peut être tenue pour «dégradée», si les considérations ne s'appuient que sur le critère de la biodiversité. La dégradation se révèle donc être un concept relatif, qui doit être relié aux objectifs de gestion de la forêt concernée.

Une réunion d'experts (FAO, 2002) a proposé une définition commune de la dégradation des forêts, à savoir: [la dégradation des forêts est] *la réduction de la capacité d'une forêt de fournir des biens et services*.

Cependant, étant générique, cette définition s'avère peu opérationnelle. Dans la pratique, l'accent a été mis sur la productivité, la biomasse ou la biodiversité. Les

définitions qui se réfèrent aux multiples avantages tirés des forêts abordent certes les valeurs de ces dernières de manière exhaustive, mais sont plus difficiles à utiliser de façon cohérente et transparente lorsque l'on poursuit des objectifs internationaux. Une question épineuse essentielle porte sur la détermination de seuils adaptés, permettant de distinguer les forêts dégradées de celles non dégradées, notamment en regard des négociations internationales sur le changement climatique.

Dans la perspective de l'établissement de rapports sur les forêts destinés à des instances internationales, une définition cohérente, comparable et harmonisée de la dégradation des forêts se révèle un instrument souhaitable. Toutefois, les contextes nationaux ne sont pas sans implications sur la manière dont peuvent être appliquées les définitions adoptées sur le plan international. Quoi qu'il en soit, la définition générale de la dégradation des forêts citée plus haut est compatible avec une approche axée sur les services écosystémiques; en ce sens, elle fournit une référence de base appropriée au niveau international et un cadre commun permettant d'élaborer des interprétations plus spécifiques à des fins particulières.

POURQUOI FAUT-IL ÉVALUER LA DÉGRADATION DES FORÊTS?

La dégradation d'une forêt implique un processus de changement qui affecte négativement les caractéristiques de celle-ci, réduisant ainsi la valeur et la production de ses biens et services. Ce processus est causé par une perturbation (même si toutes les perturbations n'entraînent pas une dégradation) dont l'origine, l'ampleur, la gravité, la qualité et la fréquence peuvent varier. Cette perturbation peut être naturelle (par exemple, un incendie, une tempête ou une sécheresse) ou induite par l'homme (par exemple, l'exploitation forestière, la construction de routes, la culture itinérante, la chasse ou la pâture), ou bien être une combinaison des deux. Une perturbation induite par l'homme peut être intentionnelle (directe), comme celle

produite par l'abattage ou le pâturage, ou non intentionnelle (indirecte), comme celle provoquée par la diffusion d'une espèce exotique envahissante (FAO, 2009). Nous avons besoin de savoir si les forêts sont en train de se dégrader et, si c'est le cas, quelles en sont les causes et dans quelle mesure les écosystèmes sont affectés, de façon à pouvoir prendre des mesures pour interrompre et inverser le processus. Les informations relatives au processus de dégradation sont également nécessaires pour pouvoir ajuster les politiques nationales susceptibles d'entraîner celui-ci, directement ou indirectement.

Les pays sont tenus de signaler auprès de divers forums internationaux la situation de leurs forêts de même que leurs efforts pour endiguer le processus de dégradation. Ainsi, la Dixième Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique (CDB) a adopté le Plan stratégique pour la biodiversité 2011-2020 et les Objectifs d'Aichi, qui comprennent la réduction de la dégradation des forêts. Pour déterminer si les objectifs sont atteints, un processus efficace de suivi et signalement relatif à la dégradation des forêts est requis.

L'accord établissant un mécanisme sous l'égide de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et visant à la réduction des émissions causées par le déboisement et la dégradation des forêts (REDD+) fournit une autre raison pour mesurer la dégradation des forêts. Le mécanisme REDD+ est en mesure de générer des financements substantiels pour aider les pays en développement à

réduire la dégradation des forêts et à restaurer, ou améliorer, leur gestion (et ainsi augmenter la fixation du carbone issue des forêts). La façon dont est définie la dégradation aura des implications significatives sur l'ampleur des financements et sur le partage respectif des bénéfices entre les diverses parties prenantes.

COMMENT ÉVALUER LA DÉGRADATION DES FORÊTS

Les articles de ce numéro d'*Unasylva* fournissent des informations détaillées sur l'évaluation de la dégradation des forêts, considérée selon différentes perspectives (productivité, biodiversité, sols et autres domaines). Certains points importants concernant l'évaluation de la dégradation sont liés aux échelles temporelles et spatiales et aux seuils.

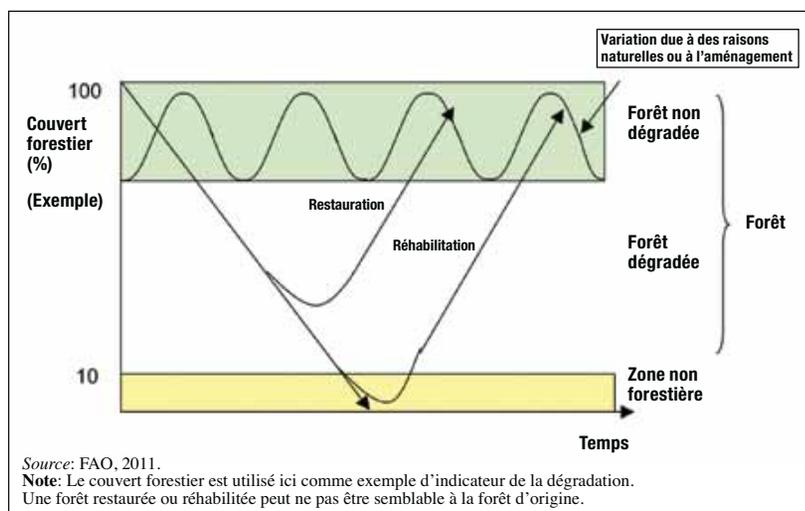
La dégradation des forêts doit être évaluée à différentes échelles spatiales en fonction de la diversité des propos. L'évaluation effectuée à l'échelon d'un peuplement ou d'un site est nécessaire si l'on veut adopter une action corrective efficace au niveau local; de nombreux indicateurs de la capacité d'une forêt de fournir des biens et services varient au cours du temps au sein d'un peuplement, sans que cela n'implique une dégradation de la forêt. Il convient aussi d'effectuer l'évaluation et le suivi de la dégradation sur une unité d'exploitation forestière tout entière, et sur un paysage tout entier (voir L'altération mondiale des forêts, vue de l'espace, dans ce numéro). Les évaluations à des échelons plus élevés servent aux rapports nationaux et internationaux et à d'autres fins.

L'échelle temporelle est un autre aspect important de l'évaluation de la dégradation (voir L'indice différentiel normalisé de végétation comme indicateur de la dégradation, dans ce numéro). Des fluctuations à court terme de la capacité d'une forêt de produire certains biens et services relèvent souvent d'un cycle naturel ou sont le résultat d'interventions humaines planifiées (comme le traitement sylvicole) (voir la figure). En matière de gestion forestière, les objectifs sont toujours fixés en considérant le long terme, et ceci est vrai aussi pour le maintien et le renforcement des réservoirs de carbone. Ainsi, il faudrait éviter une situation dans laquelle, alors même qu'une forêt est sous un régime d'aménagement durable, des fluctuations de court terme du matériel sur pied résultant de coupes dans certains peuplements soient comptées comme des émissions. Inclure de telles données ferait de la durabilité un objectif inatteignable, et mènerait ainsi à des pertes significatives d'autres avantages. L'important est que les réservoirs de carbone soient maintenus et renforcés, dans la durée, dans l'ensemble de l'unité d'aménagement ou du paysage forestier.

Une forêt considérée comme dégradée a outrepassé un seuil, à savoir la valeur établie pour un indicateur de mesure. Du fait que les types de forêts et les situations biophysiques varient largement, il ne sera pas possible d'établir des seuils de tolérance communs. Un autre concept semblable à celui de seuil est le concept de point de basculement – le point auquel un processus de dégradation devient irréversible. Éviter les changements irréversibles – et donc d'atteindre les points de basculement – pourrait être l'une des mesures les plus importantes en direction de la durabilité (voir Biodiversité, seuils de tolérance des écosystèmes, résilience et dégradation des forêts, dans ce numéro).

AVEC QUELLE VALEUR DE RÉFÉRENCE PEUT-ON COMPARER LES DONNÉES?

L'évaluation de la dégradation requiert d'établir un état de référence – un scénario de base ou «état idéal» – par rapport auquel évaluer la situation de changement.



Processus de dégradation et seuils



Les perturbations induites par l'homme peuvent être intentionnelles (directes) ou non intentionnelles (indirectes)

Dans la pratique, déterminer un état de référence n'est pas une tâche facile. La forêt primaire pourrait théoriquement servir de scénario de base, mais cette approche est parfois problématique en raison des changements advenus dans le passé dans l'écosystème. Les forêts aménagées durablement pour la production pourraient aussi servir d'état de référence, bien qu'elles puissent manquer de certains processus, espèces, fonctions ou structures que l'on trouve dans une forêt primaire. En outre, tous les écosystèmes forestiers sont caractérisés par des changements inhérents et des variations naturelles. La dégradation advient quand la production d'un bien ou service donné est systématiquement en dessous d'une valeur attendue et hors de la marge de variation qu'on pourrait attendre sur le site dans le régime d'aménagement choisi. Aussi l'évaluation tend-elle souvent à reposer sur le jugement, car la marge de variation naturelle ne peut être connue qu'à travers des recherches ou un suivi sur le long terme, et les informations disponibles pour une période donnée sont généralement défaillantes (voir Examen des méthodes de mesure et de suivi des émissions historiques de carbone causées par la dégradation des forêts, dans ce numéro).

La dégradation naturelle et celle induite par l'homme sont souvent interdépendantes. Les actions humaines peuvent rendre une forêt plus vulnérable et sujette à être dégradée par des causes naturelles, tandis que des dégâts naturels peuvent

conduire à une augmentation des perturbations induites par l'homme. Distinguer les causes naturelles des causes induites par l'homme peut se révéler difficile lorsque les facteurs abiotiques et biotiques sont déclenchés par des changements dans les modèles climatiques, lesquels conduisent à une augmentation de la fréquence, de l'ampleur et de l'impact de la dégradation des forêts.

La dégradation peut être, mais n'est pas nécessairement, un précurseur du déboisement. Des forêts peuvent demeurer dégradées pendant très longtemps sans jamais se déboiser complètement; les changements peuvent aussi être abrupts, comme cela advient lorsqu'une forêt intacte est convertie à une autre utilisation des terres. À chaque étape du continuum décrit dans la figure, la dégradation de la forêt peut être interrompue ou inversée grâce à des améliorations ou d'autres interventions d'aménagement forestier, notamment la restauration, au travers de mesures sylvicoles, et la réhabilitation de terres non forestières dégradées, au travers du reboisement.

COMMENT RELEVER LE DÉFI MONDIAL?

Il existe des opportunités considérables pour restaurer et réhabiliter les plus de deux milliards d'hectares de terres forestières dégradées qui représentent, agrégés, une superficie mondiale plus grande que la Chine. Les zones dégradées ne sont en général pas sujettes à une utilisation des terres intensive, même dans les

régions susceptibles d'être densément peuplées. Parfois, inverser le processus de dégradation peut requérir des investissements significatifs. Cependant, le plus souvent cela peut se faire grâce à des interventions de faible intensité, telles que l'extension des périodes de jachère et la mise en défens de certaines terres pour permettre la régénération naturelle.

Les populations rurales vivant à l'intérieur ou près de forêts dégradées sont susceptibles d'apporter des mesures correctives lorsqu'elles sont sensibilisées à la question et que leur sont fournies des incitations économiques. La réussite de la restauration du plateau de Loess en Chine en est un bon exemple. La restauration peut entraîner de nombreux avantages corollaires, notamment une réduction de l'érosion, une baisse des risques d'inondation, une meilleure productivité agricole et la production de bois de feu, de bois d'œuvre et d'autres produits forestiers. Des orientations utiles en matière d'action corrective existent tant au niveau international – par exemple, OIBT (2002) – qu'au niveau national – CONAFOR (2007). Le Partenariat mondial sur la restauration des paysages forestiers (2011) offre une plateforme d'information et de partage d'expériences.

Le mécanisme REDD+ sous l'égide des négociations de la CCNUCC a fait naître de grandes attentes pour le financement de la restauration, de la réhabilitation et de l'aménagement durable des forêts. Il y a toutefois le risque que les populations rurales pauvres ne soient pas

Les opportunités pour reboiser les terres forestières dégradées sont considérables





E. MANSUR

en mesure de bénéficier du mécanisme REDD+ et que leur régime forestier et leurs droits d'usage soient affectés négativement si le maintien et le renforcement des réservoirs de carbone forestiers deviennent un objectif contraignant en matière de financement REDD+. Sans la garantie de régimes fonciers clairs et sûrs, le renforcement des capacités, l'apport d'un soutien financier et la prise en compte appropriée des valeurs et besoins des populations locales, il est irréaliste d'envisager que ces personnes pourront jamais véritablement bénéficier de la REDD+. Un autre point important est que, dans de nombreux pays, des terres devenues de propriété communautaire sont souvent des terres dégradées, qui requièrent un investissement significatif au travers d'une action de restauration.

Les financements REDD+ devraient être conséquents et différenciés de façon à pouvoir répondre à la diversité des conditions locales. De la même manière, si les propriétaires, les communautés et les habitants des forêts sont payés pour «ne rien faire», le système n'est pas susceptible de fonctionner. De nombreux mécanismes de paiement de services environnementaux forestiers ont souffert d'être devenus de simples mécanismes de subvention, dans lesquels le lien entre la rétribution et l'obligation de l'intéressé de mener une action corrective est demeuré flou. L'atténuation des effets du changement climatique requiert des résultats rapides, et la restauration des forêts dégradées est en mesure

d'absorber dans de brefs délais un volume plus important de dioxyde de carbone. En ce sens, c'est une excellente stratégie pont. En même temps, il est possible d'améliorer la résilience et d'accroître la capacité de récupération des contextes où la biodiversité est vulnérable. Les coûts d'opportunité sont faibles et les résultats ont d'importants avantages corollaires. Certes, il faudra du temps en matière de création des capacités, de réforme des régimes fonciers et de renforcement de la gouvernance, mais l'action ne peut être retardée.

Il n'existe pas un seul modèle fonctionnant pour tout le monde, et les solutions visant à endiguer la dégradation des forêts sont toujours uniques et spécifiques à chaque situation. Elles doivent pouvoir être adaptables et flexibles dans le temps, car elles doivent essayer de faire en sorte que les besoins des diverses parties prenantes forestières se traduisent en pratiques durables, aptes à produire un changement. ♦



**ANNÉE INTERNATIONALE
DES FORÊTS • 2011**

Les solutions visant à endiguer la dégradation des forêts doivent être adaptables et flexibles dans le temps, pour répondre aux besoins des diverses parties prenantes



Références

- CONAFOR.** 2007. *Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas.* Zapopan, Mexique, Commission nationale des forêts.
- FAO.** 2002. *Proceedings: Second Expert Meeting on Harmonizing Forest-related Definitions for Use by Various Stakeholders, Rome, 11-13 September 2002.* Rome. Disponible sur: www.fao.org/docrep/005/y4171e/y4171e00.htm.
- FAO.** 2009. *Vers une définition de la dégradation des forêts: analyse comparative des définitions existantes,* par M. Simula. Évaluation des ressources forestières – Document de travail n° 154. Rome (disponible aussi sur <http://www.fao.org/docrep/012/k6217f/k6217f00.pdf>).
- FAO.** 2011. *Assessing forest degradation: towards the development of globally applicable guidelines.* Working paper. Rome.
- Laestadius, L., Saint-Laurent, C., Minnemeyer, S. y Potapov, P.** 2011. *A world of opportunity: the world's forests from a restoration perspective.* Partenariat mondial sur la restauration des paysages forestiers, Institut des ressources mondiales, South Dakota State University et Union internationale pour la conservation de la nature. Disponible sur: pdf.wri.org/world_of_opportunity_brochure_2011-09.pdf.
- OIBT.** 2002. *Directives OIBT pour la restauration, l'aménagement et la réhabilitation des forêts tropicales dégradées et secondaires.* Série Développement de politiques OIBT n° 13. Yokohama, Japon, Organisation internationale des bois tropicaux.
- Partenariat mondial sur la restauration des paysages forestiers.** 2011. Site Internet. Disponible sur: ideastransformlandscapes.org. ♦

L'altération mondiale des forêts, vue de l'espace

L. Laestadius, P. Potapov, A. Yaroshenko et S. Turubanova

Une nouvelle approche permet d'examiner les signes d'altération des forêts et de délimiter les forêts intactes.

Évaluer la dégradation des forêts à un niveau régional et mondial est une tâche ardue pour diverses raisons. La dégradation est un concept complexe, difficile à définir. Aussi, et en outre, est-il difficile et coûteux de la mesurer. Les rares informations disponibles sont souvent inadéquates, peu détaillées et pauvres, volontiers incohérentes, notamment d'une frontière juridictionnelle à une autre. Les aspects non productifs, tels que la biodiversité, tendent à être peu ou superficiellement abordés.

Les observations par satellite fournissent une approche prometteuse en terme de recueil d'informations. La facilité d'accès et la qualité technique des images satellitaires s'améliorent régulièrement, tandis que les prix s'abaissent. L'imagerie par satellite rend possible l'évaluation de vastes paysages, parfois inaccessibles, à faible coût et

relativement rapidement. En outre, il est possible d'accéder dans les archives publiques à des images satellitaires antérieures (Landsat), datant approximativement des années 1980, ce qui permet de pouvoir estimer les changements au cours du temps.

Cet article présente les résultats d'une tentative d'utilisation des images satellitaires pour évaluer la dégradation des forêts. La méthode décrite avait été à l'origine élaborée pour cartographier les paysages de forêts intactes (IFL, de l'anglais *intact forest landscapes*) (Yaroshenko, Potapov et Turubanova, 2001; Aksenov *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2002; Strittholt *et al.*, 2006; Potapov *et al.*, 2008). Aussi y est-il fait référence en tant que «méthode IFL». La méthode et ses définitions ont été spécifiquement conçues pour recourir aux images satellitaires et diffèrent donc de ce qui serait utilisé pour des observations au niveau du terrain. Les résultats

Un paysage forestier est dominé par les forêts mais il peut aussi comprendre naturellement des zones sans arbres, comme ces marais dans le nord de la partie européenne de la Fédération de Russie. La méthode IFL identifie les changements visibles d'un paysage forestier résultant d'une influence humaine



Lars Laestadius est Chercheur associé principal, Institut des ressources mondiales, Washington, D.C., États-Unis d'Amérique.

Peter Potapov est Professeur associé, Université du Maryland, College Park, Maryland, États-Unis d'Amérique.

Alexey Yaroshenko est Coordonnateur chargé des forêts, Greenpeace Russie, Moscou.

Svetlana Turubanova est Chercheur associé, Université du Maryland, College Park, Maryland, États-Unis d'Amérique.

V. KANTOR

sont reproductibles et cohérents dans le temps comme dans l'espace – à savoir, pour un pays, un continent ou le monde à un même moment.

DÉFINIR L'ALTÉRATION DES FORÊTS

Le concept de *paysage forestier*, tel qu'il est employé ici, désigne une mosaïque de types de couvertures terrestres naturellement entrecoupés. Un paysage forestier est dominé par les forêts, mais il peut aussi comprendre, de manière naturelle, des zones sans arbres, telles que petits lacs, marais, rivières et affleurements rocheux.

La dégradation des forêts est un concept ambigu. Ce qui pour une personne constitue une dégradation peut être une amélioration pour une autre; tout dépend de la perspective de l'intéressé. Pour le propos de cet article, l'expression plus neutre d'*altération des forêts* sera employée. Cette notion indiquera ici un changement visible d'un paysage forestier résultant d'une influence humaine.

LA MÉTHODE IFL

La méthode IFL consiste en deux composantes interdépendantes: la méthode elle-même et une série de définitions et critères. Des critères bien définis permettent de montrer qu'une zone n'est pas intacte (voir l'encadré). Ces règles ont été conçues pour être appliquées à l'échelle planétaire et être facilement reproductibles, et permettre ainsi des évaluations répétées dans le temps tout autant que des vérifications isolées.

La logique de l'évaluation a trois caractéristiques principales:

Le paysage est classé en tant qu'espace ou altéré ou non altéré (intact). Bien que la méthode IFL puisse être adaptée pour évaluer divers types et degrés d'altération, cet article adopte un point de vue simple sur l'altération: un paysage est ou bien intact, ou bien altéré.

Un IFL est une étendue continue d'écosystèmes naturels ne montrant aucun signe d'activité humaine significative et suffisamment vaste pour conserver toute la biodiversité locale, notamment des populations viables d'espèces très diversifiées. Dans cette évaluation, une zone intacte doit avoir une superficie d'au moins 50 000 hectares (ha) pour être considérée comme un IFL.

Critères

A. Altération

Les parties de la zone d'étude montrant des signes d'altération causée par l'homme *significative* sont considérées comme perturbées et ne remplissent pas les conditions pour être incluses dans un IFL. De tels signes comprennent notamment:

1. Les établissements humains (y compris une zone tampon de 1 km).
2. Les infrastructures utilisées pour le transport entre zones peuplées et pour le développement industriel des ressources naturelles. Les signes comprennent alors les routes (à l'exception des pistes en terre), les chemins de fer, les cours d'eau navigables (y compris les rivages), les conduites et les lignes de transmission électriques (y compris, dans tous les cas, une zone tampon de 1 km de chaque côté).
3. L'agriculture et les plantations forestières.
4. Les activités industrielles réalisées au cours des 30-70 dernières années, telles que l'abattage, l'exploitation minière, la recherche et l'extraction de pétrole et de gaz et l'extraction de tourbe.
5. Les zones ayant été affectées par des feux de forêts suivis de régénération au cours des 30-70 dernières années, si elles sont situées aux alentours d'infrastructures ou d'aires développées.

L'influence humaine s'étant fait sentir dans un passé lointain ou de faible intensité est considérée comme *insignifiante*. Les parties soumises à cette influence «en arrière-plan» peuvent s'inscrire dans un IFL. Les origines de ce type d'influence de second plan peuvent comprendre notamment la pâture diffuse de la part d'animaux domestiques, la coupe sélective de faible intensité et la chasse.

B. Morcellement

Les parties de la zones d'étude remplissant encore les conditions pour s'inscrire dans un IFL sont ensuite évaluées en termes de morcellement. Les parties jugées éligibles, mais qui sont trop petites ou trop étroites, sont éliminées. Un IFL doit en effet satisfaire les critères suivants:

1. Sa superficie doit être supérieure à 50 000 ha.
2. Il doit faire au moins 10 km de large à l'endroit le plus vaste (mesure du diamètre le plus large pouvant s'inscrire dans la parcelle).
3. Il doit faire au moins 2 km de large dans les parties étroites reliant des parcelles plus larges, et dans les appendices.

Deux types de critères sont utilisés.

Deux types de critères sont utilisés pour distinguer les paysages forestiers intacts des paysages forestiers non intacts: (A) l'altération, et (B) le morcellement. Ces critères sont employés en séquence pour déterminer si une zone est qualifiée à être considérée comme un IFL.

Tout d'abord, on évalue le niveau d'altération. Les parties altérées de la zone d'étude sont exclues, ne remplissant pas les conditions pour pouvoir être comprises dans un IFL. On soumet alors les parties restantes à une évaluation de leur degré de morcellement. À nouveau, les parties ne remplissant pas les conditions sont exclues.

Le paysage est considéré intact jusqu'à preuve du contraire. La logique de l'évaluation fonctionne à bien des égards

comme un procès juridique. L'hypothèse de départ est que la zone d'étude tout entière est «innocente», c'est-à-dire intacte et non altérée. La méthode tente alors de prouver que des zones sont «coupables», en cherchant à trouver des preuves d'une altération existante. Une fois que toutes les zones altérées ont été exclues, il ne reste plus que les zones intactes. La raison qui sous-tend une telle logique est qu'il est plus facile de désigner les preuves d'une altération que de démontrer leur absence.

APPLICATION DE LA MÉTHODE IFL

La méthode IFL a été employée en vue d'évaluer l'intégrité écologique de la zone de paysage forestier au niveau mondial. La zone de paysage forestier est différente de ce que la FAO

appelle la *zone forestière*, en ce qu'elle comprend des superficies sans arbres, qui apparaissent naturellement au sein de l'écosystème plus vaste que nous appelons paysage forestier. Les évaluations de ce deux types de zones ne sont donc pas comparables.

La limite de la zone de paysage forestier a été définie en utilisant un ensemble de données mondiales sur la couverture forestière faisant partie du produit MODIS VCF (*Vegetation Continuous Fields*) – résolution 500 m (Hansen *et al.*, 2003). La forêt a été définie en 2000 comme étant une zone dotée d'un couvert arborescent supérieur à 20 pour cent. Les parcelles forestières inférieures à 4 km² ont été exclues. Les fragments de paysage forestier inférieurs à 500 km² n'ont pas été considérés dans l'analyse.

La zone de paysage forestier a été évaluée en deux étapes. Tout d'abord, une analyse préliminaire du morcellement a été effectuée pour les pays pour lesquels on disposait de séries de données obtenues grâce au Système d'information géographique (SIG), relatives aux transports, aux infrastructures et aux établissements humains, à une échelle de 1:500 000, ou plus fine. Les zones au voisinage de routes, conduites, réseaux électriques et agglomérations ont été éliminées de la zone d'étude, le paysage forestier ainsi morcelé donnant lieu à une mosaïque. L'objectif était

Part de la zone de paysage forestier altérée, par type de forêt

Type de forêt	Superficie totale (Mha)	Zone altérée (Mha)	Part altérée (%)	Zone intacte (Mha)	Part intacte (%)
Forêts fermées	2 748,4	1 901,3	69,2	847,1	30,8
Forêts ouvertes et forêts claires	1 377,6	1 108,0	80,4	269,6	19,6
Zones naturellement sans arbres	1 461,5	1 265,3	86,6	196,2	13,4
Total de la zone de paysage forestier	5 587,6	4 274,7	76,5	1 312,9	23,5

d'identifier les fragments de paysage exempts des principaux éléments d'infrastructure et d'une taille supérieure à 50 000 ha. Les zones ne correspondant pas à ces critères ont été exclues des considérations ultérieures, tandis que les autres ont été retenues comme candidates pour l'établissement d'un éventuel IFL.

La seconde étape consistait à utiliser les images de couverture mondiale à haute résolution spatiale Landsat TM (Tucker, Grant et Dykstra, 2004) et ETM+, se référant respectivement à une date moyenne de 1990 et 2000, en vue d'estimer de façon systématique tous les IFL potentiels restants et les zones d'altération, et de délimiter chaque IFL avec précision.

L'analyse des images a été effectuée au moyen de l'interprétation visuelle d'experts, en utilisant des superpositions de cartes SIG et des données cartographiques thématiques et topographiques additionnelles.

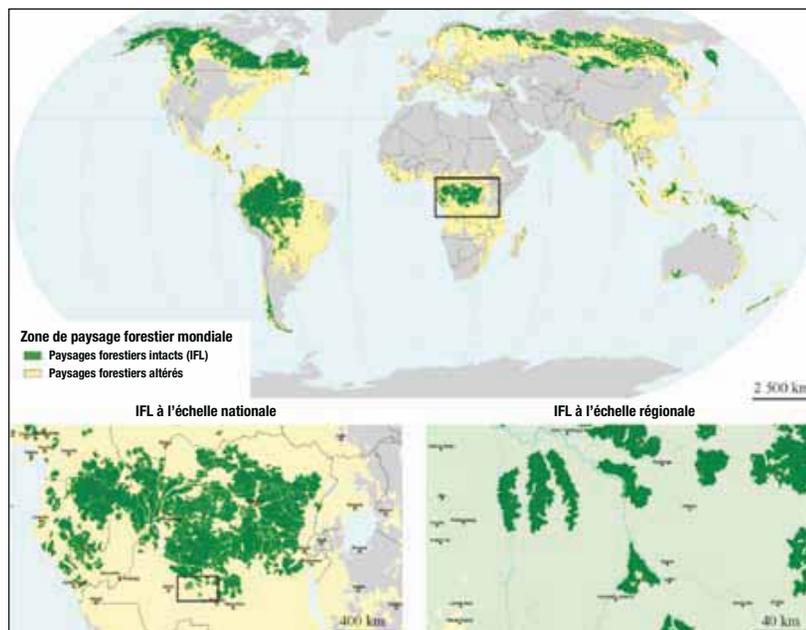
UNE ÉVALUATION MONDIALE DE L'ALTÉRATION DES FORÊTS

L'étendue actuelle de la zone de paysage forestier mondiale, telle qu'elle a été définie plus haut, est de 5 587,6 millions d'hectares (Mha), soit 37,3 pour cent de la superficie totale de terres de la planète. Cette surface peut être divisée en trois principaux types d'écosystèmes forestiers, classés en fonction de la couverture arborescente (Hansen *et al.*, 2003):

1. *Forêts fermées*, ayant une couverture arborescente supérieure à 40 pour cent (49,2 pour cent de la zone de paysage forestier);
2. *Forêts ouvertes et forêts claires*, ayant une couverture arborescente entre 20 et 40 pour cent (24,7 pour cent de la zone de paysage forestier); et
3. *Zones naturellement sans arbres*, ayant une couverture arborescente inférieure à 20 pour cent, comme les savanes, les pâturages, les marécages, les écosystèmes montagneux ou les lacs (26,1 pour cent de la zone de paysage forestier).

Les IFL représentent 23,5 pour cent de la zone de paysage forestier (1 312,9 Mha). L'équilibre est affecté par le développement du morcellement (figure 1). Dans le cadre de la méthode IFL, cette partie est considérée comme altérée. L'ampleur de l'altération diffère selon qu'il s'agit d'écosystèmes fermés, ouverts ou non forestiers (voir le tableau).

Quelque deux tiers (69,2 pour cent) des forêts fermées du monde ne sont pas intactes. Il reste davantage d'IFL dans les zones boréales et les sub-toundras



1 Les paysages forestiers intacts et altérés du monde. La méthode IFL produit des cartes utiles pour la planification et le suivi au niveau mondial, national et régional. La carte à l'échelle régionale montre les forêts non intactes en vert clair et les zones sans arbres en jaune



du nord que dans le sud; une longue histoire d'activité humaine a transformé les forêts claires et les écosystèmes de type savane des tropiques ainsi que les steppes boisées tempérées d'origine en cultures, pâturages, formations arbustives pyrétogènes ou herbages.

DONNÉES DE RÉFÉRENCE NATIONALES

Une évaluation au niveau national a été menée, limitée aux pays ayant une superficie d'au moins 10 millions d'hectares de zone de paysage forestier (figure 2). Sur ces 62 pays, la forêt a été presque entièrement altérée, c'est-à-dire que moins de 1 pour cent de la zone de paysage forestier demeure un IFL, dans 19 d'entre eux. Ce groupe consiste en pays européens autres que la Fédération de Russie, la Finlande et la Suède, et en pays africains situés hors du bassin du Congo. On trouve les niveaux les plus élevés d'altération, c'est-à-dire que la part d'IFL restants représente de 1 à 10 pour cent de la zone de paysage forestier, dans un groupe de 21 pays. Ce groupe comprend des pays africains situés au bord du biome de la forêt tropicale humide, des pays d'Amérique centrale, l'Europe septentrionale et des pays d'Asie du Sud-Est. La Chine et l'Inde appartiennent aussi à ce groupe. Dans les 22 pays restants, la part d'IFL est supérieure à 10 pour cent de la zone de paysage forestier

totale. Toutefois, seuls dans cinq d'entre eux – le Canada, le Guyana, la Guyane française, le Pérou et le Suriname –, la part d'IFL est supérieure à 50 pour cent.

Deux groupes différents de pays émergent lorsque l'on examine la composition des IFL en termes d'écosystèmes fermés, ouverts et non forestiers (voir la figure 3). Le premier groupe est constitué de pays développés où existe une gestion forestière industrielle. Dans ces pays, les forêts les plus denses et les plus productives ont été altérées par l'exploitation ou converties en plantations. Là où la densité de la couverture arborescente naturelle est faible et que les forêts sont donc moins attractives en termes d'aménagement forestier, la plupart des zones demeurent intactes. On trouve des exemples de cela dans les régions montagneuses, les marais et la partie septentrionale de la région boréale.

Un schéma différent prévaut dans le second groupe. Dans ces zones, les forêts accessibles ont été défrichées pour servir à l'agriculture ou à la pâture, tandis que les tronçons inaccessibles de forêts denses demeurent pour l'essentiel intacts.

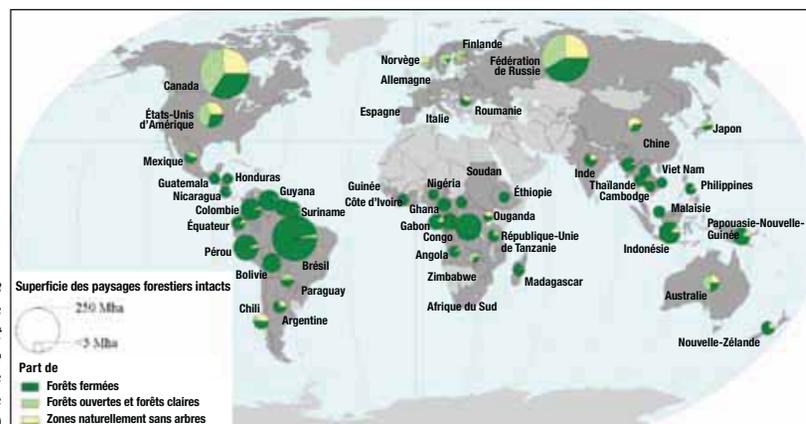
2 L'altération des forêts, exprimée en tant que part des paysages altérés dans la zone de paysage forestier des pays sélectionnés. Les pays compris dans l'analyse sont montrés en gris foncé (62 pays au total)

Les forêts denses les moins altérées se trouvent parmi les pays d'Afrique centrale et d'Amérique latine et en Papouasie-Nouvelle-Guinée. La large part de forêts denses au sein des IFL de ces pays fait que ce sont des réservoirs de carbone importants, et leur altération conduirait à des émissions de dioxyde de carbone significatives.

ÉVALUATION DE LA MÉTHODE IFL

La méthode IFL présente de nombreux avantages pour l'évaluation de vastes zones. Elle convient à tous les pays et tous les continents. Son application n'est pas coûteuse, et elle peut être appliquée rapidement. Il est possible de satisfaire ses besoins en matière de données grâce aux images satellitaires, qui sont disponibles au public gratuitement ou à des prix faibles et en diminution constante. Elle est définie selon des critères rigoureux. Elle se prête à des reproductions et à des vérifications indépendantes. Elle est également appropriée aux opérations de suivi, qui consistent en observations répétées à différents stades chronologiques en vue de mesurer les changements. La méthode peut être adaptée et affinée, notamment pour évaluer des paysages plus petits, et elle permet d'évaluer des paysages enclavés, qui seraient autrement inaccessibles. Les résultats sont cohérents sur toute la zone d'étude (qu'il s'agisse par exemple d'un pays ou du monde) et peuvent donc être

3 Paysages forestiers intacts dans les pays sélectionnés, et leur composition par type de forêt. Les pays compris dans l'analyse sont montrés en gris foncé (62 pays au total)



comparés. Les résultats sont explicites pour un territoire donné, dans la mesure où ils prennent la forme d'une carte suffisamment détaillée pour pouvoir guider les décisions à prendre en matière de priorités et mesures de conservation. Des informations statistiques peuvent aisément être dérivées de la carte. La méthode a été testée et est prête à être utilisée.

La résolution et la qualité des cartes a été jugée suffisante pour que ces dernières soient employées comme outil en vue de favoriser un approvisionnement durable en bois des forêts boréales. Ainsi, au Canada et dans la Fédération de Russie, le Forest Stewardship Council – conseil de gestion forestière – utilise des cartes produites selon la méthode IFL (Aksenov *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2002) comme variable de remplacement pour les forêts correspondant à des paysages forestiers de dimension importante, un type de forêt estimé être d'une grande valeur en termes de conservation (FSC Canada, 2004; FSC Russia, 2008; FSC, 2006).

La méthode IFL peut aussi être utilisée pour observer comment l'altération des forêts s'étend au cours du temps. Le suivi consiste alors simplement à appliquer la méthode à un moment différent de celui ayant servi pour l'étude de départ, et à comparer les résultats. La FAO (2009) fournit des exemples de suivi régional, effectué dans la partie nord-ouest de la Fédération de Russie et en Afrique centrale.

Cependant, la démarche comporte aussi un certain nombre de limites. Pour utiliser la méthode, des compétences en matière de SIG et d'interprétation des données de télédétection sont requises. Elle ne convient par ailleurs qu'à de vastes superficies (de l'ordre d'une province, d'un pays, d'une région ou du monde). Sa cohérence la rend insensible à la diversité d'acceptation, d'un pays à un autre, des notions d'«état intact» et d'«altération». Par exemple, en ce qui concerne l'interprétation des surfaces brûlées, faudra-t-il les considérer comme intactes, si le facteur d'incendie à l'origine a des causes naturelles, ou bien comme altérés, s'il s'agit du résultat de feux provoqués par l'homme? La taille la plus petite admise pour un IFL devrait-elle être différenciée en regard du biome (par exemple,

distinction entre les forêts boréales et les forêts tropicales) ou du régime des perturbations naturelles (par exemple, distinction entre dynamique des feux et dynamique des trouées)?

La méthode IFL est biaisée du fait d'une surestimation de la zone retenue comme IFL. Cela est dû à sa logique selon laquelle l'intéressé «est considéré comme innocent jusqu'à ce que l'on prouve qu'il est coupable». L'influence humaine difficile à détecter dans l'imagerie satellitaire, comme la coupe sélective, la petite agriculture sur brûlis et la chasse (par exemple, le braconnage en Afrique centrale), est susceptible d'être négligée, faisant ainsi qu'une zone altérée soit cartographiée en tant qu'IFL. L'exactitude du résultat dépendra de la qualité et de la résolution spatiale des images satellite.

Une autre limite significative de la méthode, telle qu'elle a été employée pour cette étude, consiste dans sa nature binaire. Les paysages sont classés en paysages intacts ou paysages altérés. Ni les types ni les degrés d'altération ne sont différenciés. Cependant, à cet égard, la méthode peut être modifiée de façon à répondre aux exigences de propos diversifiés. Elle peut être rendue plus sensible aux différents types d'altération grâce à la définition de catégories supplémentaires moins strictes, par exemple en termes de taille des parcelles ou de formes d'altération de celles-ci. Elle pourrait en outre comprendre des parcelles plus petites en tant que fragments intacts, de façon à convenir davantage à l'évaluation de paysages de dimensions réduites (Lee, Gysbers et Stanojevic, 2006; Mollicone *et al.*, 2007).

La méthode est en mesure de produire des résultats utiles sans devoir effectuer des vérifications sur le terrain lorsqu'elle est appliquée par des analystes expérimentés, connaissant parfaitement le paysage étudié et ayant accès à des images Landsat TM/ETM+. Dans certaines circonstances toutefois, des vérifications sur le terrain pourront accroître l'exactitude de la méthode. Ainsi, il conviendrait d'y recourir dans les cas où les images satellite sont défailtantes ou que l'influence humaine est difficile à détecter, par exemple parce qu'elle est diffuse et non distincte, ou bien parce qu'elle est

invisible de l'espace du fait qu'elle est de petite dimension et se produit en dessous du couvert forestier. Il existe aussi un certain degré de subjectivité dans la détermination des frontières des IFL, dans les zones de transition entre superficies intactes et superficies altérées, en particulier dans les territoires non forestiers, les savanes, les forêts claires et les régions montagneuses. Les ressources à allouer au travail de terrain devraient se concentrer sur la vérification de l'interprétation de points importants manquant de clarté, plutôt que de procéder à un échantillonnage aléatoire ou systématique.

CONCLUSIONS

La méthode IFL fournit une manière peu coûteuse et efficace d'évaluer le degré de l'influence humaine sur un vaste paysage forestier, qu'il s'agisse d'un pays ou même du monde. La méthode est conçue de façon à utiliser les satellites comme principale source de données, réduisant ainsi les coûts et accroissant la rapidité de l'opération. Des vérifications ciblées sur le terrain de points spécifiques peuvent aider à en augmenter la justesse. Le résultat consiste en une carte montrant la localisation et les frontières exactes des paysages forestiers intacts, à savoir les parcelles restantes de terres non altérées dans la zone de paysage forestier; elle permet, du moins dans la forêt boréale, d'orienter avec une précision suffisante l'approvisionnement en bois. Cette carte peut servir de guide dans la conception des politiques et l'établissement des priorités, et en outre, grâce à l'application réitérée de la méthode IFL aux paysages forestiers intacts, de référence pour le suivi des changements. La distinction entre forêts intactes et forêts non intactes utilisée ici est cohérente avec l'expérience en matière de mesure satellitaire du déboisement, et peut fournir d'importantes informations de base pour estimer les pertes de carbone dues à l'altération des forêts.

La méthode pourrait être affinée de façon à être plus sensible à l'intensité ou au type d'altération, sans pour autant modifier sa logique ni les données requises; cela lui permettrait d'être appliquée à la mesure des degrés d'altération.

La méthode bénéficiera certainement des progrès en matière de qualité, prix et

facilité d'accès des images satellitaires. Les effets de telles améliorations seront particulièrement importants dans les tropiques humides, où une nébulosité persistante rend l'acquisition d'images difficile.

L'utilité de la méthode peut prendre de l'ampleur grâce à au moins trois types de mesures:

- **Renforcement des capacités.** Un analyste utilisant la méthode IFL doit avoir deux domaines d'expertise: l'interprétation des images satellitaires et le SIG; et l'écologie et l'aménagement forestiers. Cette association de compétences est rare, notamment dans les pays en développement. Des efforts de formation concertés peuvent assurément être d'une grande aide à cet égard.
- **Transparence et examen des résultats.** Les résultats de la méthode IFL sont relativement faciles à communiquer et à comprendre parce qu'ils peuvent s'afficher sur des cartes. Ces cartes doivent être examinées par des experts régionaux et locaux, ainsi que par les principales parties prenantes. Aussi les difficultés logistiques à surmonter pour mener un examen rigoureux s'appuyant sur des documents sont-elles nombreuses, en particulier dans le cas d'une évaluation régionale ou mondiale. Il est possible de laisser les réviseurs accéder aux cartes et transmettre leurs commentaires à travers Internet. Aussi est-il nécessaire de créer une plateforme Internet pour assurer la transparence et permettre la révision du matériel.
- **Financement du développement et de l'application de la méthode.** La méthode IFL a été développée grâce aux contributions financières de sociétés et fondations du secteur privé. L'implication des gouvernements dans le développement et l'application futurs de la méthode serait extrêmement bénéfique.

Dans le cas de la présente étude, les auteurs envisagent que la carte IFL mondiale sera périodiquement mise à jour et améliorée, de façon à intégrer les altérations à venir. L'amélioration continue des senseurs des satellites et des techniques d'analyse réduira graduellement les efforts nécessaires. Un processus d'observation externe a été organisé sur un site Internet spécialisé

(www.intactforests.org), qui permet aux utilisateurs de consulter la carte IFL sur un fond d'images satellitaires. ♦



Références

- Aksenov, D., Dobrynin, D., Dubinin, M., Egorov, A., Isaev, A., Karpachevskiy, M., Laestadius, L., Potapov, P., Purekhovskiy, A., Turubanova, S. et Yaroshenko, A.** 2002. *Atlas of Russia's intact forest landscapes*. Moscou, Observatoire mondial des forêts Russie (disponible aussi sur: www.globalforestwatch.org/common/russia/Atlas_report_pdfs/Cover-032.pdf).
- FAO.** 2009. *Global mapping and monitoring the extent of forest alteration: the Intact Forest Landscapes Method*, par P. Potapov, L. Laestadius, A. Yaroshenko et S. Turubanova. Forest Resources Assessment Working Paper No. 166. Rome (disponible aussi sur: www.fao.org/docrep/012/k7611e/k7611e00.pdf).
- FSC.** 2006. *Standard for company evaluation of FSC controlled wood*. FSC-STD-40-005 (Version 2-1) EN. Bonn, Forest Stewardship Council (disponible aussi sur: www.fsc.org/fileadmin/web-data/public/document_center/international_FSC_policies/standards/FSC_STD_40_005_V2_1_EN_Company_Evaluation_of_Controlled_Wood.pdf).
- FSC Canada.** 2004. *National boreal standard*. Toronto, Canada, Groupe de travail du Conseil de gestion forestière (disponible aussi sur: www.fscscanada.org/docs/boreal%20standard.pdf).
- FSC Russia.** 2008. *Russian national Forest Stewardship Council standard*. FSC-STD-RUS-01 2008-11 Russian national standard ENG. Moscou, Initiative nationale russe du Conseil de gestion forestière (disponible aussi sur: www.fsc.ru/pdf/rnsen1.pdf).
- Hansen, M.C., DeFries, R.S., Townshend, J.R.G., Carroll, M., Dimiceli, C. et Sohlberg, R.A.** 2003. Global percent tree cover at a spatial resolution of 500 meters: first results of the MODIS vegetation continuous fields algorithm. *Earth Interactions*, 7:1–15. DOI: 10.1175/1087-3562(2003)007<0001:GPTCAA>2.0.CO;2.
- Lee, P., Aksenov, D., Laestadius, L., Nogueron, R. et Smith, W.** 2002. *Canada's large intact forest landscapes (a report by Global Forest Watch Canada)*. Edmonton, Observatoire mondial des forêts Canada (disponible aussi sur: www.globalforestwatch.org/english/canada/pdf/Canada_LIFL-Text_Section.pdf).
- Lee, P., Gysbers, J.D. et Stanojevic, Z.** 2006. *Canada's forest landscape fragments: a first approximation (a Global Forest Watch Canada Report)*. Edmonton, Observatoire mondial des forêts Canada (disponible aussi sur: www.globalforestwatch.ca/FLFs/GFWC-FLFs-firstapprox-150dpi.pdf).
- Mollicone, D., Achard, F., Federici, S., Eva, H.D., Grassi, G., Belward, A., Raes, F., Seufert, G., Stibbig, H.-J., Matteucci, G. et Schulze, E.-D.** 2007. An incentive mechanism for reducing emissions from conversion of intact and non-intact forests. *Climatic Change*, 83: 477–493. DOI: 10.1007/s10584-006-9231-2.
- Potapov, P., Yaroshenko, A., Turubanova, S., Dubinin, M., Laestadius, L., Thies, C., Aksenov, D., Egorov, A., Yesipova, Y., Glushkov, I., Karpachevskiy, M., Kostikova, A., Manisha, A., Tsybikova, E. et Zhuravleva, I.** 2008. Mapping the world's intact forest landscapes by remote sensing. *Ecology and Society*, 13(2). Disponible sur: www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art51/.
- Strittholt, J., Nogueron, R., Bergquist, J. et Álvarez, M.** 2006. *Mapping undisturbed landscapes in Alaska: an overview report*. Washington, D.C., Institut des ressources mondiales (disponible aussi sur: www.wri.org/publication/mapping-undisturbed-landscapes-alaska-overview-report).
- Tucker, C.J., Grant, D.M. et Dykstra, J.D.** 2004. NASA's global orthorectified Landsat data set. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70: 313–322.
- Yaroshenko, A.Y., Potapov, P.V. et Turubanova, S.A.** 2001. *The last intact forest landscapes of northern European Russia*. Moscou, Greenpeace Russie et Observatoire mondial des forêts (disponible aussi sur: www.globalforestwatch.org/english/russia/pdf/GFW_Russia_Report_en.pdf). ♦

Une enquête par télédétection met à jour l'estimation des pertes de superficie forestière

A. Gerrand, E. Lindquist et R. D'Annunzio

Une nouvelle étude a étendu nos connaissances sur les changements du couvert arboré et de l'utilisation des terres forestières au fil du temps.

Les Fonctionnaires forestiers **Adam Gerrand**, **Erik Lindquist** et **Remi D'Annunzio** constituent l'équipe de télédétection FRA, Département des forêts de la FAO, Rome.

1

Grille d'échantillonnage systématique



La FAO a mené des enquêtes par télédétection concentrées sur les forêts tropicales pour l'établissement des précédents rapports de l'Évaluation des ressources forestières mondiales (FRA) de 1980, 1990 et 2000. Une nouvelle enquête, faisant partie intégrante de FRA 2010, a été menée de façon plus complète car des images satellitaires ont été recueillies au niveau mondial. Elle visait à améliorer nos connaissances relatives aux changements du couvert arboré et de l'utilisation des terres forestières au fil du temps. L'un des facteurs essentiels à la base de l'enquête a consisté dans l'importance accrue des changements climatiques, qui ont stimulé le besoin d'une meilleure information, car les forêts et les changements associés d'utilisation des terres sont estimés être responsables de quelque 17 pour cent des émissions de carbone induites par l'homme¹.

Les données satellite permettent de recueillir au niveau planétaire des informations cohérentes, qui peuvent à leur tour être analysées d'une manière identique pour différents moments, en vue d'obtenir de meilleures estimations des changements. La télédétection ne compense pas la nécessité de bonnes données de terrain, mais la conjugaison des deux méthodes fournit de meilleurs résultats que le recours à une seule d'entre elles.

L'enquête par télédétection de FRA 2010 a apporté:

- une meilleure connaissance du couvert végétal et des changements d'affectation des terres liés aux forêts, en particulier la déforestation, le boisement et l'expansion naturelle des forêts;
- des informations sur le taux de changement entre 1990 et 2005 au niveau du monde, des biomes et des régions;

- un cadre global et une méthode commune pour le suivi de l'évolution des forêts;
- un accès facile aux images satellitaires par l'intermédiaire d'un portail de données sur Internet; et
- un renforcement des capacités de nombreux pays en matière de suivi, d'évaluation et d'établissement de rapports sur les changements affectant la superficie forestière.

Une grille d'échantillonnage systématique

L'enquête s'est appuyée sur un échantillonnage systématique sous forme de grille, avec des images satellites prises à chaque intersection de longitude et latitude (à des intervalles d'environ 100 km), réduites à un espacement de deux degrés au-dessus de 60 degrés nord (figure 1). On comptait 13 500 échantillons, dont environ 9 000 se trouvaient en dehors des déserts et des zones couvertes de glace permanente (l'Antarctique a été exclue). Chaque site d'échantillonnage était de 10 km sur 10 km, ce qui équivaut à une intensité totale d'échantillonnage d'environ 1 pour cent de la superficie totale des terres de la planète. Cette grille était compatible avec celle utilisée pour de nombreuses évaluations forestières nationales, notamment celles appuyées par la FAO.

Accès facile aux outils et aux images satellitaires

La FAO et ses organisations partenaires ont fait en sorte que des images prétraitées des zones échantillonnées soient facilement

¹ GIEC. 2007. *Changements climatiques 2007: Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Royaume-Uni, Cambridge University Press.



disponibles à travers Internet². L'accès aux données et aux logiciels spécialisés de télé-détection gratuits a tout particulièrement profité aux pays en développement dotés de données ou de capacités limitées en matière de suivi des forêts. Les experts nationaux autorisés peuvent se connecter et télécharger des polygones étiquetés préliminaires qu'ils peuvent vérifier avant de transmettre les données validées.

Des estimations améliorées, cohérentes au niveau mondial, de l'étendue et des changements des forêts au fil du temps

Par chaque échantillon, trois images Landsat – datées d'environ 1990, 2000 et 2005 – ont été extraites par l'Université d'État du Dakota du Sud puis traitées par la FAO ou par le Centre commun de recherche (CCR) de la Commission européenne selon des normes cohérentes, en utilisant un processus automatique de classification des images. Des étiquettes préliminaires de couvert végétal ont ensuite été préparées et les changements du couvert sur la période ont été mis en évidence. Des experts nationaux ont validé les résultats préliminaires, puis ont contribué à effectuer la transformation de classes de couvert végétal en classes d'occupation des terres (figure 2).

² Voir www.fao.org/forestry/fra/remotesensing/portal.

Partenariats techniques solides et collaboration avec les pays

Le projet a allié l'expérience technique de la FAO en matière de forêts et de couvert végétal, dans le cadre d'un partenariat avec des organisations externes, et le soutien financier de la Commission européenne assorti de l'expertise technique de son CRC. Les résultats de ces travaux ont été examinés et validés par plus de 200 experts nationaux issus de 102 pays. Cette contribution a fait que, dans le cadre des statistiques mondiales sur l'évolution du couvert forestier obtenues à partir de données satellitaires, celles-ci comptent parmi les plus détaillées et les plus largement vérifiées.

Résultats essentiels

Les résultats de l'enquête montrent que la superficie forestière totale mondiale en 2005 était de 3,69 milliards d'hectares, ce qui représente environ 30 pour cent de la superficie terrestre globale. Les résultats suggèrent que le taux de déboisement mondial tournait autour de 14,5 millions d'hectares par an entre 1990 et 2005, un chiffre cohérent avec les estimations précédentes. Le déboisement a été plus important dans les tropiques, et est probablement attribuable à la conversion des forêts tropicales en terres agricoles.

L'enquête montre que, partout dans le monde, la perte nette de superficie forestière entre 1990 et 2005 n'a pas été aussi

²
Exemple des étapes suivies dans le traitement des données Landsat pour obtenir une carte des classes de couvert végétal et des changements produits dans ce dernier, 1990-2000

importante qu'on l'avait signalé auparavant, dans la mesure où les gains de superficie forestière ont été plus grands qu'on ne l'avait estimé.

La perte nette – où les pertes de couvert forestier sont partiellement compensées par le boisement ou l'expansion naturelle – a été de 72,9 millions d'hectares entre 1990 et 2005. La planète a perdu en moyenne 4,9 millions d'hectares par an, ou presque 10 hectares de forêt par minute, au cours de ces 15 ans.

Les nouvelles données montrent que la perte nette de forêts a augmenté, passant de 4,1 millions d'hectares par an entre 1990 et 2000 à 6,4 millions d'hectares entre 2000 et 2005.

Bien que les données et l'analyse n'aient pas encore été appliquées à la dégradation des forêts, elles pourraient être ajustées à l'avenir pour répondre à ce propos.

Les résultats détaillés de l'enquête, notamment les informations sur les pertes et gains au niveau régional, devraient être publiés début 2012. Les premiers résultats de l'enquête, de même que des approfondissements, sont disponibles sur:

www.fao.org/forestry/fra/remotesensing/survey/fr.

Cette analyse a été adaptée du rapport FRA 2010 pour rendre compte des principales conclusions de l'étude.

Examen des méthodes de mesure et de suivi des émissions historiques de carbone causées par la dégradation des forêts

M. Herold, R.M. Román-Cuesta, V. Heymell, Y. Hirata, P. Van Laake, G.P. Asner, C. Souza, V. Avitabile et K. MacDicken

En l'absence de données de terrain historiques, les pays en développement peuvent s'appuyer sur des relevés de terrain actuels cohérents et des évaluations par télédétection.

D'après les estimations, les perturbations conduisant à une dégradation des forêts affectent quelque 100 millions d'hectares de forêts dans le monde chaque année (FAO, 2006, dans Nabuurs *et al.*, 2007). En regard de l'atténuation des effets du changement climatique, la dégradation des forêts se traduit par une perte du stock de carbone dans les forêts qui restent forêts (GIEC, 2003a; CCNUCC, 2008). La dégradation implique ainsi que les variables forestières mesurées, comme la fermeture du couvert, demeurent au-dessus du seuil servant à définir une forêt. Elle se distingue du déboisement, communément associé à un changement d'affectation des terres.

En 2005, la onzième session de la Conférence des Parties (COP 11) à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) a souligné le rôle joué par la réduction du déboisement et de la dégradation des forêts comme moyen pour atténuer les effets du changement climatique (Réduction des émissions causées par le déboisement et la dégradation des forêts – REDD). La Conférence est venue appuyer l'article 2 du Protocole de Kyoto en ce qui concerne la protection et le renforcement des puits et des réservoirs des gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal.

Les pays en développement Parties à la CCNUCC ont été encouragés à prendre en compte certaines recommandations au moment de s'engager dans les activités REDD et REDD+ (CCNUCC, 2009a), notamment celles liées à la mise en place de systèmes de suivi forestier nationaux. Ces systèmes doivent utiliser une combinaison adéquate de méthodes

de télédétection et d'approches de terrain dans l'inventaire du carbone forestier, en vue d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique, leur séquestration par les puits de carbone, les stocks de carbone forestier et les changements de superficie forestière. Toutes les estimations doivent être transparentes, cohérentes et aussi précises que possible, et les incertitudes doivent être réduites autant que les capacités et aptitudes nationales le permettent.

Mesurer la dégradation des forêts et les changements afférents en matière de stock de carbone forestier est plus complexe et plus coûteux qu'effectuer la mesure du déboisement. Les pays peuvent mesurer leurs taux actuels de dégradation au moyen de données de terrain et/ou de données de télédétection; certes, l'association des deux types de sources fournit les estimations les plus sûres. Les pays en développement manquent toutefois fréquemment de données historiques de terrain cohérentes. Aussi, pour évaluer la dégradation des forêts dans le temps, sont-ils souvent contraints de s'appuyer massivement sur des approches de télédétection, mêlées à des estimations de terrain actuelles de l'évolution du stock de carbone.

Cet article vise à appuyer les pays en développement dans la mise en œuvre des activités REDD+, en présentant un tableau et un examen des méthodes qui permettent de mesurer et surveiller les émissions de carbone causées par la dégradation des forêts. Il met l'accent sur les périodes passées de façon à donner un aperçu de l'évolution historique de la dégradation dans le cadre des activités REDD+ (CCNUCC, 2009b).

Martin Herold est Professeur de télédétection, Centre de géoinformation, Université de Wageningen, Pays-Bas.

Rosa María Román-Cuesta travaille à la conception et à la mise en œuvre de systèmes de mesure, notification et vérification (MRV) de REDD+ dans le contexte du Programme ONU-REDD, FAO.

Victoria Heymell est Consultante auprès du Département des forêts, FAO.

Yasumasa Hirata dirige le Bureau sur les changements climatiques, Institut de recherche sur la foresterie et les produits forestiers, Tsukuba, Japon.

Patrick Van Laake est Expert technique auprès du Programme ONU-REDD au Viet Nam, Hanoi.

Gregory P. Asner est Professeur d'écologie et de télédétection, Department of Global Ecology, Carnegie Institution for Science, États-Unis d'Amérique.

Carlos Souza est Scientifique supérieur à l'Institut Imazon, Belém, Brésil.

Valerio Avitabile est Chercheur postdoctorant, Centre de géoinformation, Université de Wageningen, Pays-Bas.

Kenneth MacDicken est Forestier principal, Évaluation des ressources forestières mondiales et communication d'informations, FAO.

Définition des réservoirs de carbone selon les Recommandations en matière de bonnes pratiques

Le GIEC (2003b) définit cinq réservoirs de carbone qu'il convient de mesurer et surveiller: la biomasse aérienne, la biomasse souterraine, la litière, le bois mort et le carbone organique du sol. Les catégories de source clés devraient être évaluées et sélectionnées. Une catégorie de source clé est «une catégorie d'émission ou de puits qui est priorisée dans le système d'inventaire national parce que son estimation a une influence significative sur l'inventaire total des gaz à effet de serre directs du pays, en termes de niveau absolu d'émissions, de tendance des émissions ou des deux.» Les catégories de source clés devraient être évaluées en utilisant les niveaux plus élevés (encadré ci-dessous) si l'on dispose des ressources suffisantes. Dans les tropiques, l'approche la plus répandue consiste à ne surveiller que la biomasse aérienne; or, les stocks de carbone du sol présents dans les marais devraient retenir davantage l'attention, dans la mesure où ces derniers sont susceptibles de contenir davantage de carbone que la biomasse aérienne.

ESTIMER LES ÉMISSIONS CAUSÉES PAR LA DÉGRADATION DES FORÊTS Recommandations en matière de bonnes pratiques du GIEC

Sous l'égide de la CCNUCC, les pays sont encouragés à utiliser les *Recommandations en matière de bonnes pratiques pour l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie* du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) comme base pour établir leurs rapports sur les émissions de gaz à effet de serre causées par le déboisement et la dégradation des forêts (GIEC, 2003b; 2006). En vue d'évaluer les émissions liées à la dégradation des forêts, les pays devraient notamment observer:

- Les zones forestières demeurées telles touchées par la dégradation, considérées au niveau national, et idéalement réparties en fonction des différents types de perturbations ou de dégradation. Des données statistiques, calculées grâce aux inventaires forestiers ou à la télédétection, peuvent être utilisées en vue de quantifier la part de superficie forestière soumise à une dégradation en cours, et sa localisation. De telles données peuvent être appelées *données d'activités*.
- L'évolution des stocks de carbone forestier résultant des processus de dégradation, par zone et par unité de temps. Le carbone forestier perdu et relâché dans l'atmosphère à travers les mécanismes de dégradation est facilement mesurable par des échantillonnages de terrain et des

inventaires forestiers répétés. Les changements devraient être calculés pour chacun des cinq réservoirs de carbone (encadré ci-dessus). Les mesures sont indiquées en tonnes de carbone produit par hectare et par an ($\text{Mg C ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$). Ces données peuvent être appelées *facteurs d'émission* (GIEC, 2003b; 2006).

Les émissions nationales causées par la dégradation des forêts sont le résultat de l'action combinée des données d'activités et des facteurs d'émission pour chaque type de forêt et de dégradation,

ainsi que cela est indiqué dans le guide méthodologique du GIEC.

Les *Recommandations en matière de bonnes pratiques* présentent les niveaux de complexité et de certitude de diverses approches de signalisation relevant de la CCNUCC, en termes de niveaux. Plus le niveau est élevé, plus le degré d'incertitude associé aux données est faible, et donc plus la précision est grande (encadré ci-dessous).

Enjeux et considérations

Il n'existe pas de méthode unique pour effectuer le suivi de la dégradation des forêts. Le choix de la méthode, ou d'une association de méthodes, dépend d'un certain nombre de facteurs, notamment du type de dégradation et des données, capacités et ressources disponibles. Par ailleurs, il convient de tenir compte de la portée et des limites des diverses approches de mesure et de suivi. En effet, les différentes démarches se heurtent à des difficultés variables:

- *Seuils temporels et échelles spatiales*. L'impact de la dégradation des forêts sur les stocks de carbone forestier dépend de la durée. Des seuils temporels pour chaque type de forêt devraient être établis, de façon à éviter de confondre les effets des

Niveaux décrits dans les *Recommandations en matière de bonnes pratiques* pour l'estimation des émissions

Le GIEC (2003b) propose trois niveaux pour classer les méthodes d'estimation des émissions. Plus le numéro du niveau est élevé, plus les conditions requises pour obtenir les données sont rigoureuses, et plus l'analyse effectuée est complexe. Par conséquent, plus le numéro du niveau est élevé, plus l'estimation est exacte.

- Le niveau 1 utilise des valeurs par défaut de la biomasse forestière et de l'accroissement moyen annuel (AMA) de la biomasse forestière. Celles-ci sont obtenues grâce à la Base de données sur les facteurs d'émission (BDFE) du GIEC et correspondent aux grands types de forêts continentales (par exemple, la forêt pluviale tropicale africaine). Le niveau 1 utilise aussi des hypothèses simplifiées pour calculer les émissions.
- Le niveau 2 utilise des données spécifiques au pays (par exemple, des données recueillies à l'intérieur des frontières nationales). La biomasse forestière est observée à des échelles plus fines grâce à la description de strates plus détaillées.
- Le niveau 3 utilise des données issues d'inventaires établis grâce à des mesures répétées de placettes d'échantillonnage permanentes permettant de mesurer directement les changements de la biomasse forestière. En outre, ou en alternative, des modèles bien paramétrés pourront être utilisés en association avec les données des placettes.

Une approche de niveau 3 requiert un engagement de ressources à long terme, et implique ainsi de mettre en place une organisation permanente susceptible de prendre en charge le programme de suivi.

réductions du stock de carbone à court terme avec les effets des réductions à long terme. Ainsi, des pratiques de gestion forestière durables peuvent provoquer des modifications temporaires des stocks de carbone sans que cela conduise à une dégradation, tandis que des pratiques d'exploitation non durables peuvent mener à une dégradation des forêts sur le long terme.

- **Intégration des données de terrain et des données satellitaires.** Le suivi de l'évolution des stocks de carbone résultant de la dégradation des forêts repose très largement sur les enquêtes de terrain. Cependant, ces informations recueillies gagnent à être complétées par des données de télédétection comprenant des caractéristiques biophysiques de précision. Les questions essentielles à cet égard consistent à comprendre quels sont les paramètres biophysiques qui devraient être mesurés et quels seuils temporels seraient les plus appropriés pour relier les deux approches.
- **Impact spatial et intensité.** Les diverses activités à l'origine de la dégradation forestière sont souvent concentrées dans des zones spécifiques au sein d'un même pays. Aussi le travail de mesure et de suivi doit-il privilégier les activités les plus importantes et leurs impacts, de manière à utiliser plus efficacement les ressources (Herold et Skutsch, 2011).
- **Identification des réservoirs de carbone forestier clés touchés par la dégradation.** Les méthodes permettant de calculer les changements dans les stocks de carbone varient pour chaque réservoir de carbone important (encadré en haut de la page 17), de même qu'il en est pour les émissions de gaz à effet de serre autres que le dioxyde de carbone, notamment le méthane et l'oxyde nitreux.

Mesurer la dégradation passée des forêts constitue un défi supplémentaire. L'historique de la dégradation est en effet important pour pouvoir quantifier la réduction potentielle d'émissions dans un pays. Des estimations *ex ante* de la dégradation des forêts pourraient être nécessaires pour estimer le niveau d'émissions de référence par rapport

auquel les réductions d'émissions seront calculées pour une période donnée. Outre les considérations générales liées à la méthodologie, effectuer une évaluation historique de la dégradation des forêts requiert de surmonter divers obstacles, notamment:

- **Le manque de données.** De nombreux pays, en particulier dans les régions tropicales, manquent de données historiques sur la dégradation des forêts et sur son impact sur les stocks de carbone. Au niveau national, les données relatives au passé consistent souvent uniquement en archives d'images satellitaires or, la télédétection comporte en soi des limites en ce qui concerne le relevé de la dégradation.
- **Les capacités insuffisantes.** Si de nombreux pays en développement ont acquis un certain niveau d'expérience dans le suivi des activités forestières commerciales et ont conservé toute une série de données,

les ressources humaines et les autres capacités requises sont en revanche souvent insuffisantes pour pouvoir mettre en œuvre une évaluation nationale du déboisement et de la dégradation des forêts au cours de l'histoire.

- **Les considérations temporelles.** Il n'existe pas actuellement d'accord quant à la définition d'un seuil temporel associé à la perte de stock de carbone sur le long terme. Les pertes de carbone cumulatives, à long terme et graduelles, peuvent être mesurées en recourant à des méthodes directes. Pour ce qui est des pertes de carbone qui adviennent plus rapidement, les fermetures du couvert empêchent les observations, tant sur le terrain que par satellite.
- **L'intégration des différentes sources de données.** Les données illustrant l'historique de la dégradation des forêts sont rarement disponibles. Intégrer des données de télédétection

Exemples d'études sur les méthodes utilisées pour mesurer la dégradation des forêts

Pays	Télé-détection	Collecte de données sur le terrain	Combinaison des deux	Détails de la méthodologie	Source
Brésil			X	Corrélation entre des techniques d'analyse de décomposition spectrale (<i>Spectral mixing analysis</i> – SMA) et la mesure de la biomasse aérienne à travers des transects forestiers	FAO, 2009a
République démocratique du Congo	X			Mesures sur le terrain de la dégradation des forêts utilisant des placettes permanentes	FAO, 2009b
Mexique		X		Établissement d'environ 25 000 placettes de 1 ha, dont 23 000 sont mesurées et 20 pour cent sont re-mesurées chaque année	de Jong <i>et al.</i> , 2010
Mexique			X	Perturbation de la forêt: forêt intacte, forêt secondaire à dominante d'arbres, forêt secondaire à dominante d'arbustes Corrélation entre les valeurs de l'indice différentiel normalisé de végétation issues des données MODIS et le volume de la biomasse aérienne d'après l'inventaire forestier national	FAO, 2009c
Népal	X	X	X	Comparaison des méthodologies utilisées au Népal pour mesurer la dégradation	FAO, 2009d

Exemples de méthodes directes pour mesurer la dégradation des forêts

À gauche: techniques d'analyse de décomposition spectrale (SMA) et estimations de la biomasse aérienne (AGB) utilisées pour suivre la dynamique de dégradation des forêts de basses-terres amazoniennes

À droite: analyse de lacunarité et indice d'homogénéité translationnelle (ITH), utilisés pour estimer les largeurs de houppier dans les paysages de la forêt amazonienne

D'autres exemples sont disponibles sur le site claslite.ciw.edu

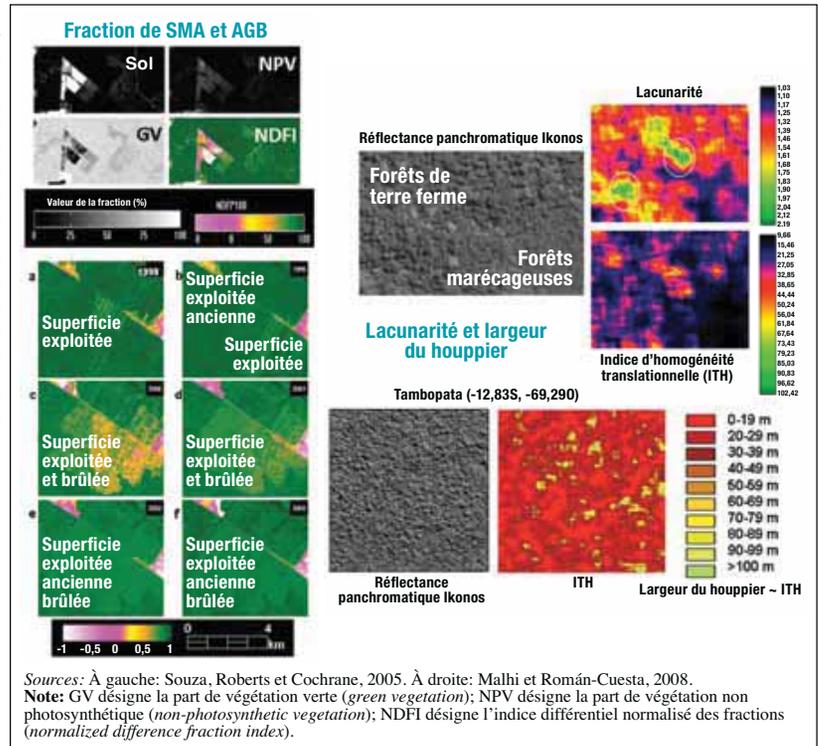
avec des caractéristiques biophysiques de précision issues de précédentes évaluations sur le terrain et d'autres sources, telles que les données relatives à la gestion forestière, constitue un véritable défi.

- Les incohérences liées à l'intégration entre données passées et présentes et entre méthodologies différentes.

Des systèmes différents, employés pour obtenir des données à travers des processus différents, se révèlent souvent incompatibles entre eux, et exigent ainsi un travail d'harmonisation et de mise en cohérence pour pouvoir être reliés.

Approches

De nombreux pays en développement disposent de données de terrain limitées, voire n'en disposent pas. Par ailleurs, des procédures permettant de mesurer l'évolution des stocks de carbone sur une base cohérente n'ont pas encore été établies – mais elles peuvent l'être, eu égard aux considérations qui suivent. Les facteurs d'émission passés peuvent être déduits en analysant les données actuelles sur les pertes de stock de carbone ayant résulté de processus de dégradation similaires, ainsi qu'en étudiant et reliant leurs chronoséquences avec des données historiques disponibles, telles que des images de télédétection archivées. Pour certaines activités d'exploitation entraînant une dégradation, les données pourraient être recueillies dans les dossiers des sociétés ayant mené les activités en question. À cet égard, on pourrait par exemple consulter les rapports sur le volume de bois extrait au cours de coupes sélectives.



En adoptant de telles approches en vue de faire une estimation historique des émissions, il est important de tenir compte des incertitudes associées aux résultats. Un cas mérite une attention particulière, à savoir lorsque des données spécifiques au pays sont utilisées pour estimer l'évolution des stocks de carbone par zone et unité de temps (comme dans l'approche de niveau 2; voir l'encadré en bas de la page 17). L'estimation de données spécifiques au pays pour un paramètre donné repose considérablement sur l'échantillonnage de terrain, souvent effectué sur la base des inventaires forestiers nationaux. Or, l'évaluation de la zone touchée par la dégradation serait plus fiable si elle était faite au niveau national grâce à des approches de télédétection (approches systématiques – «wall-to-wall» – ou approche par échantillonnage). Par conséquent, l'utilisation de la télédétection pour renforcer la collecte de données sur le terrain devrait être encouragée, de même que les données de terrain devraient servir à vérifier les données de télédétection.

Exemples choisis

Méthodes directes et indirectes

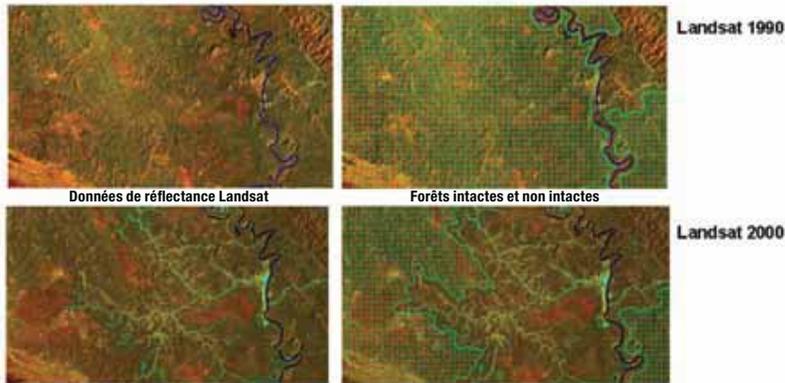
Il existe deux méthodes de télédétection pour estimer la superficie touchée par la

dégradation forestière, l'une directe et l'autre indirecte:

1. La détection directe des processus de dégradation et des changements de superficie associés se concentre sur les dégâts subis par le couvert forestier. Les caractéristiques mises en évidence et extraites de l'imagerie par satellite sont ainsi les trouées dans le couvert forestier, les petites éclaircies et les changements structuraux de la forêt résultant des perturbations (Asner *et al.*, 2005; Souza, Roberts et Cochrane, 2005; Oliveira *et al.*, 2007).
2. Les approches indirectes se concentrent sur la répartition spatiale et l'évolution des infrastructures humaines (comme les routes et les centres habités), qui sont utilisées comme variables de remplacement pour les zones nouvellement dégradées.

Lorsque l'on utilise des méthodes directes pour cartographier la dégradation des forêts, on se heurte à certains facteurs contraignants. Tout d'abord, les observations doivent être faites fréquemment, c'est-à-dire une ou deux fois par an, parce que les marques spatiales des forêts dégradées changent lorsque les trouées du couvert forestier se referment.

Forêts intactes et infrastructures humaines

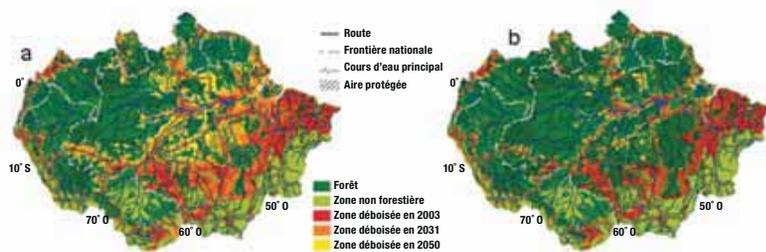


2 Exemples de méthodes indirectes pour mesurer la dégradation des forêts

En haut: estimation des forêts intactes et non intactes en fonction des zones d'influence (zones tampons) déterminées par les infrastructures humaines. L'exemple illustre l'évolution d'un paysage forestier dans lequel de nouvelles routes ont été construites, ce qui a réduit la superficie totale de forêts intactes (en vert)

En bas: modèles de déboisement futur dans le bassin amazonien selon deux scénarios possibles: (a) poursuite de la tendance actuelle; et (b) gouvernance efficace

Modèles de scénarios relatifs au déboisement



Sources: En haut: Mollicone *et al.*, 2007. En bas: Soares-Filho *et al.*, 2006.

Collecte de données sur la coupe sélective

L'Organisation internationale des bois tropicaux (OIBT, 2006) estime que 350 millions d'hectares de forêt tropicale humide sont actuellement impliqués dans la production de bois. Les données de terrain historiques nécessaires pour pouvoir évaluer l'impact de la coupe sélective en matière de carbone pourraient être obtenues à partir de différentes sources:

- données issues d'enquêtes ciblées sur le terrain, notamment interviews, et données provenant de parcelles expérimentales permanentes ou liées à des recherches (souvent mises en place pour des études locales);
- données fournies par le secteur forestier commercial, comme les concessions d'exploitation forestière et les estimations d'abattage centrées sur les zones de concessions associées; et
- données supplétives issues des marchés intérieurs (charbon, subsistance), telles que l'estimation des taux de production de bois des scieries, les ventes et les statistiques d'exportation (Nepstad *et al.*, 1999).

L'utilisation (directe ou indirecte) de la cartographie satellitaire de la coupe sélective pour estimer la dégradation à un niveau national est actuellement dans une phase de recherche en expansion. La recherche dans ce domaine a commencé au début de ce siècle, connaissant des résultats qui s'améliorent régulièrement (Asner *et al.*, 2002; 2004; Souza *et al.*, 2003; Souza, Roberts et Cochrane, 2005). Au cours des toutes dernières années, les premières cartes satellitaires à grande échelle et à haute résolution illustrant la coupe sélective et la dégradation ont été publiées, concernant une vaste partie de l'Amazonie brésilienne (Asner *et al.*, 2005), une large part de l'Afrique (Laporte *et al.*, 2007), des zones de l'Océanie (Shearman *et al.*, 2008) ainsi que d'autres pays amazoniens (Oliveira *et al.*, 2007). Récemment, une première cartographie directe à l'échelon mondial de la coupe sélective dans les forêts tropicales humides a montré que les activités d'abattage s'avancent très en avant à l'intérieur des forêts, souvent loin des fronts de déboisement (Asner *et al.*, 2009).

En second lieu, les processus de dégradation ne peuvent pas être tous examinés avec un degré élevé de certitude en utilisant des données obtenues par télédétection. En règle générale, plus la dégradation et les dégâts subis par le couvert sont sévères, plus il est facile de les cartographier avec précision, directement à partir des observations par satellite (Coops, Wulder et White, 2007). Cependant, de nombreuses activités se traduisant par une dégradation, comme le ramassage de bois de feu, n'affectent que le sous étage et sont indétectables par télédétection. La figure 1 présente deux exemples de méthodes directes.

Les méthodes indirectes se révèlent utiles lorsque l'intensité de la dégradation est faible et que la zone concernée est vaste, lorsque l'imagerie par satellite n'est pas facilement accessible ou lorsque l'approche directe ne peut être appliquée pour toute autre raison. Ces méthodes fonctionnent bien pour cartographier les zones forestières récemment dégradées, mais sont moins efficaces pour les processus de dégradation répétés.

Une approche indirecte efficace est l'approche dite «forêt intacte». Dans cette démarche, la présence d'infrastructures humaines est considérée comme une variable de remplacement de la dégradation et l'absence d'infrastructures sert à identifier les terres boisées dépourvues de perturbation anthropique, ou forêt intacte (Mollicone *et al.*, 2007; Potopov *et al.*, 2008). Une forêt intacte est soit un peuplement fermé, soit une forêt à la couverture arborescente non perturbée supérieure à 10 pour cent (i.e qui n'est pas soumise à l'extraction de bois). A l'inverse, une forêt non intacte a une couverture forestière supérieure à



Route, rivière et zone forestière, Indonésie. Les photographies aériennes peuvent fournir des informations sur les changements structurels du couvert arboré au fil du temps

recueillir une imagerie à haute résolution disponible au public, IKONOS. Les photographies aériennes peuvent fournir des informations sur les changements structurels des couverts forestiers au cours du temps, susceptibles d'être utilisées pour évaluer les taux historiques de dégradation forestière. Les méthodes employées pour détecter les trouées dans des modèles de surface digitale multi-temporels (DSM) ont été appliquées à des études à long terme sur la dynamique des couverts forestiers (Nakashizuka, Katsuki et Tanaka, 1995; Tanaka et Nakashizuka, 1997; Itaya, Miura et Yamamoto, 2004; Ticehurst, Phinn et Held, 2007). Les modèles DSM dérivant de photographies aériennes ou de données LIDAR (de l'anglais *Light detection and ranging*) peuvent aussi être utilisés pour estimer la croissance des forêts.

La qualité des estimations des taux historiques de la dégradation des forêts nécessite une analyse plus approfondie des images, notamment pour ce qui est de l'évolution des stocks de carbone des arbres individuels. La hauteur des arbres et la taille des houppiers des arbres individuels peuvent être estimées à partir de photographies aériennes ou de données LIDAR; des équations allométriques, qui fournissent des extrapolations sur

la base de quelques mesures, peuvent aider à évaluer leurs stocks de carbone. Cependant, les équations allométriques individuelles reliant hauteur de l'arbre, diamètre et biomasse, ne sont souvent pas disponibles eu égard à la structure et à la composition des espèces complexes des forêts tropicales.

Deux autres méthodologies permettent d'évaluer la taille des houppiers individuels à partir de photographies aériennes: la méthode dite de «suivi de la vallée» (valley-following method) (Leckie *et al.*, 2003; 2004; Gougeon et Leckie, 2006), qui suppose de suivre les vallées d'ombre dans une image en niveau de gris, et la méthode dite des bassins versants (Wang, Gong et Biging, 2004; Hirata, Sakai et Tsuboto, 2009), qui considère l'ampleur du gradient d'une image comme une surface topographique et crée des frontières, ou «lignes de partage des eaux», en fonction des pixels de plus grande valeur. Cette dernière méthode peut être utile pour identifier la dégradation au niveau du couvert forestier.

Suivi de la biomasse en combustion

Les systèmes satellitaires se sont révélés utiles dans la détection et le suivi des feux de forêt à trois égards principaux: identification des feux actifs, cartographie des zones brûlées après incendie (cicatrices d'incendie), et caractérisation des incendies (par exemple, sévérité de l'incendie, énergie dégagée). Pour ce qui est de l'estimation des émissions, les deux dernières utilisations sont particulièrement

10 pour cent, et elle remplit les critères définissant la forêt selon le Protocole de Kyoto, mais on suppose qu'elle est exploitée pour son bois et/ou soumise à la dégradation de son couvert.

Une autre méthode indirecte, qui peut être appliquée pour estimer les dynamiques de dégradation forestière à la fois passées et futures, consiste dans la modélisation des scénarios de dégradation des forêts. Soares-Filho *et al.* (2006) ont publié un exemple d'approche dite de «modélisation du déboisement» pour le bassin amazonien, produisant des cartes annuelles de simulation de déboisement futur selon des scénarios d'utilisation définis par l'utilisateur. Avec le soutien adéquat de données de terrain, une approche de modélisation similaire pourrait être employée pour reconstituer et prévoir les scénarios passés et futurs en matière de dégradation des forêts. La figure 2 offre deux exemples de méthodes indirectes permettant d'évaluer la dégradation des forêts.

Photographie aérienne

La photographie aérienne a joué un rôle important dans les enquêtes sur les forêts (Caylor, 2000; Hall, 2003). Cela a été longtemps le seul moyen de suivre dans le détail les conditions du couvert forestier jusqu'au lancement, en 1999, du premier satellite permettant de

Les données satellitaires peuvent être analysées pour estimer les émissions issues de la biomasse en combustion



pertinentes. Deux approches principales, l'une indirecte et l'autre directe, ont été identifiées (GOFC-GOLD, 2010):

1. La méthode «ascendante», ou indirecte, (Seiler et Crutzen, 1980) suit l'équation suivante:

$$L = A \times Mb \times Cf \times Gef,$$

où la quantité de gaz ou particules L (g) est le produit de la surface atteinte par le feu A (m^2), de la biomasse de combustible par unité de surface Mb ($g\ m^{-2}$), du facteur de combustion Cf , qui est la part de biomasse consommée à cause du feu ($g\ g^{-1}$), et du facteur d'émission ou coefficient d'émission Gef , qui est la quantité de gaz dégagée pour chaque espèce gazeuse par unité de biomasse consommée par le feu ($g\ g^{-1}$). Avec cette méthode, il existe une incertitude non négligeable liée à la surface brûlée et au facteur de combustion. En particulier, il existe une incertitude associée à l'évaluation d'incendies de biomasse advenus dans le passé, pour lesquels il existe peu de données.

2. La méthode directe mesure la puissance émise par des feux dangereux et produit en sortie la consommation totale de la biomasse. La composante radiative de l'énergie dégagée par la végétation incendiée peut être détectée à des longueurs d'onde à mi-infrarouge et infrarouge thermique (Ichoku et Kaufman, 2005; Wooster *et al.*, 2005; Smith et Wooster, 2005). Il a été montré que cette mesure instantanée, la puissance radiative du feu exprimée en watts (W), est liée au taux de consommation de la biomasse (g/s). Cependant, les méthodes directes doivent encore effectuer le passage du domaine de la recherche à celui de l'application opérationnelle.

CONCLUSIONS

Mesurer la dégradation des forêts et les changements dans les stocks de carbone qui lui sont associés est plus complexe et plus coûteux que de mesurer le déboisement. Les mesures s'appuient en effet sur l'observation de changements de structure dans la forêt qui n'impliquent pas de modification dans l'utilisation des terres – des changements qui ne sont donc pas nécessairement visibles facilement par la télédétection.

Il est peu probable qu'il soit possible dans un futur proche de mesurer, à des niveaux cohérents de détail et de précision, toutes les variations de stocks de carbone causées par la dégradation des forêts au sein d'un pays. Aussi centrer le travail de suivi de l'évolution des stocks de carbone sur les réservoirs les plus importants et des zones spécifiques d'un pays peut-il aider à cibler davantage ce suivi, le rendant plus efficient, et à saisir en priorité les éléments essentiels.

Pour que leur système de suivi respectent les *Recommandations en matière de bonnes pratiques* du GIEC, les pays doivent évaluer à la fois l'évolution de leurs stocks de carbone (facteurs d'émission) et celle de leur superficie soumise à la dégradation (données d'activités). Idéalement, les mesures devraient être prises pour diverses activités entraînant un changement dans les stocks de carbone des forêts restées forêts, notamment les feux, l'abattage et la récolte de feu de bois. L'estimation de l'évolution de ces stocks requiert des données de terrain cohérentes. L'évaluation de la superficie totale soumise à la dégradation, en particulier dans les pays en développement, peut être effectuée de façon plus fiable grâce à la télédétection pour ce qui est des principaux processus de dégradation, la coupe sélective et les incendies. Les évaluations de la dégradation des forêts aussi bien présente que passée devront examiner les facteurs d'émission et les données d'activités de façon cohérente pour pouvoir être aptes à estimer les émissions dérivant de cette dégradation. ♦



Références

- selective logging in Amazonia: field and satellite studies. *Ecological Applications*, 14(4 Suppl.): S280–S298. DOI: 10.1890/01-6019.
- Asner, G.P., Knapp, D.E., Broadbent, E.N., Oliveira, P.J.C., Keller, M. et Silva, J.N.** 2005. Selective logging in the Brazilian Amazon. *Science*, 310(5747): 480–482. DOI: 10.1126/science.1118051.
- Asner, G.P., Rudel, T.K., Aide, T.M., Defries, R. et Emerson, R.** 2009. A contemporary assessment of change in humid tropical forests. *Conservation Biology*, 23(6):1386–1395. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2009.01333.x.
- Caylor, J.** 2000. Aerial photography in the next decade. *Journal of Forestry*, 98(6): 17–19.
- CCNUCC.** 2008. Informal Meeting of Experts on Methodological Issues related to Forest Degradation, 20-21 octobre 2008, Bonn, Allemagne: Chair's summary of Key Messages from the meeting. Bonn. Disponible sur: unfccc.int/methods_science/redd/items/4579.php
- CCNUCC.** 2009a. Décision 4/CP.15: Principes méthodologiques concernant les activités liées à la réduction des émissions résultant du déboisement et de la dégradation des forêts et le rôle de la conservation, de la gestion durable des forêts et de l'accroissement des stocks de carbone forestiers dans les pays en développement. In *Rapport de la quinzième session de la Conférence des Parties tenue à Copenhague du 7 au 19 décembre 2009*. Deuxième partie: mesures prises par la Conférence des Parties à sa quinzième session. Disponible sur: <http://unfccc.int/resource/docs/2009/cop15/fre/11a01f.pdf>.
- CCNUCC.** 2009b. *Cost of implementing methodologies and monitoring systems relating to estimates of emissions from deforestation and forest degradation, the assessment of carbon stocks and greenhouse gas emissions from changes in forest cover, and the enhancement of forest carbon stocks*. Document technique. Disponible sur: unfccc.int/resource/docs/2009/tp/01.pdf.
- Coops, N.C., Wulder, M.A. et White, J.C.** 2007. Identifying and describing forest disturbance and spatial pattern: data selection issues and methodological implications. In M.A. Wulder et S.E. Franklin, éd., *Understanding forest disturbance and spatial pattern: remote sensing and GIS approaches*. Boca Raton,
- Asner, G.P., Keller, M., Pereira, R. Jr. et Zweede, J.C.** 2002. Remote sensing of selective logging in Amazonia: assessing limitations based on detailed field observations, Landsat ETM+, and textural analysis. *Remote Sensing of Environment*, 80(3): 483–496. DOI: 10.1016/S0034-4257(01)00326-1.
- Asner, G.P., Keller, M., Pereira, R. Jr., Zweede, J.C. et Silva, J.N.M.** 2004. Canopy damage and recovery after

- États-Unis d'Amérique, Taylor and Francis, pp. 31–62. DOI: 10.1201/9781420005189.ch2.
- De Jong, B., Anaya, C., Maser, O., Olguín, M., Paz, F., Etchevers, J., Martínez, R.D., Guerrero, G. et Balbontín, C.** 2010. Greenhouse gas emissions between 1993 and 2002 from land-use change and forestry in Mexico. *Forest Ecology and Management*, 260(10): 1689–1701. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.08.011.
- FAO.** 2006. *Évaluation des ressources forestières mondiales 2005 – Progrès vers la gestion forestière durable*. Étude FAO: Forêts n° 147. Rome (disponible aussi sur: www.fao.org/docrep/009/a0400f/a0400f00.htm).
- FAO.** 2009a. *Integrating forest transects and remote sensing data to quantify carbon loss due to forest degradation in the Brazilian Amazon*, par C.M. Souza, Jr., M.A. Cochrane, M.H. Sales, A.L. Monteiro et D. Mollicone. Évaluation des ressources forestières – Document de travail 161. Rome (disponible aussi sur: www.fao.org/docrep/012/k7180e/k7180e00.pdf).
- FAO.** 2009b. *La dégradation des forêts en République démocratique du Congo*, par C.M. Kamungandu. Évaluation des ressources forestières – Document de travail 169. Rome (disponible aussi sur: www.fao.org/docrep/012/k8270f/k8270f00.pdf).
- FAO.** 2009c. *Analysis of the normalized differential vegetation index (NDVI) for the detection of degradation of forest coverage in Mexico 2008–2009*, par C.L.M. Tovar. Évaluation des ressources forestières – Document de travail 173. Rome (disponible aussi sur: www.fao.org/docrep/012/k8593e/k8593e00.pdf).
- FAO.** 2009d. *Forest degradation in Nepal: review of data and methods*, par K.P. Acharya et R.B. Dangi. Évaluation des ressources forestières – Document de travail 163. Rome (disponible aussi sur: www.fao.org/docrep/012/k7608e/k7608e00.pdf).
- GIEC.** 2003a. *Définitions et options méthodologiques en ce qui concerne les inventaires des émissions résultant de la dégradation des forêts et de la disparition d'autres types de végétaux directement liées aux activités humaines*. Hayama, Japon, Institut des stratégies environnementales mondiales (IGES) pour le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (disponible aussi, en anglais, sur: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/deggradation_contents.html).
- GIEC.** 2003b. *Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie*. Hayama, Japon, IGES pour le GIEC (disponible aussi sur: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_languages.html).
- GIEC.** 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Vol. 4: Agriculture, foresterie et autres affectations des terres. Hayama, Japon, IGES pour le GIEC (disponible aussi sur: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html>).
- GOFC-GOLD (Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics).** 2010. *A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions caused by deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests, and forestation*. GOFC-GOLD Report version COP15-1. Alberta, Canada, Natural Resources Canada (disponible aussi sur: www.gofc-gold.uni-jena.de/redd/).
- Gougeon, F.A. et Leckie, D.G.** 2006. The individual tree crown approach applied to Ikonos images of a coniferous plantation area. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 72(11): 1287–1297.
- Hall, R.J.** 2003. The roles of aerial photographs in forestry remote sensing image analysis. In M.A. Wulder et S.E. Franklin, édés., *Remote sensing of forest environments: concepts and case studies*. Boston, États-Unis d'Amérique, Dordrecht, Pays-Bas, et Londres, Kluwer Academic Publishers, pp. 47–75.
- Herold M. et Skutsch, M.** 2011. Monitoring, reporting and verification for national REDD+ programmes: two proposals. *Environmental Research Letters*, 6(1): 014002. DOI: 10.1088/1748-9326/6/1/014002.
- Hirata, Y., Sakai, A. et Tsuboto, Y.** 2009. Allometric models of DBH and crown area derived from QuickBird panchromatic data in *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* stands. *International Journal of Remote Sensing*, 30(19): 5071–5088. DOI: 10.1080/01431160903022977.
- Ichoku, C. et Kaufman, Y.J.** 2005. A method to derive smoke emission rates from MODIS fire radiative energy measurements. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 43(11): 2636–2649. DOI: 10.1109/TGRS.2005.857328.
- Itaya, A., Miura, M. et Yamamoto, S.** 2004. Canopy height changes of an old-growth evergreen broad-leaved forest analyzed with digital elevation models. *Forest Ecology and Management*, 194(1–3): 403–411.
- Laporte, N.T., Stabach, J.A., Grosch, R., Lin, T.S. et Goetz, S.J.** 2007. Expansion of industrial logging in central Africa. *Science*, 316(5830): 1451. DOI: 10.1126/science.1141057.
- Leckie, D.G., Gougeon, F.A., Walsworth, N. et Paradine, D.** 2003. Stand delineation and composition estimation using semi-automated individual tree crown analysis. *Remote Sensing of Environment*, 85(3): 355–369. DOI: 10.1016/S0034-4257(03)00013-0.
- Leckie, D.G., Jay, C., Gougeon, F.A., Sturrock, R.N. et Paradine, D.** 2004. Detection and assessment of trees with *Phellinus weirii* (laminated root rot) using high resolution multi-spectral imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 25(4): 793–818.
- Malhi, Y. et Román-Cuesta, R.M.** 2008. Analysis of lacunarity and scales of spatial homogeneity in IKONOS images of Amazonian tropical forest canopies. *Remote Sensing of Environment*, 112(5): 2074–2087. DOI: 10.1016/j.rse.2008.01.009.
- Mollicone, D., Achard, F., Federici, S., Eva, H.D., Grassi, G., Belward, A., Raes, F., Seufert, G., Stibig, H.-J., Matteucci, G. et Schulze, E.-D.** 2007. An incentive mechanism for reducing emissions from conversion of intact and non-intact forests. *Climatic Change*, 83(4): 477–493. DOI: 10.1007/s10584-006-9231-2.
- Nabuurs, G.J., Maser, O., Andrasko, K., Benítez-Ponce, P., Boer, R., Dutschke, M., Elsidig, E., Ford-Robertson, J., Frumhoff, P., Karjalainen, T., Krankina, O., Kurz, W.A., Matsumoto, M., Oyhantcaval, W., Ravindranath, N.H., Sanz Sánchez, M.J. et Zhang, X.** 2007. Forestry. In B. Metz, O. Davidson, P. Bosch, R. Dave et L. Meyer, édés., *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution du Groupe de travail III au quatrième Rapport d'évaluation du*

- GIEC*. Cambridge, Royaume-Uni, et New York, États-Unis d'Amérique, Cambridge University Press, pp. 541-584.
- Nakashizuka, T., Katsuki, T. et Tanaka, H.** 1995. Forest canopy structure analyzed by using aerial photographs. *Ecological Research*, 10(1): 13–18. DOI: 10.1007/BF02347651.
- Nepstad, D.C., Verissimo, A., Alencar, A., Nobre, C., Lima, E., Lefebvre, P., Schlesinger, P., Potter, C., Moutinho, P., Mendoza, E., Cochrane, M. et Brooks, V.** 1999. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature*, 398: 505–508. DOI: 10.1038/19066.
- OIBT.** 2006. *Status of tropical forest management 2005*. Rapport technique de l'OIBT n° 24. Yokohama, Japon, Organisation internationale des bois tropicaux. Disponible sur: www.itto.or.jp/live/PageDisplayHandler?pageId=270.
- Oliveira, P.J.C., Asner, G.P., Knapp, D.E., Almeyda, A., Galván-Gildemeister, R., Keene, S., Raybin, R.F. et Smith, R.C.** 2007. Land-use allocation protects the Peruvian Amazon. *Science*, 317(5842): 1233–1236.
- Potapov, P., Yaroshenko, A., Turubanova, S., Dubinin, M., Laestadius, L., Thies, C., Aksenov, D., Egorov, A., Yesipova, Y., Glushkov, I., Karpachevskiy, M., Kostikova, A., Manisha, A., Tsybikova, E. et Zhuravleva, I.** 2008. Mapping the world's intact forest landscapes by remote sensing. *Ecology and Society*, 13(2):51.
- Disponible sur: www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art51/.
- Seiler, W. et Crutzen, P.J.** 1980. Estimates of gross and net fluxes of carbon between the biosphere and the atmosphere from biomass burning. *Climatic Change*, 2(3): 207–247. DOI: 10.1007/BF00137988.
- Shearman, P., Bryan, J., Ash, J., Hunnam, P., Mackey, B. et B. Lokes.** 2008. *The State of the Forests of Papua New Guinea: mapping the extent and condition of forest cover and measuring the drivers of forest change in the period 1972–2002*. Port Moresby, Papouasie-Nouvelle-Guinée, Université de Papouasie-Nouvelle-Guinée.
- Smith, A.M.S. et Wooster, M.J.** 2005. Remote classification of head and backfire types from MODIS fire radiative power and smoke plume observations. *International Journal of Wildland Fire*, 14(3): 249–254. DOI: 10.1071/WF05012.
- Soares-Filho, B.S., Nepstad, D.C., Curran, L.M., Cerqueira, G.C., Garcia, R.A., Ramos, C.A., Voll, E., McDonald, A., Lefebvre, P. et Schlesinger, P.** 2006. Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature*, 440: 520–523. DOI: 10.1038/nature04389.
- Souza, C. Jr., Firestone, L., Silva, L.M. et Roberts, D.** 2003. Mapping forest degradation in the Eastern Amazon from SPOT4 through spectral mixture models. *Remote Sensing of Environment*, 87(4): 494–506. DOI: 10.1016/j.rse.2002.08.002.
- Souza, C. Jr., Roberts, D.A. et Cochrane, M.A.** 2005. Combining spectral and spatial information to map canopy damage from selective logging and forest fires. *Remote Sensing of Environment*, 98: 329–343. DOI: 10.1016/j.rse.2005.07.013.
- Tanaka, H. et Nakashizuka, T.** 1997. Fifteen years of canopy dynamics analyzed by aerial photographs in a temperate deciduous forest, Japan. *Ecology*, 78: 612–620. DOI: 10.1890/0012-9658(1997)078[0612:FYO CDA]2.0.CO;2.
- Ticehurst, C., Phinn, S et Held, A.** 2007. Using multitemporal digital elevation model data for detecting canopy gaps in tropical forests due to cyclone damage: an initial assessment. *Austral Ecology*, 32(1): 59–69. DOI: 10.1111/j.1442-9993.2007.01734.x.
- Wang, L., Gong, P. et Biging, G.S.** 2004. Individual tree-crown delineation and treetop detection in high-spatial-resolution aerial imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70(3): 351–357.
- Wooster, M.J., Roberts, G., Perry, G.L.W. et Kaufman, Y.J.** 2005. Retrieval of biomass combustion rates and totals from fire radiative power observations: FRP derivation and calibration relationships between biomass consumption and fire radiative energy release. *Journal of Geophysical Research*, 110: D24311. DOI: 10.1029/2005JD006318. ◆

Biodiversité, seuils de tolérance des écosystèmes, résilience et dégradation des forêts

I. Thompson

Suivre certains principes écologiques en matière de gestion forestière peut renforcer la résilience des forêts à long terme et contribuer à l'adaptation au changement climatique.

Les forêts comprennent de multiples écosystèmes associés à une grande diversité de conditions édaphiques et microclimatiques se déclinant à travers de vastes paysages. La composition et la nature des écosystèmes forestiers varient au cours du temps, en fonction des perturbations naturelles et des changements du régime climatique. Cependant, elles demeurent plus ou moins les mêmes dans les limites d'une variation naturelle (voir la figure), considérée comme état stable. Dans un *état stable*, une forêt peut produire une série de biens et services représentant une valeur pour les hommes.

C'est la biodiversité qui sous-tend la plupart des biens et services environnementaux; et de nombreuses forêts tropicales en particulier maintiennent des niveaux élevés de biodiversité. La perte de biodiversité est susceptible d'avoir des conséquences négatives considérables sur la capacité productive des forêts (voir Thompson *et al.*, 2009; Bridgeland *et al.*, 2010; Cardinale *et al.*, 2011) et la fourniture de biens et services. Aussi, dans la mesure où la dégradation des forêts peut

être définie comme la perte de l'aptitude de celles-ci à produire les biens et services attendus (par exemple, FAO, 2009), la perte de biodiversité constitue un critère majeur pour mesurer cette dégradation. La conservation de la biodiversité est donc une pierre angulaire de la gestion durable des forêts (voir Processus de Montréal, 2009) et un facteur clé pour le maintien du fonctionnement des écosystèmes forestiers.

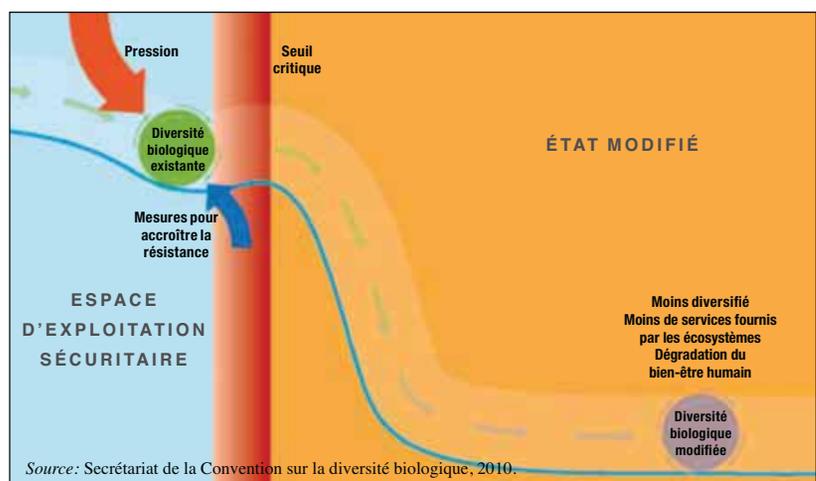
Cet article explore les façons dont les forêts maintiennent leurs états stables au fil du temps et expose ce qui se passe lorsque les perturbations dépassent les capacités des mécanismes naturels de récupération. Il décrit comment la gestion durable des forêts, notamment la conservation de la biodiversité, est essentielle pour appuyer les mécanismes de remise en état des forêts, et présente les principes écologiques pouvant être appliqués à la gestion forestière.

RÉSILIENCE ET RÉSISTANCE

Définitions

Une caractéristique importante des forêts est leur *résilience*, à savoir leur

Illustration des points de basculement, ou seuils, des écosystèmes



Ian Thompson, Chercheur scientifique, travaille pour le Service canadien des forêts à Sault Ste. Marie, Ontario, Canada.

capacité de se rétablir suite à des perturbations importantes (voir Gunderson, 2000). Dans le cadre de la plupart des régimes de perturbations naturelles, les forêts maintiennent leur résilience dans le temps. La résilience d'une forêt est une propriété émergente d'un écosystème qui résulte de la biodiversité à de multiples échelons, allant de la diversité génétique à la diversité paysagère (Thompson *et al.*, 2009). Pour être en mesure de fournir les biens et services que les hommes tirent des forêts, les écosystèmes forestiers doivent pouvoir se rétablir après avoir subi des perturbations et ne pas se dégrader dans le temps.

Lié au concept de *résilience*, se trouve celui de *résistance*, à savoir la capacité d'une forêt de résister à des perturbations mineures au cours du temps, comme la mort de quelques arbres ou un niveau chronique d'herbivorie de la part d'insectes. Les forêts sont en général stables et changent peu suite à des perturbations non catastrophiques. Les changements mineurs sont atténués, comme cela advient lorsque les trouées dans le couvert forestier créées par la mort d'arbres individuels ou de petits groupes d'entre eux sont rapidement à nouveau comblées par de jeunes arbres. Les forêts peuvent aussi se montrer résistantes à certains changements environnementaux, tels que l'évolution des tendances météorologiques au cours du temps, du fait d'une redondance au sein des espèces ayant un rôle fonctionnel (la *redondance* désigne la superposition ou la duplication des fonctions écologiques assumées par un groupe d'espèces, voir Mécanismes) (Díaz et Cabido, 2001).

Des écosystèmes peuvent être hautement résilients mais peu résistants à une perturbation donnée. Ainsi, de nombreuses forêts boréales ne sont pas particulièrement résistantes au feu, mais sont fortement résilients à l'égard de ce dernier et se rétablissent d'habitude complètement au bout d'un certain nombre d'années. En général, la plupart des forêts naturelles, tout particulièrement les forêts primaires anciennes,

sont à la fois résilientes et résistantes à diverses sortes de changements. La perte de résilience peut être causée par la perte de groupes fonctionnels (voir Mécanismes et Points de basculement) résultant de mutations environnementales tels qu'un changement climatique à grande échelle, une mauvaise gestion forestière ou une altération suffisamment vaste ou continue des régimes des perturbations naturelles (Folke *et al.*, 2004).

Mécanismes

Selon toute évidence, la résilience d'une forêt est étroitement liée à la biodiversité se manifestant normalement dans l'écosystème (voir Folke *et al.*, 2004; Thompson *et al.*, 2009). En particulier, certaines espèces et certains groupes d'espèces remplissent des fonctions clés dans les forêts et sont donc essentiels pour que celles-ci soient en mesure de conserver l'ensemble de leurs processus fonctionnels (Díaz et Cabido, 2001). Ainsi, les oiseaux prédateurs permettent de contenir le nombre d'insectes présents dans une forêt, réduisant les probabilités que la pression d'herbivorie de la part de ces derniers atteigne des niveaux catastrophiques, et accroissant ainsi la productivité des arbres (voir Bridgeland *et al.*, 2010). Les pollinisateurs, notamment divers types d'insectes, chauve-souris et oiseaux, sont aussi d'excellents exemples d'espèces

hautement fonctionnelles dans les écosystèmes, et sans eux, de nombreuses plantes ne pourraient pas se reproduire. La résilience d'une forêt dépend largement de ces espèces clés et des fonctions qu'elles remplissent, ainsi que de la façon dont elles recommencent à se développer au fur et à mesure que la forêt se rétablit après les perturbations, en particulier les perturbations liées à des interventions de gestion forestière.

Sur le plan génétique, la capacité de résilience réside dans l'aptitude d'une espèce à persister au sein d'une série de variables environnementales, par exemple en tolérant divers niveaux de températures ou un certain degré de sécheresse. Au niveau des espèces, il existe divers types de réponses comportementales et fonctionnelles susceptibles d'aider une espèce à repeupler une zone perturbée ou à réagir à des changements environnementaux. En outre, les processus d'assemblage d'un écosystème reflètent considérablement le réservoir d'espèces disponibles du paysage (voir Tylianakis *et al.*, 2008) de même que la connectivité de ce dernier. À l'échelle du paysage, l'hétérogénéité des blocs forestiers peut être une mesure de redondance entre espèces et constituer une source de végétaux pionniers qui sont susceptibles, quand la forêt commence à se développer à nouveau ou à se rétablir après une perturbation, de permettre aux communautés



Forêt feuillue composée principalement de trembles dans la forêt boréale du Canada septentrional. Les forêts peuvent ne pas être particulièrement résistantes à certaines perturbations auxquelles elles sont pourtant résilientes

**Forêt dégradée de genévrier
(*Juniperus thurifera*) dans
le Haut-Atlas, Maroc**

de converger vers les types caractérisant la forêt d'origine. Ainsi, réfléchir à la question de la résilience implique nécessairement de prendre en compte aussi bien les petites que les grandes échelles.

**Perte de résilience et dégradation
des forêts**

L'état d'un écosystème est défini par sa composition botanique (arbres) dominante et la structure de peuplement attendue pour un peuplement donné. Le changement d'état d'une forêt résulte d'une perte de résilience, se traduisant par un passage partiel ou complet vers un type d'écosystème différent de ce que l'on pourrait attendre dans la zone considérée. Une telle évolution conduit à une réduction de la production de biens et de services. Par conséquent, le «changement d'état d'un écosystème» peut être retenu comme indicateur de la dégradation. Par exemple, si une forêt est censée être mixte mais est en revanche dominée par un tout petit nombre d'espèces, ou bien si on s'attend à observer un couvert forestier dense et que l'on se trouve face à une forêt ouverte ou à une savane, c'est qu'il y a eu un changement d'état. De tels changements d'état doivent être considérés comme négatifs, dans la mesure où ils dégradent la forêt du point de vue de la biodiversité comme de la production, et affectent en général le niveau des biens et services disponibles.

Souvent, la dégradation des forêts provient de l'emploi de mauvaises techniques d'exploitation durant une certaine période. Cependant, les forêts peuvent se dégrader pour de nombreuses raisons autres que l'abattage. Par exemple, certaines forêts peuvent apparaître intactes alors que la plupart des espèces animales de grande taille leur font défaut, du fait d'une pratique abusive de la chasse (voir Redford, 1992). Cela pourrait avoir des conséquences à long terme pour la santé de ces forêts, comme un accroissement de l'herbivorie de la part des insectes du fait de l'absence de contrôle des prédateurs, ou comme une diminution de la dissémination des graines, autant de fonctions qui auraient été remplies par les animaux manquants. Autre exemple de



FADIA PERLINS

dégradation, l'établissement réussi d'une espèce envahissante qui a pris le dessus sur des espèces endémiques, restreignant ainsi les biens fournis par l'écosystème.

Dans chacun des cas décrits, si les changements sont suffisamment accusés pour provoquer un changement d'état, la mesure dans laquelle une forêt a été dégradée peut être déterminée grâce à la télédétection. Ainsi, utilisant des données satellite, Souza *et al.* (2003) ont pu cartographier les forêts amazoniennes du Brésil ayant été excessivement brûlées ou lourdement exploitées et brûlées, et Strand *et al.* (2007) ont signalé plusieurs cas où la télédétection a été employée pour effectuer le suivi de forêts affectées par des espèces d'arbres et d'insectes envahissantes dans diverses régions du monde.

POINTS DE BASCULEMENT

Les forêts peuvent ne pas toujours se rétablir suite à des perturbations graves et prolongées. Des seuils existent pour les populations d'espèces individuelles et pour les processus individuels au sein des écosystèmes, et en dernier ressort pour les écosystèmes eux-mêmes. Le point auquel un écosystème perd sa capacité de récupération, ou auquel sa résilience et son intégrité sont perdues, est désigné comme *point de basculement*, ou *seuil écologique*. Si les perturbations sont trop importantes, il s'ensuivra des effets en cascade se traduisant par des changements marqués dans l'écosystème forestier, et conduisant en dernier lieu la forêt vers un nouvel

état. Par exemple, une sécheresse et des incendies sévères peuvent convertir une forêt sèche en savane, voire en prairie. Le plus souvent, le nouvel état fournira aux hommes un niveau moins élevé de produits et de services.

Les points de basculement peuvent être atteints rapidement ou bien être l'aboutissement d'un changement chronique annulant la capacité de récupération d'un écosystème, par exemple au travers de la diminution graduelle des espèces au cours du temps. Ainsi, le morcellement des forêts est un processus qui ouvre une brèche dans les forêts continues au travers de multiples perturbations. Une forêt peut aisément tolérer quelque perte de continuité spatiale tout en conservant ses espèces et ses fonctions, mais des études montrent que certains degrés de morcellement constituent en réalité des points de basculement, marqués par une perte de la biodiversité et des fonctions forestières et une diminution de la capacité de produire des biens et services (voir Andrén, 1994; Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2007).

Les écosystèmes peuvent être utilisés et exploités pour leurs services mais le recours à ces derniers ne peut pas dépasser les niveaux garantissant leur durabilité, de même que les biens issus de la forêt ne peuvent pas être prélevés d'une façon susceptible de détruire les processus écosystémiques (voir la figure). Une fois qu'un point de basculement est atteint, les changements affectant l'écosystème sont importants et non linéaires, souvent imprévisibles,



Montagnes de l'Himalaya oriental, Inde. La biodiversité est à la base de la résilience d'une forêt et représente une question clé pour les responsables de gestion forestière

FAOT, HOFER

et le plus souvent dramatiques (voir Scheffer et Carpenter, 2003). Ainsi, certaines zones d'Afrique du Nord ont subi une mutation plutôt spectaculaire, passant de la forêt sèche au désert en raison du changement climatique advenu dans la région (Kröpelin *et al.*, 2008). Malheureusement, souvent nous ne reconnaissons un point de basculement qu'une fois qu'il a été atteint et que les conséquences en général négatives pour l'écosystème sont devenues évidentes. Par conséquent, gérer une forêt de manière durable requiert d'apprendre à identifier à l'avance les points de basculement possibles.

Considérations sur le changement climatique

Le changement climatique global surplombe les nombreux autres impacts des activités humaines sur les écosystèmes forestiers, ce qui rend l'identification des points de basculement d'autant plus incertaine. Le climat a une influence décisive sur les rythmes de respiration et de production forestiers ainsi que sur d'autres processus, œuvrant par le biais de la température, du forçage radiatif (augmentation de l'énergie demeurant dans l'atmosphère) et des régimes hydriques, sur le moyen et le long termes. Le climat et les conditions météorologiques influencent de même directement les processus à court terme intervenant dans les forêts, tels que les incendies, l'herbivorie et la migration des espèces.

Au fur et à mesure que le climat global changera, les écosystèmes forestiers

changeront aussi car il se peut que le seuil de tolérance physiologique de certaines espèces soit dépassé et que les rythmes de nombreux processus biophysiques forestiers soient altérés (voir Scholze *et al.*, 2006). La plupart des études suggèrent que de nombreuses forêts tropicales ne seront pas résilientes face au changement climatique sur le long terme si la tendance actuelle et prévue, marquée par une diminution des précipitations et un accroissement de la sécheresse, se poursuit (voir Betts, Sanderson et Woodward, 2008; Malhi *et al.*, 2008).

Les écosystèmes forestiers se composent de regroupements distincts d'espèces. À travers les diverses régions, les zones de répartition de chacune d'entre elles reflètent les niches physiologiques et écologiques qui leur correspondent; et, à leur tour, les niches reflètent les lieux où les conditions environnementales sont les plus favorables. Ainsi, des espèces dotées d'une grande tolérance physiologique pourraient être extrêmement résilientes, y compris à un changement climatique significatif. De même, des espèces liées à des niches écologiques apparemment étroites pourraient se révéler plus résilientes qu'il n'y paraît, si les nouvelles conditions leur fournissent un avantage aux dépens de compétiteurs. Dans chacune de ces deux situations potentielles, cette aptitude s'appliquerait à des espèces ayant des réserves génétiques suffisamment vastes et variables pour pouvoir s'adapter, et la capacité de pouvoir migrer. Cependant, cela n'est pas le cas pour de nombreuses espèces. Là où la taille des populations et/ou la diversité génétique ont été réduites, ou bien là où la mobilité des espèces est restreinte par la perte d'habitat et le morcellement ou est naturellement faible, une adaptation autonome réussie aux mutations environnementales devient moins probable. Les populations pourraient être condamnées à l'extinction si elles sont exposées à un rythme de changement environnemental excédant le rythme auquel elles peuvent s'adapter, ou celui auquel les individus peuvent se disséminer (voir Schwartz *et al.*, 2006).

Dans les négociations sur le changement climatique relatives aux forêts, l'accent a surtout été mis sur la gestion de ces dernières en vue d'atténuer les effets du changement climatique, tandis que la question de l'adaptation a reçu moins d'attention. L'adaptation des forêts au changement climatique consiste avant tout dans le maintien de leur résilience, même si les types d'écosystèmes sont appelés à changer. Et si les écosystèmes changent effectivement, il est essentiel de comprendre comment répondre à cela à travers la gestion forestière. Dans la plupart des cas, certaines formes actives de gestion seront nécessaires pour permettre aux forêts de s'adapter au changement climatique. Conserver la résilience des forêts peut ainsi constituer un mécanisme important, tant pour atténuer les effets du changement climatique que pour s'adapter à celui-ci.

GÉRER LES FORÊTS POUR ÉVITER D'ATTEINDRE LES SEUILS CRITIQUES

Une gestion forestière durable est une gestion écosystémique des forêts ayant pour une large part comme objectif sous-jacent de favoriser le maintien de la résilience naturelle. L'une des tâches essentielles en matière de gestion consiste à aider les forêts à se rétablir après la récolte de bois ou d'autres produits, en faisant en sorte que les propriétés de l'écosystème perdurent sur le long terme. Au cours des dernières années, cette tâche s'est singulièrement compliquée du fait de la pression supplémentaire exercée par le changement climatique sur les écosystèmes terrestres. Tandis qu'une gestion forestière appropriée et saine sur le plan biologique consiste essentiellement à conserver la résilience des forêts, faire face au changement climatique requiert une planification et une action supplémentaires. Si nous comprenons mieux les écosystèmes et sommes en mesure de prévoir précisément quels niveaux d'exploitation peuvent correspondre à des seuils, la gestion des biens et services issus des forêts peut se révéler de nature plus bénigne.

Maintien de la biodiversité

Le maintien de la biodiversité est essentiel si l'on veut préserver la résilience des forêts et éviter d'atteindre des points de

basculement. Étroitement liée à l'écosystème, la diversité biologique d'une forêt en sous-tend la productivité, la résilience, la résistance et la stabilité dans le temps et l'espace. Une réduction de la biodiversité dans les systèmes forestiers a des implications claires, souvent négatives, sur leur fonctionnement et sur la quantité de biens et services que ces systèmes sont en mesure de produire.

Comprendre comment la biodiversité contribue à la résilience et à la résistance des forêts locales peut fournir des clés importantes pour l'amélioration de la gestion forestière. Ainsi, tandis qu'il est relativement simple de planter des arbres et de produire un peuplement ligneux à court terme, la remise en état d'un écosystème est bien plus ardue. Le manque de diversité à tous les niveaux (gène, espèce de flore ou de faune, et paysage) dans les plantations forestières simples réduit la capacité de résilience et de résistance aux perturbations, altère l'approvisionnement en nombreux biens et services que l'écosystème est susceptible de fournir et rend ce dernier vulnérable aux perturbations catastrophiques. Grâce à l'application de principes de gestion écologiques, les plantations forestières peuvent fournir bien plus qu'un simple peuplement d'arbres, et les écosystèmes forestiers peuvent être rétablis, en même temps que les capacités productives relatives au produit choisi sont renforcées (voir Parrotta et Knowles, 1999; Brockerhoff *et al.*, 2008).

Comprendre les seuils

Les écosystèmes forestiers changent continuellement en réponse aux pressions environnementales de court et long terme, ce qui se traduit par une variation intrinsèque au fil du temps. En conséquence, les indicateurs de leurs fonctions, tels que la production de certains biens, fluctuent de même dans le temps. Aussi les seuils devraient-ils être perçus comme une fourchette de valeurs tenant compte à la fois de cette fluctuation et de l'incertitude statistique inhérente à une compréhension insuffisante du fonctionnement des écosystèmes. En vue d'éviter la dégradation des écosystèmes forestiers, il est essentiel que les responsables de gestion forestière aient une connaissance de base de la façon dont la biodiversité locale est liée à la

productivité, et des niveaux de perturbation que les écosystèmes concernés sont en mesure de tolérer.

Actions suggérées

Lorsque la forêt se modifie suite à une coupe ou à une attaque d'insectes, ou bien en raison du changement climatique ou d'autres événements météorologiques extrêmes, les aménagistes doivent se soucier de ramener la forêt dans des conditions lui permettant de fournir les biens et services qui étaient attendus d'elle. Comprendre l'écologie forestière locale, sur laquelle devra s'appuyer la gestion durable de la forêt, et comprendre la façon dont la forêt est susceptible de changer en réaction au changement climatique, constituent un aspect essentiel de tout plan se proposant de maintenir le flux de biens et services forestiers. Les actions suggérées ci-après ont été élaborées à partir de principes écologiques visant à maintenir et à renforcer la résilience forestière à long terme, et notamment à favoriser l'adaptation des forêts au changement climatique:

1. Planifier en vue de maintenir la biodiversité à chaque échelon de la forêt (peuplement, paysage, région) et pour tous les éléments (gènes, espèces, communautés), en s'appuyant sur une compréhension des seuils et des conditions climatiques futures attendues. Cela signifie qu'il est essentiel de faire reposer les actions sur des connaissances spécialisées et des principes écologiques permettant de conserver la biodiversité pendant et après l'exploitation forestière.
2. Maintenir la diversité génétique des forêts grâce à des pratiques de gestion qui ne visent pas uniquement à sélectionner certains arbres et à les exploiter, sur la base du type de site, du taux de croissance et de la supériorité de la forme.
3. Ne réduire les populations d'aucune espèce d'arbre à l'échelon du paysage à un niveau où l'auto-remplacement devient impossible.
4. Maintenir la complexité structurelle des peuplements et des paysages en utilisant les forêts naturelles comme modèles et points de repère. Lorsqu'ils œuvrent à la gestion forestière, les responsables devraient essayer de reproduire les processus et la

composition que l'on trouve dans les peuplements naturels, en termes de composition des espèces et structure des peuplements, en utilisant des méthodes de sylviculture qui tiennent compte des types de perturbations naturelles les plus importantes.

5. Maintenir la connectivité au sein des paysages forestiers en réduisant le morcellement, en restaurant des habitats perdus (types de forêts) et en étendant les réseaux d'aires protégées. Les forêts intactes sont plus résilientes que les forêts morcelées aux perturbations, notamment au changement climatique.
6. Maintenir la diversité fonctionnelle (et la redondance des espèces) et réduire la conversion de forêts naturelles diversifiées en plantations monotypiques ou à espèces réduites.
7. Réduire la compétition non naturelle en contrôlant les espèces envahissantes (ainsi que leurs voies d'accès), et éviter que les projets de plantation, boisement et reboisement s'appuient sur des espèces d'arbres étrangères.
8. Réduire l'éventualité d'évolutions négatives en effectuant dans certaines zones des interventions de régénération assistée, qui consistent à planter des arbres issus de régions et climats s'approchant des conditions attendues à l'avenir. Par exemple, dans des zones pour lesquelles il est prévu qu'elles deviendront plus sèches, envisager de planter des espèces d'arbres ou des individus de provenances susceptibles d'être plus résistantes à la sécheresse que les espèces et provenances locales, en portant une attention particulière aux espèces régionales.
9. Protéger les populations d'espèces isolées ou disjointes, telles que celles qui vivent aux marges de leur zone de répartition naturelle, en tant que possibles habitats d'origine futurs. Ces populations pourraient représenter des réservoirs génétiques adaptés à l'avance à répondre au changement climatique et pourraient former des populations noyaux au fur et à mesure que les conditions changent.
10. S'assurer qu'il existe des réseaux nationaux et régionaux d'aires protégées exhaustives et représentatives, ayant été établies sur la base

de principes judicieux et scientifiques. Intégrer ces réseaux dans les planifications nationales et régionales portant sur la connectivité du paysage à grande échelle.

11. Développer un plan de suivi opérationnel fournissant des données sur les perturbations naturelles, les conditions climatiques et les conséquences des actions de gestion forestière et des opérations sylvicoles. Adapter les plans futurs et les pratiques de mise en œuvre en fonction des exigences.

L'aptitude à conserver, utiliser durablement et restaurer les forêts réside dans notre compréhension et notre interprétation des tendances et processus à divers niveaux, dans notre capacité de reconnaître les seuils et dans notre habileté à traduire ce savoir en des actions appropriées et adaptatives de gestion forestière. ♦



Références

- Andrén, H.** 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos*, 71(3): 355–366. DOI: 10.2307/3545823.
- Arroyo-Rodríguez, V., Aguirre, A., Benítez-Malvido, J. et Mandujano, S.** 2007. Impact of rain forest fragmentation on the population size of a structurally important palm species: *Astrocaryum mexicanum* at Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation*, 138(1–2): 198–206. DOI: 10.1016/j.biocon.2007.04.016.
- Betts, R., Sanderson, M. et Woodward, S.** 2008. Effects of large-scale Amazon forest degradation on climate and air quality through fluxes of carbon dioxide, water, energy, mineral dust and isoprene. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363: 1873–1880. DOI: 10.1098/rstb.2007.0027.
- Bridgeland, W.T., Beier, P., Kolb, T. et Whitham, T.G.** 2010. A conditional trophic cascade: birds benefit faster growing trees with strong links between predators and plants. *Ecology*, 91: 73–84. DOI: 10.1890/08-1821.1.
- Brockerhoff, E.G., Jactel, H., Parrotta, J.A., Quine, C.P. et Sayer, J.** 2008. Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity? *Biodiversity and Conservation*, 17(5): 925–951. DOI: 10.1007/s10531-008-9380-x.
- Cardinale, B.J., Matulich, K.L., Hooper, D.U., Byrnes, J.E., Duffy, E., Gamfeldt, L., Balvanera, P., O'Connor, M.I. et Gonzalez, A.** 2011. The functional role of producer diversity in ecosystems. *American Journal of Botany*, 98(3): 572–592. DOI: 10.3732/ajb.1000364.
- Díaz, S. et Cabido, M.** 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution*, 16(11): 646–655. DOI: 10.1016/S0169-5347(01)02283-2.
- FAO.** 2009. *Vers une définition de la dégradation des forêts: analyse comparative des définitions existantes.* par M. Simula Évaluation des ressources forestières – Document de travail 154. Rome (disponible aussi sur: www.fao.org/docrep/012/k6217f/k6217f00.pdf).
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L. et Holling, C.S.** 2004. Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35: 557–581. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105711.
- Gunderson, L.H.** 2000. Ecological resilience: in theory and application. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 31: 425–439. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.31.1.425.
- Kröplin, S., Verschuren, D., Lézine, A.-M., Eggermont, H., Cocquyt, C., Francus, P., Cazet, J.-P., Fagot, M., Rumes, B., Russell, J.M., Darius, F., Conley, D.J., Schuster, M., von Suchodoletz, H. et Engstrom, D. R.** 2008. Climate-driven ecosystem succession in the Sahara: the past 6000 years. *Science*: 320(5877): 765–768. DOI: 10.1126/science.1154913.
- Malhi, Y., Roberts, J.T., Betts, R.A., Kileen, T.J., Li, W. et Nobre, C.A.** 2008. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. *Science*, 319(5680): 169–172. DOI: 10.1126/science.1146961.
- Montreal Process [Processus de Montréal].** 2009. *Criteria and indicators for the conservation and sustainable management of temperate and boreal forests*, quatrième édition. Disponible sur: www.rinya.maff.go.jp/mpci/2009p_4.pdf.
- Parrotta, J.A. et Knowles, O.H.** 1999. Restoration of tropical moist forest on bauxite-mined lands in the Brazilian Amazon. *Restoration Ecology*, 7(2): 103–116. DOI: 10.1046/j.1526-100X.1999.72001.x.
- Redford, K.H.** 1992. The empty forest. *BioScience*, 42(6): 412–422. DOI: 10.2307/1311860.
- Scholze, M., Knorr, W., Arnell, N.W. et Prentice, L.C.** 2006. A climate-change risk analysis for world ecosystems. *Proc. National Acad. Sciences*, 103: 13116–13120.
- Scheffer, M. et Carpenter, S.R.** 2003. Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation. *Trends in Ecology and Evolution*, 18(12): 648–656. DOI: 10.1016/j.tree.2003.09.002.
- Schwartz, M.W., Iverson, L.R., Prasad, A.M., Matthews, S.N. et O'Connor, R.J.** 2006. Predicting extinctions as a result of climate change. *Ecology*, 87(7): 1611–1615. DOI: 10.1890/0012-9658(2006)87[1611:PEAARO]2.0.CO;2.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique.** 2010. *Perspectives mondiales de la diversité biologique 3.* Montréal, Canada. Disponible sur: www.cbd.int/gbo3.
- Souza, C. Jr., Firestone, L., Silva, L.M. et Roberts, D.** 2003. Mapping forest degradation in the Eastern Amazon from SPOT4 through spectral mixture models. *Remote Sensing of Environment*, 87(4): 494–506. DOI: 10.1016/j.rse.2002.08.002.
- Strand, H., Höft, R., Strittholt, J., Miles, L., Horning, N., Fosnight, E., et Turner, W., eds.** 2007. *Sourcebook on remote sensing and biodiversity indicators.* Technical Series n° 32. Montréal, Canada, Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique.
- Thompson, I., Mackey, B., McNulty, S. et Mosseler, A.** 2009. *Forest resilience, biodiversity, and climate change: a synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationship in forest ecosystems.* Technical Series n° 43. Montréal, Canada, Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique.
- Tylianakis, J.M., Rand, T.A., Kahmen, A., Klein, A.-M., Buchmann, N., Perner, J. et Tschantke, T.** 2008. Resource heterogeneity moderates the biodiversity-function relationship in real world ecosystems. *PLoS Biology*, 6(5): e122. DOI: 10.1371/journal.pbio.0060122. ♦

Comprendre la dégradation des forêts au Népal

K.P. Acharya, R.B. Dangi et M. Acharya

Une riche expérience dans la réalisation d'inventaires forestiers de terrain fournit une base solide pour une approche multi-méthode visant à mesurer la dégradation des forêts.

Les forêts font partie intégrante du système d'exploitation agricole népalais



FOPE/DURST

K.P. Acharya est Directeur général du Département des parcs nationaux et de la conservation de la faune et de la flore sauvages, Katmandou.

R.B. Dangi est Chef de la Cellule REDD, foresterie et changement climatique au Ministère des forêts et de la conservation des sols, Katmandou.

M. Acharya est Environnementaliste adjoint au secrétariat du Réseau de renforcement et de protection de la faune et de la flore sauvages, Département des parcs nationaux et de la conservation de la faune et de la flore sauvages, Katmandou.

Les forêts fournissent une vaste gamme de services, en termes de régulation, de culture et de soutien au bien-être humain, communément connus sous le nom de services environnementaux – ou écosystémiques. La durabilité des écosystèmes forestiers exige une gestion attentive, et une utilisation efficace de mesures de protection efficaces contre le déboisement et la dégradation des forêts. Dans un pays montagneux tel que le Népal, les forêts sont fondamentales pour la protection des bassins hydrographiques, la conservation des sols et le maintien de la biodiversité. Leur contribution est en outre essentielle à la durabilité des moyens d'existence ruraux et à la sauvegarde de l'environnement. Il est impératif de diffuser une compréhension commune des effets de la dégradation des forêts parmi les utilisateurs de la forêt, les responsables de gestion forestière, les décideurs et les dirigeants politiques, de

façon à pouvoir élaborer une politique publique appropriée.

Cet article examine les évaluations des ressources forestières effectuées dans le passé, ainsi que les méthodologies et les leçons tirées en matière de dégradation forestière, en vue d'identifier une manière d'aller de l'avant dans la compréhension et la résolution de ce problème. Il propose d'utiliser des images satellitaires associées à des enquêtes de terrain, cette approche étant susceptible d'être adaptée à l'estimation de la dégradation des forêts au Népal. Il se penche sur les principaux facteurs de dégradation et sur les méthodes pour les détecter. Il suggère enfin, pour quantifier la dégradation des forêts, d'utiliser une méthode d'évaluation participative faisant référence à un indice des services écosystémiques.

RÔLE DES FORÊTS AU NÉPAL

Le phénomène largement répandu de la dégradation des forêts dans les pays en

développement demeure mal compris et mal quantifié (Niles *et al.*, 2001). Certains ont argumenté que l'une des raisons principales de la dégradation était que le prix des ressources forestières était grossièrement sous-évalué, et que celles-ci étaient donc sous-estimées par la société (Richard, 1994). Dans des pays où le secteur primaire – l'utilisation de matériaux bruts issus de la terre – est l'élément de base de l'économie nationale, et en particulier dans les pays s'appuyant essentiellement sur les ressources naturelles terrestres – telles que les forêts –, ces ressources sont à la fois une source importante de revenu national et un produit essentiel pour les moyens d'existence ruraux.

Au Népal, le rôle des forêts est particulièrement évident dans les communautés rurales qui en dépendent en matière d'énergie, d'emploi, d'aliments complémentaires, d'eau potable et de santé, leur permettant de soutenir et d'améliorer leurs moyens d'existence. Dans ces communautés, les forêts font aussi partie intégrante du système d'exploitation agricole. Ainsi, il a été estimé que, dans la zone de haute altitude du Népal, pour maintenir un hectare de rizière, il faut jusqu'à 50 hectares de forêts et pâturages (FAO, 1980), tandis que, dans les moyennes collines, il faut 3,5 hectares de forêts (Wyatt-Smith, 1982).

D'après les données de l'inventaire forestier national, on estime que les forêts et arbustes, combinés, couvrent 39,6 pour cent de la superficie du pays; que le taux de déboisement annuel moyen est de 1,7 pour cent (DFRS, 1999; 2008); et que la dégradation des forêts représente une menace sérieuse pour les moyens d'existence des populations. Une compréhension commune de la dégradation des forêts doit se faire jour parmi toutes les parties prenantes, de façon à ce qu'une politique publique appropriée soit conçue et mise en œuvre.

HISTORIQUE DES ÉVALUATIONS DES RESSOURCES FORESTIÈRES

Évaluations passées

Dans les évaluations des 50 dernières années, la dégradation des forêts a été envisagée comme une réduction, c'est-à-dire une réduction de la capacité de ces dernières de produire du bois, ou du volume de bois, et une réduction du

couvert arborescent, de la densité des arbres et de la régénération. Les analyses se sont concentrées sur l'étude de l'association entre le couvert forestier et le volume de bois commercial produit. Une telle approche ne reconnaît pas la dégradation en cours au sein des forêts à frondaison dense ni celle qui advient dans le sous étage. En outre, les avantages fournis par diverses sortes de services environnementaux n'ont pas été pris en considération.

En vue d'apporter une vision commune des résultats des études menées au cours des 50 dernières années, cette section présente une brève description de chacune des principales évaluations des ressources forestières népalaises entreprises. Dans les sections suivantes et les tableaux qui les accompagnent, les données recueillies sont analysées en rapport avec les éléments thématiques de la gestion forestière durable, la méthodologie employée pour la collecte de données, la couverture des sols, et la dégradation des forêts – considérée comme fonction de l'accroissement des terres arborescentes. La section s'achève par un tableau comparatif des différentes méthodes utilisées pour réaliser les évaluations.

Enquête sur les ressources forestières, 1963/64

Le Bureau d'études sur les ressources forestières (Forest Resources Survey Office) a effectué le premier inventaire forestier entre 1963 et 1967. Utilisant des photographies aériennes datant de 1953-1958 et 1963-1964, l'inventaire a pris en compte l'interprétation visuelle des photos aériennes et la cartographie, en association avec l'inventaire de terrain. Les sols étaient répartis notamment dans les catégories suivantes: forêt, culture, herbage, zone urbaine, eau, sol très érodé et sol dénudé. Les terres forestières étaient subdivisées en forêt commerciale et forêt non commerciale (HMG, 1968; 1969; 1973). L'inventaire a consisté à évaluer, par hectare, l'étendue de la superficie forestière et du matériel sur pied en formation jusqu'à 10 cm de diamètre supérieur.

Projet de cartographie des ressources foncières, 1978/79

Le Projet de cartographie des ressources foncières (Land Resource Mapping

Project: LRMP) a été mis en œuvre grâce au soutien financier du Gouvernement du Canada. L'objectif était d'élaborer des cartes de l'utilisation des terres forestières adéquates, sur la base des types de forêts, de leur composition, de leur structure et de l'état de la dégradation des sols. Le projet a été exécuté de 1977 à 1984 (LRMP, 1986a; 1986b). L'évaluation des ressources forestières a été menée en associant l'usage de photographies aériennes (1977-1979), des vérifications approfondies sur le terrain, des enquêtes et l'analyse de cartes topographiques.

Plan-cadre pour le secteur forestier, 1986

Le Projet du Plan-cadre pour le secteur forestier (Master Plan for the Forestry Sector Project: MPFSP) a été mis en œuvre par le Ministère des forêts et de la conservation des sols. Il s'est appuyé sur les informations fournies par le LRMP et les données de l'inventaire forestier issues du Département des recherches et études forestières (Department of Forest Research and Survey: DFRS) (MPFSP, 1989a; 1989b). Il visait à mettre à jour les connaissances et prendre en compte les changements intervenus durant la période du LRMP.

Inventaire forestier national, 1994

L'Inventaire forestier national (National Forest Inventory: NFI) a démarré au début des années 1990 et s'est achevé en 1998, avec pour année de référence 1994 (DFRS, 1999). Le programme a été mis en œuvre grâce au soutien du Gouvernement de Finlande. Le NFI a impliqué l'analyse d'images satellitaires provenant de Landsat (un programme satellite

Forêt infestée par Mikania micrantha (ou liane américaine), Népal central. La santé et la vitalité des forêts, de même que leur biodiversité, n'ont pas souvent été prises en compte dans les évaluations des ressources forestières



TABLEAU 1. Évaluations forestières nationales au Népal: liens avec la gestion forestière durable

Étude	Éléments thématiques de la gestion forestière durable
Enquête sur les ressources forestières	1, 5
Projet de cartographie des ressources foncières	1, 5
Plan-cadre pour le secteur forestier	1, 5, 7
Inventaire forestier national	1, 5
Analyse des changements du couvert forestier dans les districts du Terai	1
Évaluation économique des biens et services écologiques	2, 4, 5, 6, 7
Contribution du secteur forestier au PIB du Népal	2, 4, 5, 6, 7

Note: Les éléments thématiques de la gestion forestière durable sont: 1. Étendue des ressources forestières; 2. Contribution au cycle du carbone, forêts et changement climatique; 3. Santé et vitalité des forêts; 4. Diversité biologique; 5. Fonctions de production des ressources forestières; 6. Fonctions de protection des ressources forestières; et 7. Fonctions socioéconomiques des forêts (FAO, 2011).

d'observation de la Terre géré conjointement par l'Administration nationale pour l'aéronautique et l'espace – NASA – des États-Unis d'Amérique et le United States Geological Survey), de photographies aériennes et de mesures de terrain.

Analyse des changements du couvert forestier dans les districts du Terai, 1990/91-2000/01

Les districts du Terai sont voisins ou limitrophes des Siwalik Hills, les collines externes les plus basses des contreforts de l'Himalaya. Cette étude, commandée par le Département des forêts (Department of Forests), visait à estimer l'étendue du couvert forestier et le rythme annuel de changement de 20 districts du Terai. L'évaluation des changements du couvert forestier a été effectuée en analysant des images satellite, appuyées par des vérifications sur le terrain (Department of Forests, 2005).

Évaluation économique des biens et services écologiques, 2005

Cette étude, commandée par le Ministère des forêts et de la conservation des sols (Ministry of Forests and Soil Conservation: MoFSC), visait à estimer la valeur des biens et services rendus par les écosystèmes forestiers représentant diverses zones écologiques et régimes de gestion (MoFSC, 2005).

Contribution du secteur forestier au Produit intérieur brut du Népal, 2008

Cette étude visait à estimer la contribution effective du secteur forestier au Produit intérieur brut (PIB). Pour estimer celle-ci, les valeurs d'usage aussi bien que les valeurs passives ont été prises en considération. Les valeurs

d'usage comprenaient notamment des biens de consommation tels que bois d'œuvre, bois de feu, herbages/fourrages/litières végétales, produits forestiers non ligneux, sables et dépôts. Les valeurs passives consistaient dans les valeurs récréatives, l'écotourisme, la conservation des sols et la fixation du carbone (DFRS, 2008).

TABLEAU 2. Examen des méthodologies employées dans les évaluations forestières

Étude	Critères de dégradation	Méthodes
Enquête sur les ressources forestières	<ul style="list-style-type: none"> • Classe du matériel sur pied (couvert arborescent < 10 pour cent: zone non forestière) et classe de densité • Broussailles et arbustes • Forêt empiétée 	<ul style="list-style-type: none"> • Estimation des moyennes • Interprétation visuelle de photographies aériennes • Photographies aériennes – échelle entre 1:12 000 et 1:60 000 • Comptage de points • Rectification et ajustement de la superficie • Inventaire de terrain dans les forêts commerciales
Projet de cartographie des ressources foncières	<ul style="list-style-type: none"> • Densité du peuplement • Érosion de la surface des sols 	<ul style="list-style-type: none"> • Interprétation visuelle de photographies aériennes (noir et blanc, échelle entre 1:20 000 et 1:50 000) • Vérifications sur le terrain par hélicoptère • Enquêtes de terrain • Cartes topographiques
Plan-cadre pour le secteur forestier	<ul style="list-style-type: none"> • Fermeture du couvert • Régénération 	<ul style="list-style-type: none"> • Étude théorique • Interprétation visuelle de photographies aériennes et vérifications sur le terrain
Inventaire forestier national	<ul style="list-style-type: none"> • Densité du couvert forestier 	<ul style="list-style-type: none"> • Images satellite, Système d'information géographique (SIG), cartes topographiques, limite des données vectorielles • Inventaire de terrain • Interprétation visuelle de photographies aériennes, échelle 1:50 000
Analyse des changements du couvert forestier dans les districts du Terai	<ul style="list-style-type: none"> • Fermeture du couvert 	<ul style="list-style-type: none"> • SIG, analyse d'images satellite et vérifications sur le terrain
Évaluation économique des biens et services écologiques	<ul style="list-style-type: none"> • Fermeture du couvert • Valeur d'usage des services environnementaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventaire forestier • Questionnaires • Prix du marché/substituts • Transfert des bénéfices • Matériel sur pied net total
Contribution du secteur forestier au PIB du Népal	<ul style="list-style-type: none"> • Fermeture du couvert 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventaire forestier de terrain • Questionnaire • Prix du marché • Prix du marché des substituts • Transfert des bénéfices • Matériel sur pied net total

Liens avec des éléments thématiques de la gestion forestière durable

La FAO (2011) a défini comme suit les éléments thématiques de la gestion forestière durable: étendue des ressources forestières; contribution au cycle du carbone, forêts et changement climatique; santé et vitalité des forêts; diversité biologique; fonctions de production des ressources forestières; fonctions de protection des ressources forestières; et fonctions socioéconomiques des forêts.

Les composantes de la gestion forestière durable prises en compte dans chaque évaluation entreprise sont décrites dans le tableau 1. Selon les normes du cadre établi par la FAO, tous les éléments ne sont pas couverts dans les évaluations. Les évaluations des ressources sont centrées sur l'étendue de la superficie forestière et le volume de bois sur pied. Aucun rapport d'évaluation n'incorporait de données relatives aux stocks de

carbone, à la biodiversité, à la santé et à la vitalité des forêts, et aux fonctions de protection des forêts.

Méthodologie

Il existe un consensus sur le fait que mesurer la dégradation des forêts est plus complexe et plus difficile que mesurer la déforestation (Panta, Kyehyun et Joshi, 2008; Lambin, 1999; Souza *et al.*, 2003). Le tableau 2 synthétise les critères et méthodes employés par chaque étude pour définir et estimer la dégradation des forêts.

Le niveau de la densité du couvert forestier est le principal critère utilisé dans les évaluations. Aussi semblent-elles toutes s'accorder sur le fait que la dégradation des forêts consiste dans une réduction du volume de bois, ou dans une modification des espèces, de la taille ou de la structure, ou encore dans une moindre capacité de la forêt de produire du bois.

Le niveau du matériel sur pied (troncs/ha) est lié à la productivité de la forêt, ou à son potentiel de croissance et de rendement. On utilise notamment comme variables substitutives la fermeture du couvert, le nombre d'arbres parvenus à maturité, le nombre d'arbres préférés, la densité, le nombre de souches, le bois sur pied, la capacité de régénération, la maturité du peuplement, l'émondage, la composition des espèces, le pâturage et l'érosion de la surface des sols. Le niveau du couvert arborescent doit atteindre 10 pour cent de la superficie pour que des terres soient qualifiées de «zone forestière». Dans les études, on observe un manque de clarté dans la définition et la distinction de notions telles que superficie forestière et terre arbustive, terre arbustive et terre broussailleuse, ou forêt et forêt dégradée.

Résultats: arbustes, broussailles et dégradation

L'étendue des terres tombant respectivement dans les catégories de terres forestières et terres arbustives est montrée au tableau 3. L'Enquête sur les ressources forestières du Bureau d'études sur les ressources forestières reconnaît une différenciation qualitative essentiellement fondée sur la taille du peuplement, les classes de densité, la fermeture du couvert et le volume marchand.

TABLEAU 3. Étendue de la couverture forestière et arbustive au Népal

Étude	Terres forestières		Terres arbustives		Terres forestières et arbustives (total)	
	Milliers d'ha	%	Milliers d'ha	%	Milliers d'ha	%
Enquête sur les ressources forestières	6 402	45,5	–	–	6 402	45,5
Projet de cartographie des ressources foncières	5 616	38,1	689	4,7	6 285	42,8
Plan-cadre pour le secteur forestier	5 424	37,4	706	4,8	6 210	42,2
Inventaire forestier national	4 268	29	1 560	10,6	5 828	39,6

TABLEAU 4. Estimation du rythme de dégradation des forêts selon l'augmentation des terres arbustives

Étude	Terres arbustives	Terres arbustives	Dégradation des forêts (de 1978/79 à 1994) % par an
	Milliers d'ha	%	
Projet de cartographie des ressources foncières	689	4,7	5,57
Inventaire forestier national	1 560	10,6	

Il n'existe pas de définition claire de la dégradation des forêts, et le concept n'est pas énoncé avec précision dans les évaluations nationales. Mieux, la dégradation est caractérisée par des aspects tels que la réduction du nombre d'arbres, les arbres qui ont été élagués, les espèces indésirables, l'accroissement de la pression du pâturage, les espèces non comestibles et les buissons. L'étude considère la forêt empiétée comme un type de forêt dégradée.

La superficie forestière totale n'a pas beaucoup changé, d'après les diverses études (tableau 3), bien qu'il soit signalé que le couvert forestier s'est dégradé (tableau 4). Si l'on tient compte de la définition des terres arbustives donnée par le Département des recherches et études forestières (DFRS, 1999), ainsi que des données issues des études (tableaux 3 et 4), on peut supposer que les terres arbustives sont les zones forestières où les troncs d'arbres ont été enlevés mais qui maintiennent un couvert végétal ligneux. Ainsi, les terres arbustives peuvent être vues comme le résultat de la dégradation des forêts ou comme une forme de forêt dégradée.

Une comparaison entre les études du NFI et du LRMP montre que la zone classée comme terres arbustives a augmenté de 126 pour cent entre 1978/79

et 1994, à un taux annuel de 5,57 pour cent (tableau 4). On n'observe pas de changement substantiel dans la superficie totale des forêts et des terres arbustives. Cependant, l'estimation de la dégradation ne prend pas en compte celle qui advient à l'intérieur de la catégorie des «forêts», à savoir les zones ayant un couvert forestier supérieur à 10 pour cent de la superficie.

La définition de la forêt dégradée donnée par le Département des forêts (2005) comprend les terres arbustives. Cependant, il est difficile de comparer d'autres éléments des inventaires parce que les définitions et ce qu'elles recouvrent diffèrent trop.

Méthodes d'évaluation de la dégradation

Les différentes méthodologies utilisées dans les diverses études se répartissent en plusieurs groupes: photographies aériennes, enquêtes de terrain, images satellite et estimation des services environnementaux. Le tableau 5 compare les forces et faiblesses de ces méthodes. Cette analyse mènerait à la conclusion que l'évaluation de la dégradation des forêts gagne en exactitude si l'on combine les méthodes, et notamment si les approches de télédétection sont appuyées par des renseignements recueillis au niveau du terrain.

DISCUSSION

Définition

Pour la période entre 1978/79 et 1994, le rythme moyen de conversion des forêts en terres arborescentes (5,57 pour cent par an) a été significativement plus rapide que le rythme de déforestation (1,7 pour cent par an). Ces statistiques montrent que la question de la dégradation devrait davantage être prise en considération dans les efforts visant à réduire les émissions de carbone ou à renforcer la capacité de résilience des écosystèmes forestiers.

Il n'existe toutefois pas de définition globale de la dégradation des forêts. La documentation forestière classique estime que les forêts en cours de

dégradation se caractérisent par des signes tels que perte de la couverture arborescente, déclin de populations d'espèces d'arbres, perte du potentiel de reproduction, faible régénération et perte de la capacité de fournir divers produits forestiers pour la consommation. La documentation plus récente ajoute la perte de potentiel en matière de fixation du carbone, conservation de la biodiversité, récolte de l'eau, production de valeurs récréatives, etc. Ces caractéristiques environnementales ont aussi été considérées comme d'importants indicateurs de la dégradation des forêts.

Le manque d'une définition uniforme s'applique aussi à la différenciation entre

terres arborescentes et forêts. L'Inventaire forestier national définit les terres arborescentes comme des zones forestières sans troncs clairement définis, tandis que l'évaluation du Département des forêts considère comme forêts dégradées les zones avec des arbres clair-semés ou les terres forestières avec une fermeture du couvert inférieure à 10 pour cent – y compris les terres arborescentes. Aucune des évaluations n'offre une définition claire, simple et cohérente des forêts dégradées et des terres arborescentes.

Le contexte des études ajoute cependant des variables supplémentaires à la définition de la dégradation. La dégradation des forêts dans un contexte n'aura

TABLEAU 5. Caractéristiques des différentes méthodologies d'évaluation de la dégradation des forêts au Népal^a

Méthodologie	Avantages	Inconvénients	Niveau de précision	Coûts	Implications pour le Népal
Photographie aérienne	<ul style="list-style-type: none"> Facilement compréhensible par les communautés locales Montre facilement les aspects de la dégradation tels que le changement du couvert forestier, les cultures itinérantes, le morcellement de la forêt Longue expérience Les infrastructures nécessaires existent déjà Requiert un faible investissement technologique 	<ul style="list-style-type: none"> Difficultés dans les régions montagneuses Coûts élevés Exige des temps d'application longs Presque abandonnée et remplacée par de nouvelles technologies Absence de photographies aériennes récentes disponibles Les éléments de dégradation tels que le pâturage, les dégâts causés par les incendies, les produits forestiers non ligneux (PFNL), les perturbations du sous étage et l'empiètement ne sont pas entièrement détectables 	Élevé	Élevés	Absence de photographies aériennes récentes disponibles – moindre utilité
Enquêtes de terrain	<ul style="list-style-type: none"> Données disponibles pour les comparaisons Plus grande précision Largement comprises Peu coûteuses en main-d'œuvre Expérience considérable Technique simple Prise en compte de tous les types de services environnementaux Peuvent être réalisées de l'échelle locale à l'échelle nationale Disponibilité d'études de cas et de données de recherche 	<ul style="list-style-type: none"> Exigent davantage de ressources Demanded du temps Difficultés dans les terrains montagneux Absence de données récentes disponibles 	Élevé (l'erreur type varie entre 2,61 et 6,66 pour cent pour les 4 volumes les plus élevés)	Moyens	Une expérience considérable existe à cet égard; la main-d'œuvre est peu coûteuse; les communautés sont prêtes à être impliquées – une bonne option
Analyse d'images satellite et SIG	<ul style="list-style-type: none"> Uniformité au niveau mondial Technologie en avancée rapide Interprétation facile des images à haute résolution Images à haute résolution utilisables comme cartes de démonstration Requiert un faible inventaire forestier 	<ul style="list-style-type: none"> Exigeante en matière de capacités et d'infrastructures techniques Nuages, ombres et pentes dans les zones de colline Faible nombre de placettes de contrôle pour les vérifications de terrain Disponibilité d'images saisonnières Données trop limitées pour remplacer l'inventaire de terrain Difficulté d'évaluer le sous étage, notamment les PFNL 	De moyen à élevé (de 67 à 98 pour cent pour distinguer les diverses classes de densité)	De moyens à élevés (à savoir de gratuit à modérément coûteux – de Landsat à IKONOS)	Peut s'appliquer sur des terrains difficiles; requiert un développement des capacités – si elle est associée aux enquêtes de terrain, c'est l'une des meilleures options
Évaluation des services environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> Reconnaît la valeur plus vaste des écosystèmes forestiers 	<ul style="list-style-type: none"> Exigeante en matière technique Hors de la discipline forestière 	De moyen à élevé	De faibles à modérés	Participation des communautés, évaluation véritable des services fournis par la forêt

^a Élaboration basée sur des photographies à l'échelle entre 1:12 000 et 1:60 000 et des images Landsat TM.

pas nécessairement la même signification dans un autre. L'échelle et le propos de sa mesure sont susceptibles de varier selon la diversité des objectifs d'aménagement et les résultats attendus des forêts.

Facteurs de la dégradation

Bien qu'on n'ait pas atteint de consensus sur la définition de ce qui constitue la dégradation, les politiques se doivent néanmoins de tenter de contrer cette dernière, et en particulier d'agir sur son origine. Les instruments de réglementation et de marché fonctionnent généralement bien, dans les cas où les politiques, les institutions et les cadres juridiques adéquats sont en place. Il y a cependant des limites à l'influence qu'est susceptible d'avoir une politique. Ainsi, les causes de la dégradation des forêts peuvent largement se répartir en deux catégories, anthropiques et naturelles, quoiqu'il n'y ait pas de démarcation claire entre les deux. Il est cependant fort probable que les causes naturelles soient considérées comme exogènes, et que les instruments politiques ne puissent aider à les maîtriser.

Les sources de la dégradation sont communément appelées «facteurs» de la dégradation. Les facteurs habituellement associés à la catégorie des facteurs anthropiques peuvent être répartis en facteurs directs et indirects. Les facteurs directs comprennent notamment, mais pas exclusivement, la surexploitation, les feux intentionnels, la libre pâture, la concentration sur des espèces d'arbres

à haute valeur commerciale, l'abattage illégal, l'empiètement, les cultures itinérantes et le morcellement des forêts. Les facteurs indirects peuvent comprendre les difficultés du marché, le développement non planifié, l'échec des politiques, la faiblesse des droits fonciers et les manques en matière de capacités.

La vulnérabilité d'une forêt donnée à ces facteurs dépend de l'intensité et de l'ampleur de chacun d'entre eux, de même que de leur degré d'interaction avec d'autres facteurs. Il se peut que les méthodes visant à détecter la dégradation ne prennent pas en compte l'intégralité des facteurs. Comprendre les facteurs directs et indirects de la dégradation aide à estimer son étendue. L'important est de la détecter avec les moyens de mesure appropriés (tableau 6). Bien que les causes de la dégradation soient complexes, les facteurs directs sont souvent décelables par l'observation ou l'analyse d'images. Les facteurs indirects sont pour leur part plus difficiles à comprendre, et donc à mesurer correctement.

Au Népal, et tout particulièrement dans les plaines du Terai, l'empiètement des forêts et leur invasion par des espèces exotiques sont apparus comme d'importants facteurs de la dégradation. Les établissements humains illégaux conduisent à la dégradation des forêts et sont susceptibles d'amener à leur conversion permanente à une utilisation non forestière. L'invasion et la colonisation de la part d'espèces exotiques peut lentement réduire la croissance et l'aptitude potentielle des forêts à se restaurer,

et les infestations peuvent en dernier ressort affecter les forêts tout entières. Une autre cause essentielle consiste dans les feux de forêt. Par ailleurs, les forêts de haute altitude souffrent de la dégradation en tant que résultat direct de la pression de l'élevage, la densité des unités présentes dépassant jusqu'à neuf fois leurs capacités de charge (MoEST, 2008; MoFSC, 2002).

Indicateurs

Les évaluations passées fondées sur la cartographie spatiale et temporelle des conditions des forêts suggèrent que la dégradation de ces dernières provoque des modifications de leur structure et de leurs fonctions, ainsi que d'autres attributs. Sharma et Suoheimo (1995) ont montré que quelque 45 pour cent des arbres dans les districts du Makawanpur et du Rautahat sont atteints d'échauffures ou pourritures. Acharya (2000) a observé une dégradation du matériel sur pied résultant de pratiques d'abattage répétées, qui se sont traduites par un changement du type même de forêt. Il prend à titre d'illustration, dans le Terai, la conversion de la forêt de sal (> 60 pour cent de la surface terrière) en forêt de sal et feuillus (Sal Terai) et enfin en forêt de feuillus Terai (surface terrière sal < 20 pour cent).

La fermeture du couvert est souvent prise comme indicateur substitutif pour détecter la dégradation des forêts. Il se peut toutefois qu'il ne soit pas suffisant pour déterminer cette dégradation. Une réduction du couvert pourra réduire le

TABLEAU 6. Facteurs anthropiques de la dégradation et leur détection potentielle

Facteurs de la dégradation	Niveau d'importance	Élément essentiel de la dégradation	Déteçtabilité (1 = faible; 3 = élevée)		
			Enquêtes de terrain	Photographies aériennes	Images
Surexploitation de produits ligneux	Élevé	Couvert forestier, biomasse, sous étage	3	2	1
Surexploitation de produits non ligneux	Élevé	Biomasse verte, densité du couvert, sous étage	3	1	1
Empiètement de la forêt (établissements ou occupations illégaux)	Élevé	Couvert forestier, habitat, biomasse, sous étage	3	2	2
Surpâturage	Élevé	Sols de surface, régénération naturelle, habitat	3	1	1
Développement non planifié: route, énergie hydroélectrique, etc.	Élevé	Couvert forestier, habitat, espèces commerciales, biomasse, morcellement	3	3	3
Feux de forêt	Moyen	Sous étage, biomasse, sols, biodiversité	2	1	2
Invasion et colonisation d'espèces exotiques	Moyen	Biomasse, sous étage, habitat, biodiversité	3	1	1
Parasites et maladies	Faible	Biomasse	3	1	1

TABLEAU 7. Méthodes d'enquête et de mesure pour une sélection de variables

Paramètres clés observés	Indicateurs de la dégradation	Source des données	Détection ou techniques de mesure
Caractéristiques biologiques			
Couvert forestier	En diminution	NFI/DFSP/CFOP	Analyse des images/inventaire de terrain pour la validation des données
Niveau du bois sur pied	En diminution	NFI/DFSP/CFOP	Analyse des images/inventaire de terrain pour la validation des données
Structure de la forêt	Faible régénération et absence de jeunes peuplements	NFI/DFSP/CFOP/FGD	Analyse des images/inventaire de terrain pour la validation des données
Composition des espèces	Abondance d'espèces d'arbres inférieures	NFI/DFSP/CFOP/FGD	Inventaire forestier Observation de terrain
Invasion et espèces exotiques	Invasion par des espèces exotiques	CFOP/FGD	Observation de terrain
Caractéristiques environnementales			
Conservation des bassins versants	Augmentation de l'érosion de surface	NFI/DFSP/CFOP	Observation participative
Fixation du carbone	Augmentation des feux de forêt et diminution des stocks de carbone	FRA/DFSP/CFOP	Inventaire du carbone forestier
Biodiversité	Perte de l'abondance d'espèces	FRA/DFSP/CFOP	Inventaire de terrain
Récolte de l'eau	Eau polluée	FGD	Observation participative Enquête de terrain
Capacité de résilience	Faible restauration de la forêt	FGD	Observation participative
Conservation de la faune sauvage	Habitat perturbé	FGD/observation	Observation participative Enquête de terrain

Note: Le NFI est le *National Forest Inventory*, l'inventaire forestier national; le DFSP est le *District Forestry Sector Plan*, une approche intégrée de planification de la gestion des ressources forestières au niveau du district; le CFOP est le *Community Forest Operational Plan*, un plan de gestion opérationnelle des forêts communautaires à durée déterminée; l'abréviation FGD est mise pour *Focus group discussion* et indique une discussion de groupe de réflexion; enfin, FRA désigne l'Évaluation des ressources forestières mondiales.

réservoir de carbone potentiel, mais elle pourra aussi renforcer la conservation des bassins versants et de la biodiversité. Le sous étage pourrait demeurer intact. Inversement, une perte de la végétation au sol ou dans le sous étage, qui pourrait bien ne pas être détectée, pourrait tout aussi bien constituer un élément essentiel de dégradation, dans la mesure où elle affecte la résilience de l'écosystème (tableau 6). Aussi une évaluation ne s'appuyant que sur le couvert ne suffit-elle pas à détecter les facteurs de la dégradation. Une évaluation fondée sur des enquêtes de terrain associées à des techniques de télédétection produit des informations techniquement plus solides, aptes à mieux saisir les éléments clés de la dégradation et leurs conséquences.

Valeur

La dégradation des forêts peut aussi être comprise en fonction de la réduction de la capacité de ces dernières de produire

tous les services environnementaux. Aussi une méthode complète devrait-elle inclure une analyse et une estimation de la valeur des services écosystémiques. Une approche efficace pour mesurer la dégradation devrait utiliser des images satellite associées à des enquêtes de terrain. Pour faire une estimation de la valeur des services, et donc de la dégradation, il serait recommandé de recourir à une démarche participative d'évaluation des services écosystémiques, telle que la *Participatory ecosystem services valuation approach* (PESVA). Une approche de ce type saisit le «facteur de dégradation» en attribuant une valeur à l'ensemble des services environnementaux (tableau 7).

La PESVA s'appuie sur le concept d'indice des services environnementaux (*Ecosystem services index*: ESI) forestiers. L'ESI est un indice synthétique des services écosystémiques fournis par une forêt. Il mesure les performances

moyennes des valeurs d'usage de la forêt. L'ESI est estimé en fonction des services environnementaux tels qu'ils sont définis par l'Évaluation des écosystèmes en début de Millénaire (2005). Un suivi et une comparaison périodiques des indices, en regard d'un indice de référence, permettront d'apporter des informations sur l'étendue de la dégradation ou de l'amélioration des forêts.

L'approche PESVA requiert une expertise de départ pour développer des matrices de classement et des procédures pour l'acquisition des informations, pour établir les valeurs par défaut et pour interpréter les résultats. Cependant, si elle est mise en œuvre de façon appropriée, elle devrait être simple et facile à utiliser par les institutions communautaires, de sorte que les populations locales puisse participer activement au processus de détection et de mesure de la dégradation des forêts.

CONCLUSIONS

Au Népal, la dégradation des forêts a eu des conséquences négatives multiples et superposées, de nature écologique, environnementale et sociale. Parmi les répercussions écologiques, on compte notamment la réduction du couvert, un déclin en matière de qualité, structure et composition de la forêt, une baisse de la capacité de production de celle-ci, un accroissement des espèces envahissantes et une perte de biodiversité. Dans l'environnement, on observe une érosion des sols, un morcellement des habitats et un déplacement de la faune sauvage dû à l'apparition de nouveaux obstacles. La combinaison de ces divers facteurs a eu un effet fort néfaste sur la société et les moyens d'existence des populations, le nombre de catastrophes naturelles augmentant et la production de biens et services forestiers déclinant.

Le Népal a une solide expérience dans la réalisation d'inventaires forestiers de terrain, et les inventaires menés au cours des 50 dernières années ont permis d'établir des données considérables relatives au matériel sur pied forestier. Les méthodes utilisées ont consisté en photographies aériennes, inventaires de terrain et analyses d'images satellite. Le développement futur de méthodes visant à évaluer la dégradation des forêts dépendra largement de l'établissement

d'une définition consensuelle de cette dégradation, tenant compte de toute une série de conditions biophysiques et socioéconomiques, et en particulier des services environnementaux forestiers. Au Népal par exemple, il faut établir une distinction claire entre la notion de terres arbustives et la notion de forêts, et concevoir des méthodes pour évaluer les premières. En outre, il est nécessaire d'élaborer une méthodologie solide, apte à saisir une vaste série de facteurs à l'origine de la dégradation des forêts.

Les méthodes actuellement employées peuvent être améliorées de deux façons. Tout d'abord, les mesures devraient utiliser des images satellite et les associer à un inventaire de terrain, de façon à combiner les forces des deux approches. En second lieu, la PESVA devrait être adoptée en vue de fournir des informations sur l'étendue de la dégradation ou de l'amélioration des forêts.

Un besoin en création des capacités et développement des compétences de gestion des données se fait jour, tant au niveau national que local. Des études pilotes devraient être conduites pour tester les méthodologies et recueillir des informations sur la dégradation des forêts. Une meilleure compréhension de cette dernière requiert un engagement au niveau politique, ainsi qu'une stratégie nationale tenant compte des divers facteurs de la dégradation et disposant des méthodes pour les détecter ainsi que des ressources voulues. Il sera alors possible de répondre au besoin d'établir un système efficace de suivi de la dégradation. ◆



Références

- Acharya, K.P.** 2000. Unfavourable structure of forest in the Terai of Nepal needs immediate management. *Banko Janakari*, 10(2): 25–28.
- DFRS.** 1999. *Forest resources of Nepal (1987–1998)*. Publication No. 74. Katmandou, Department of Forest Research and Survey, Ministry of Forests and Soil Conservation & Forest Resource Information System Project, Gouvernement de Finlande.
- DFRS.** 2008. *Contribution of forestry sector to gross domestic product in Nepal*. Katmandou, Department of Forest Research and Survey, Ministry of Forests and Soil Conservation, His Majesty's Government of Nepal.
- Department of Forests.** 2005. *Forest cover change analysis of the Terai districts (1990/91–2000/01)*. Katmandou, Ministry of Forests and Soil Conservation, Department of Forests, His Majesty's Government of Nepal.
- Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire.** 2005. *Ecosystèmes et bien-être humain: Synthèse*. Washington, D.C., Island Press.
- FAO.** 1980. *Agronomy research in the Hill Areas of Nepal*. Hill Agricultural Development Project. Rapport final, par P.T.S. Whiteman. Katmandou.
- FAO.** 2011. *Qu'est-ce que la gestion forestière durable?* Disponible sur: www.fao.org/forestry/sfm/24447/fr/.
- His Majesty's Government of Nepal (HMG).** 1968. *Forest statistics for the Terai and adjoining regions, 1967*. Forest Resources Survey. Katmandou, Forest Resources Survey Office.
- HMG.** 1969. *Timber resources and development opportunities in the Lower Bheri and Karnali watersheds*. Forest Resources Survey No. 6. Katmandou, Forest Resources Survey Office.
- HMG.** 1973. *Forest statistics for the Hill Region, 1973*. Forest Resources Survey. Katmandou, Forest Resources Survey Office.
- Lambin, E.F.** 1999. Monitoring forest degradation in tropical regions by remote sensing: some methodological issues. *Global Ecology and Biogeography*, 8(3–4): 191–198. DOI: 10.1046/j.1365-2699.1999.00123.x.
- LRMP.** 1986a. *Land Utilisation Report*. Katmandú, HMG, Survey Department & Kenting Earth Sciences Limited.
- LRMP.** 1986b. *Summary Report*. Katmandou, HMG, Survey Department & Kenting Earth Sciences Limited.
- MoEST.** 2008. *State of the Environment (Agriculture, Forest and Biodiversity)*. Katmandou, Ministry of Environment, Science and Technology (Ministère de l'environnement, de la science et de la technologie).
- MoFSC.** 2002. *Nepal Biodiversity Strategy*. Katmandou, Ministry of Forests and Soil Conservation.
- MoFSC.** 2005. *Economic valuation of ecological goods and services*. Katmandou, Ministry of Forests and Soil Conservation.
- MPFSP.** 1989a. *Master Plan for Forestry Sector: Main Report*. Katmandou, Ministry of Forests and Soil Conservation.
- MPFSP.** 1989b. *Master Plan for Forestry Sector: Forestry Resource Information and Planning Report*. Katmandou, Ministry of Forests and Soil Conservation.
- Niles, J.O., Brown, S., Pretty, J., Ball, A. et Fay, J.** 2001. *Potential carbon mitigation and income in developing countries from changes in use and management of agricultural and forest lands*. Centre for Environment and Society Occasional Paper 2001-04. Essex, Royaume-Uni, University of Essex.
- Panta, M., Kyehyun, K. et Joshi, C.** 2008. Temporal mapping of deforestation and forest degradation in Nepal: applications to forest conservation. *Forest Ecology and Management*, 256: 1587–1595. DOI: 10.1016/j.foreco.2008.07.023.
- Richards, M.** 1994. Towards valuation of forest conservation benefits in developing countries. *Environmental Conservation*, 21(4): 308–319. DOI: 10.1017/S0376892900033610.
- Sharma, S. et Suoheimo, J.** 1995. *Observation on rot in Sal forests in the Terai*. Forest Management and Utilization Development Project Working Paper No. 20. Katmandou, Ministry of Forests and Soil Conservation et Finnish International Development Agency.
- Souza, C. Jr., Firestone, L., Silva, L.M. et Roberts, D.** 2003. Mapping forest degradation in the Eastern Amazon from SPOT4 through spectral mixture models. *Remote Sensing of Environment*, 87(4): 494–506. DOI: 10.1016/j.rse.2002.08.002.
- Wyatt-Smith, J.** 1982. *The agricultural system in the hills of Nepal: the ratio of agricultural to forest land and the problem of animal fodder*. Agricultural Project Services Centre Occasional Paper 1. Katmandou, Agricultural Project Services Centre. ◆

L'indice différentiel normalisé de végétation comme indicateur de la dégradation

C.L. Meneses-Tovar

Application d'une méthode d'interprétation des images de télédétection à l'observation de l'évolution de la santé des forêts dans le temps.

La dégradation des forêts est devenue un problème grave, en particulier dans les pays en développement. En 2000, on estimait que la superficie totale des forêts dégradées, réparties sur 77 pays, s'élevait à 800 millions d'hectares; sur ces derniers, 500 millions d'hectares étaient passés d'une végétation primaire à une végétation secondaire (OIBT, 2002). Parmi ses divers impacts négatifs, le processus de dégradation des forêts constitue une part significative des émissions de gaz à effet de serre. Il apparaît urgent de mesurer et analyser ce processus, en vue de concevoir une action susceptible de l'inverser.

Cet article décrit la façon dont a été mise en pratique une méthode associant l'analyse de données de télédétection et l'analyse de données de terrain pour

observer la dégradation des forêts. Il présente une étude menée afin d'identifier la relation existant entre les indicateurs des fonctions des forêts et l'indice différentiel normalisé de végétation (NDVI, de l'anglais *normalized difference vegetation index*). Cet indice fournit des valeurs estimées de «l'intensité de vert» des forêts, résultant de l'analyse de données satellitaires. La démarche part du principe que le NDVI est un indicateur de la santé végétale, dans la mesure où une dégradation de la végétation d'un écosystème, ou une diminution de l'intensité de vert, se traduirait par une diminution de la valeur du NDVI. Par conséquent, s'il est possible d'identifier dans divers écosystèmes forestiers une relation entre le niveau d'un indicateur

Carmen Lourdes Meneses-Tovar
est Sous-directrice de la télédétection à la
Commission nationale des forêts du Mexique.

Végétation naturelle, Mexique



donné – la biomasse aérienne – et le NDVI, il est aussi possible de suivre l'évolution du processus de dégradation.

MESURER LES CHANGEMENTS

Téledétection et phénologie

L'une des applications majeures de la téledétection est le suivi des processus advenant sur la planète.

Les images peuvent être utilisées pour analyser des processus de court terme, par exemple pour observer le cycle de croissance de certaines cultures en vue d'évaluer les rendements d'une récolte donnée. On analyse alors des images satellitaires prises à différentes étapes du cycle au cours de l'année, notamment: préparation des sols, ensemencement, établissement des plants, croissance active, floraison, fructification et translocation des nutriments ou mûrissement des fruits, et récolte.

Les images peuvent aussi servir à étudier des processus de moyen et long terme. Les analyses de la dégradation des forêts et des changements d'affectation des terres représentent des exemples majeurs d'application de cette approche. Il est en effet possible de comparer des images issues d'années différentes. Ces images doivent être prises à la même période de l'année, de façon à réduire au maximum l'expression de variables telles que la qualité de la lumière, la géométrie de l'observation et, dans le cas d'écosystèmes végétaux, les différences de comportement d'une communauté au cours de l'année (Singh, 1986; Mouat *et al.*, cité par Chuvieco, 1998).

Ces deux approches sont phénologiques. La phénologie est l'étude de la séquence des événements du cycle de vie des végétaux et des animaux, notamment en rapport avec les changements de saison et de climat. Dans le cas des cultures annuelles, l'observation des changements sur les images est relativement aisée. Les changements de réflectance de la lumière au cours de la croissance sont évidents et se produisent sur de brèves durées. Dans le cas des écosystèmes forestiers, les processus naturels, et les approches visant à les observer, sont prolongés. Le comportement d'un individu s'étend sur une longue période (de 5 à 25 ans), et la même règle s'applique aux plantations forestières qualifiées d'«écosystèmes

purs» (à savoir constituées de peuplements équiennes). Durant ce temps, on peut distinguer les phases allant de la plantation, de l'établissement des plants et de la croissance active jusqu'à celle de la maturité commerciale, au sein desquelles s'inscrit la dynamique plus complexe constituée par la floraison, la fructification, les mutations de feuilles et de branches et l'épaississement des troncs, au cours d'un processus constant de changement de la matière vivante présente au-dessus du sol, ou biomasse aérienne.

L'observation des processus phénologiques est plus compliquée dans un peuplement primaire ou naturel comprenant des individus d'âges et espèces différentes, où chaque exemplaire a son propre rythme ou comportement phénologique – floraison, fructification, perte de feuilles et de branches et repousse –, et sa stratégie de survie en termes de compétition pour la lumière, les nutriments et l'eau.

NDVI et phénologie

Il existe diverses méthodes permettant d'étudier les changements saisonniers de végétation à travers des images satellite, l'une d'entre elles consistant à appliquer des indices de végétation associés à l'intensité de vert (Chuvieco, 1998). Le NDVI est une mesure du bilan entre l'énergie reçue et l'énergie émise par les objets sur la Terre. Lorsqu'il est appliqué à des communautés végétales, cet indice établit une valeur mesurant

l'intensité de vert d'une zone donnée, c'est-à-dire indiquant la masse de végétation présente dans celle-ci, ainsi que son état de santé ou sa vigueur de croissance. Le NDVI est un indice sans dimension, aussi sa valeur est-elle comprise entre -1 et +1.

Dans la pratique, les valeurs situées en dessous de 0,1 correspondent aux étendues d'eau et aux sols nus, tandis que les valeurs plus élevées indiquent une forte activité de photosynthèse, propre aux terres arbustives, aux forêts tempérées, aux forêts humides et aux terres agricoles.

L'ÉTUDE

Contexte, séries de données

S'appuyant sur l'imagerie par téledétection et les enquêtes de terrain, l'étude visait à établir une relation entre le NDVI et la biomasse aérienne. Tout d'abord, des images devaient être recueillies. Ensuite, il fallait établir les valeurs du NDVI grâce à l'analyse de ces images. Puis ces valeurs devaient être appliquées à diverses formations végétales, à la fois pour valider la méthode et pour établir un scénario de référence pour les observations. Des observations ont ainsi été effectuées au cours du temps. Enfin, le NDVI a pu être corrélé à la biomasse aérienne – un indicateur de la santé des forêts –, au moyen de données de terrain. Cela a permis d'établir la validité de la méthode pour le suivi des forêts.

L'étude s'est concentrée sur le Mexique, dont les terres émergées s'élèvent à

TABLEAU 1. Classification des observations de terrain menées entre 2004 et 2007 et utilisées pour l'analyse du NDVI

Communauté végétale	Désignation de l'Institut national de statistiques et de géographie	Nombre de sites
Forêt de chêne vert	Chêne vert et chêne vert-pin	20 139
Forêt de pin	Pin, sapin, genévrier, cyprès, genévrier et pin-chêne vert avec prédominance de pin	6 276
Désert et dune	Terrain broussailleux désertique microphyllé	199
Mangrove	<i>Rhizophora</i> spp.	980
Terrain broussailleux	Divers types de terres broussailleuses	10 945
Forêt mésophile	Forêt de montagne très humide	1 526
Terres de parcours	Parcours naturels – présence de sodium et de craie	235
Forêt humide de haute et moyenne altitude	Forêt humide de haute et moyenne altitude (décidue ou persistante)	16 976
Forêt humide de basses-terres	Forêt humide de basses-terres (décidue ou persistante)	6 470
Joncs	<i>Thyphus</i> spp.	190
Sans couvert végétal	Sans couvert végétal	1 229

1 NDVI moyen par mois, pour les catégories de végétation établies

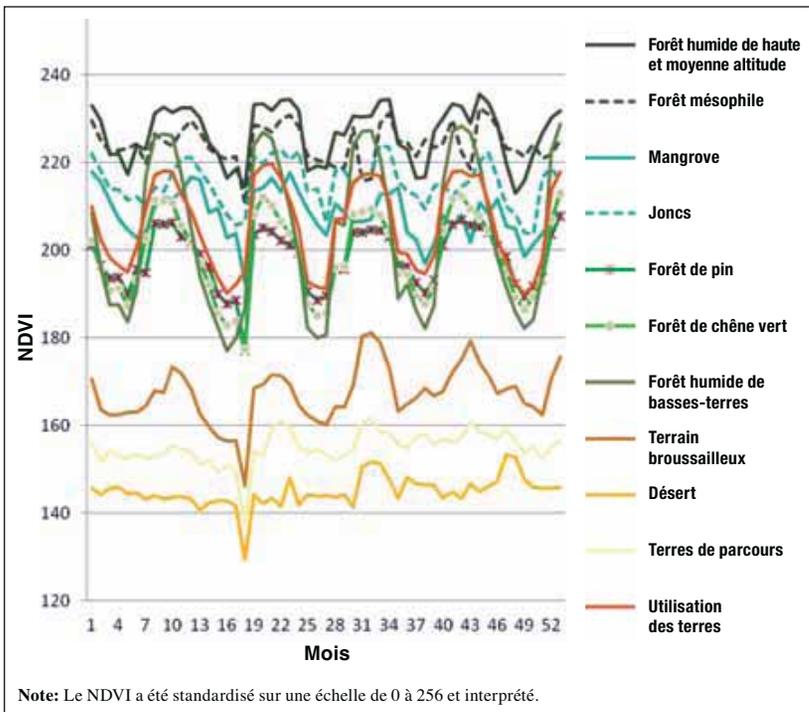
presque 2 millions de kilomètres carrés. Du fait de sa situation et de son relief particuliers, le pays présente une grande diversité d'écosystèmes et de zones écologiques, allant des zones tropicales aux zones tempérées. Les données utilisées pour l'étude comprenaient aussi bien des images satellite que des informations issues d'inventaires. Les images ont été obtenues grâce au spectroradiomètre imageur à résolution modérée (MODIS), un capteur présent à bord de deux satellites lancés par l'Administration nationale pour l'aéronautique et l'espace (NASA) des États-Unis d'Amérique, et qui est conçu pour fournir des mesures des dynamiques globales à grande échelle.

L'inventaire national des forêts et des sols (INFyS) du Mexique, entretenu par la Commission nationale des forêts (CONAFOR), a fourni les informations de base et les données de terrain pour les estimations. Les données de l'INFyS ont été collectées durant la période 2004-2007 et ont été mises à jour en 2008-2009.

Établir les valeurs du NDVI

En vue d'établir le comportement phénologique des écosystèmes boisés, on a analysé des composites d'images MODIS obtenues lors de mois non nuageux, avec une résolution spatiale de 500 m. Ces images ont été traitées par l'institut d'études informatiques avancées du Maryland – Institute for Advanced Computer Studies – (États-Unis d'Amérique). Cinquante-trois images composites, correspondant à 30 jours s'étalant entre le 16 novembre 2000 et le 13 août 2005, ont été examinées. Les valeurs du NDVI ont été calculées pour ces images.

Ensuite, il a fallu corrélérer les valeurs du NDVI aux types de végétation présents sur les divers sites. Les données issues de l'INFyS ont été obtenues à partir d'un échantillonnage stratifié systématique couvrant tous les écosystèmes du pays. Le type de communauté végétale assigné à une zone donnée indiquait la végétation la plus fréquemment observée sur le terrain pour chacun des sites étudiés. Les étiquettes employées pour cet



exercice se sont appuyées sur le système de classement de la carte de l'utilisation des terres et de la végétation adopté par l'Institut national de statistiques et de géographie mexicain dans sa Série II (INEGI, 2000). Au total, 65 165 sites ont été observés, comme on le voit dans le tableau 1.

Les sites étudiés ont été superposés sur la série de 53 images élaborées à partir des images composites MODIS mensuelles. Une valeur moyenne du NDVI a été calculée pour chaque mois et pour chaque type de communauté végétale, en vue d'en évaluer le comportement au cours de l'année.

Observations

Les valeurs de NDVI les plus élevées correspondent aux forêts humides de haute et moyenne altitude et aux forêts de montagne mésophiles, qui sont demeurées au-dessus du seuil de référence en terme d'intensité de vert tout au long de l'année (figure 1). Ce seuil a une valeur approximative de 190 (voir la note de la figure 1 relative aux valeurs du NDVI), et peut être associé à un écosystème à végétation persistante ou être employé pour distinguer les forêts des autres terres boisées.

Une tendance sinusoidale ou un comportement annuel cyclique constituent

une réponse classique à un cycle régulier de précipitations et de stockage de l'eau dans le sol. Les valeurs minimums du NDVI se situent entre février et avril chaque année, et correspondent à la période la plus sèche. Les valeurs maximums du NDVI se situent entre juillet et août, à savoir les mois où les précipitations sont les plus importantes. On observe aussi d'autres types de variations, dans la mesure où les dates de la saison des pluies varient selon la latitude et que le Mexique s'étend sur une distance considérable du nord au sud.

Les oscillations extrêmes montrent que les forêts humides de basses-terres ont le cycle de variation le plus accentué. À l'instar des forêts de chêne vert et des forêts de pin, leurs valeurs sont en dessous du seuil de référence de 190 entre février et mai au cours des années examinées. Les baisses de valeur du NDVI se produisent parce que le niveau d'intensité de vert correspondant à ces périodes est faible, du fait de la tombée ou du changement de couleur des feuilles.

Le lecteur doit garder à l'esprit que la valeur affichée est la réponse combinée de l'écosystème tout entier (sols et herbages, arbustes et couches d'arbres). Aussi peut-il arriver que durant cette période, à cause du stress hydrique

2 Comportement annuel du NDVI en saison sèche pour divers types d'écosystèmes

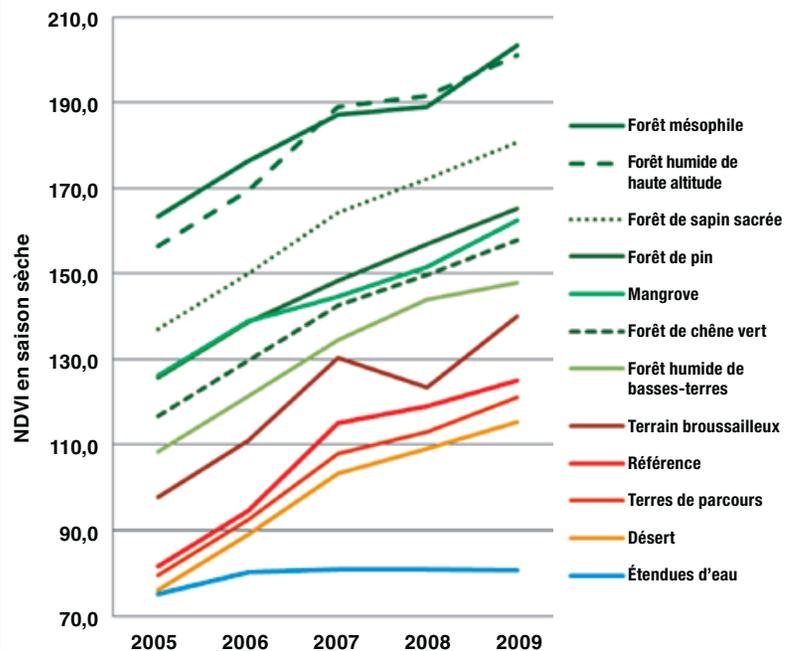
saisonnier, une partie des couches herbues s'assèche complètement dans ces forêts.

Les communautés végétales ayant les valeurs de NDVI les plus faibles sont les déserts, où les feuilles sont très clairsemées, suivis par les terres de parcours et les terrains broussailleux. Ces communautés ne présentent pas de tendance sinusoïdale, leur réponse apparaissant plutôt comme celle d'une région aux précipitations irrégulières. L'analyse des processus de dégradation dans ces formations est rendue plus compliquée par une telle fluctuation.

Les écosystèmes de mangrove et de joncs affichent un comportement extrêmement complexe en termes de valeurs du NDVI. Si ces dernières sont toujours au-dessus de la valeur de référence, elles ne suivent pas de schéma régulier, avec des pics clairement définis. Ces valeurs sont très fortement affectées par les fluctuations des niveaux hydriques.

L'échantillon comprenait une série de sites classés comme «utilisation des terres», une formulation qui correspond pour l'essentiel à une présence de l'agriculture. Ces zones montrent un comportement sinusoïdal légèrement plus étroit que celui des forêts humides de basses-terres. Les valeurs moyennes du NDVI de ces zones ne tombent jamais en dessous du seuil de référence. Ces valeurs constamment «vertes» sont difficiles à expliquer si l'on a affaire à des cultures annuelles et à une agriculture mécanisée; on pourrait en effet s'attendre à ce que, durant la période de préparation des sols, les valeurs soient proches de celles des sols nus. Le phénomène peut probablement être attribué au fait que ces terres sont cultivées sans qu'il y ait recours à aucun type de mécanisation.

L'exercice reflète le fait que, lorsque l'on mène une analyse multi-temporelle des processus, une considération importante concerne les dates auxquelles les images satellite sont prises. Il est essentiel de comparer des images correspondant aux mêmes dates, dans la mesure où la vigueur de croissance varie selon



Note: Le NDVI a été standardisé sur une échelle de 0 à 256 et interprété.

les divers mois de l'année, et que l'on observe des différences marquées entre saison sèche et saison des pluies – y compris dans les peuplements à végétation persistante.

Ce type d'analyse est en mesure de montrer les changements naturels advenant dans la végétation au cours d'une période donnée. Pour pouvoir l'appliquer à un propos tel que le suivi de la dégradation des forêts, il est nécessaire de séparer les fluctuations de l'intensité de vert résultant des oscillations naturelles de la végétation de celles causées par d'autres processus.

Le NDVI d'une année sur l'autre

L'étape suivante consistait à établir le comportement annuel du NDVI pour les diverses zones de végétation. La saison sèche a été choisie à cet effet, parce que la couverture nuageuse susceptible d'affecter les images MODIS y est moins importante et parce que les terres arables sont en générales nues, et se distinguent donc nettement durant cette période.

Un composite d'images MODIS a été élaboré avec une résolution spatiale de 250 m, en utilisant des images obtenues chaque année entre le 15 février et le 15 avril, durant la saison sèche. Les valeurs moyennes du NDVI ont été

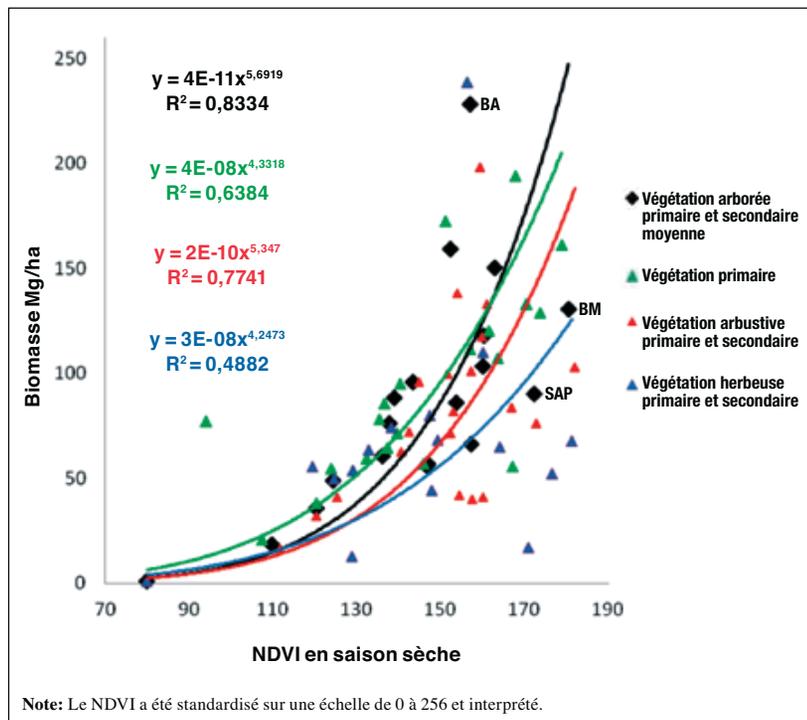
calculées pour cette période. Les points observés lors du tour précédent de l'étude ont été superposés, et le comportement moyen calculé pour chaque type de communauté végétale (figure 2).

On observe un schéma bien défini, lié au contenu de la biomasse des divers écosystèmes. Dans tous les types de végétation, on constate une augmentation presque constante du NDVI durant la période étudiée. Les exceptions concernent la forêt de montagne mésophile, la forêt humide de haute et moyenne altitude et les terrains broussailleux, qui ne présentent quasiment pas de fluctuation entre les saisons 2007 et 2008.

Liens avec la biomasse aérienne

La biomasse aérienne a été choisie comme indicateur des fonctions de la forêt, destiné à être comparé avec le comportement du NDVI. Une forêt peut en effet voir son couvert se modifier sans que cela représente nécessairement une perte par rapport à sa condition d'origine, tandis qu'un changement structurel négatif, susceptible d'affaiblir sa capacité de fournir des services et des produits, peut être considéré comme une forme de dégradation.

Vingt-cinq mille points ont été mesurés sur le terrain pour établir un inventaire. Chaque point de mesure, ou placette,



3
Comparaison entre le NDVI en saison sèche et le volume de la biomasse aérienne par type de communauté végétale

les 1 305 307 arbres observés, 1 230 127 individus ont été pris en considération (voir la figure 4; ECOSUR, 2009). Les 16 842 placettes ont été superposées aux images de NDVI et ont été classées à la fois selon le type de communauté végétale et selon la condition (primaire, primaire avec végétation arborée secondaire, et primaire avec végétation arbustive secondaire) (figure 3).

La relation entre la biomasse aérienne et le NDVI présente un comportement exponentiel, dû à la valeur du NDVI des étendues d'eau, pour lesquelles on suppose une biomasse aérienne égale à 0. Les valeurs les plus élevées en termes de biomasse correspondent à la forêt de sapin (BA), tandis que les valeurs du NDVI les plus élevées correspondent à la forêt de montagne mésophile (BM), suivie par la forêt humide de haute altitude (SAP). Pour estimer la biomasse aérienne des deux dernières formations, les équations générales suggérées dans les *Recommandations en matière de bonnes pratiques pour l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie* du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) ont été utilisées (GIEC, 2003). La relation d'ensemble affiche un coefficient de corrélation (R^2) de 0,8334.

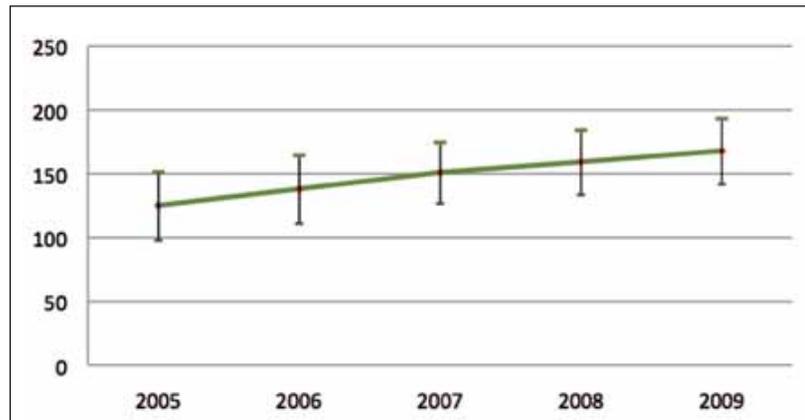
Il convient de remarquer que la morphologie des forêts humides et des forêts de montagne mésophiles diffère radicalement de la morphologie des forêts de conifères, et que ces forêts sont donc

comprenait quatre sites, ou sous-placettes. Sur chaque site, les mesures des variables ont été prises pour tous les arbres ayant un diamètre à hauteur de poitrine (dhp) supérieur à 7,5 cm. Ces variables comprenaient entre autres le nombre d'arbres, le nombre d'espèces, le nombre d'arbres vivants, le nombre de souches, la hauteur totale des arbres, la hauteur marchande, la hauteur libre, le diamètre à hauteur de poitrine et le diamètre du houppier et des surfaces terrières, ainsi que 21 autres variables quantitatives et quelque 45 variables qualitatives, liées par exemple à la régénération de la forêt, aux conditions des impacts, à l'état du sol de surface et de l'humus, et à l'utilisation des ressources (CONAFOR, 2011).

Le volume de la biomasse aérienne a été estimé – en tonnes par hectare – pour 16 842 placettes, mesurées sur le terrain pour l'établissement de l'inventaire national (ECOSUR, 2009). Des équations de biomasse ont été établies pour chaque écosystème, en s'appuyant sur la documentation existante. La plupart des équations ont été conçues à partir de matériel reflétant une perspective

commerciale, et ont trait aux écosystèmes de conifères et feuillus des régions tempérées.

Des équations allométriques ont été développées pour 120 des presque 3 000 espèces répertoriées dans l'INFyS. La plupart des modèles utilisent le diamètre à hauteur de poitrine et la hauteur en tant que variables indépendantes. Les informations issues de la mesure de la repousse n'ont pas été utilisées pour estimer la biomasse, les espèces de succulents de zone aride ont été omises, et certaines communautés (*Thalia*, savanes, joncs, palmiers, mangroves et certaines forêts humides) n'ont fait l'objet d'aucune équation évaluant la biomasse ou le volume de bois. Sur



4
Comportement général du NDVI, 2005-2009, d'après les échantillons à nouveau mesurés en 2009

sous-estimées dans le modèle. Cependant, le modèle produit par ailleurs un effet de «surestimation», dans la mesure où seuls les arbres ayant un diamètre à hauteur de poitrine supérieur à 7,5 cm sont pris en compte dans l'estimation de la biomasse, tandis que les mesures du NDVI par satellite considèrent l'ensemble de la réponse de l'écosystème (couches arborées, arbustives et herbeuses).

La figure 3 montre un déclin de la relation entre biomasse aérienne et NDVI, selon la condition ou les états successifs. Cette tendance indique que, dans une communauté végétale donnée, il y a plus de biomasse aérienne dans les écosystèmes primaires que dans ceux qui sont affectés par des perturbations.

SUIVI

Une initiative a été lancée en vue d'effectuer de nouvelles mesures sur les sites visités lors du premier tour. Les sites ont été revus en 2009 et le seront à nouveau en 2012. Ainsi, les informations sur la

croissance et l'évolution des fonctions des forêts continuent et continueront à être disponibles pour 20 pour cent des 25 000 placettes établies. Des informations sur les sols, les feux et la santé des forêts peuvent être estimées (interrogation de la base de données INFyS, 2010).

Lors de la première opération de mise à jour des mesures, on a pris en compte les valeurs du NDVI correspondant aux mesures de terrain de l'INFyS de 2009, et analysé aussi bien les points ayant subi quelque perturbation que ceux n'en ayant pas souffert.

Sur les 3 533 placettes mesurées en 2009, 3 486 indiquaient une augmentation du NDVI en regard de la mesure initiale. Le comportement général du NDVI est montré à la figure 4. Le comportement de catégories spécifiques de végétation a aussi été analysé.

L'encadré – de même que le tableau, la figure et les photographies qui l'illustrent – présente les données de l'un des points du groupe – la placette

56 890 – Campeche. Ce point faisait partie de ceux pris au hasard en vue de montrer en même temps la situation lors de la première et de la seconde mesure de terrain, et la manière dont le NDVI peut varier. Plus loin (figure 5), sont présentés les résultats pour un groupe – les terres sans couvert végétal. Il faudrait tenir compte du fait que les points mesurés sur le terrain ne permettent d'évaluer que 1 600 m² et ne sont représentatifs que de 1 hectare, alors que l'ensemble de la zone des pixels est de 6,25 hectares.

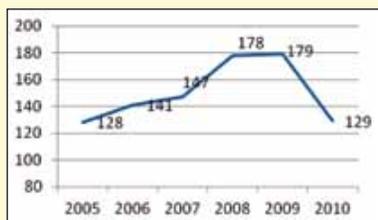
Sur les 3 533 placettes mesurées en 2009, 47 ont affiché une réduction du NDVI.

Dans l'échantillonnage de 2009, les placettes dont il a été reporté qu'elles étaient sans couvert végétal étaient au nombre de 258 (figure 5).

Au sein de ce groupe, quatre catégories ont été identifiées:

- 129 placettes n'ont pas été visitées lors du premier tour car elles

Suivi: placette 56 890 – Campeche



Comportement du NDVI, 2005-2010, placette 56 890

La placette 56 890 constituait un cas intéressant. Le NDVI en saison sèche, observé jusqu'en avril 2009, montrait que la placette avait récemment brûlé. Le comportement du NDVI sur quelques années a pu être identifié (figure), mais une analyse plus approfondie devra être effectuée.

En août 2005, la placette consistait en une forêt humide de moyenne altitude à feuilles quasi persistantes, et 192 arbres avaient été mesurés (photo de gauche). L'observation de 2009 montre une absence de couvert végétal et 0 individus (photo de droite, tableau).

Résultats d'enquête, placette 56 890 – Campeche

Visite	Nombre d'arbres	Dhp cm	Diamètre du houppier m	Couvert %	Hauteur totale m	Souches
09/08/2005	192	11,82	2,51	60,1	8,98	0
17/04/2009	0	0	0	0	0	0





5

semblaient tomber dans la catégorie «utilisation des terres», ce qui avait été validé par l'interprétation des images; aucune réduction du NDVI n'a été relevée pour aucun de ces cas (points verts sur la carte).

- 53 placettes correspondaient à la catégorie «sans couvert végétal» en 2004-2007 et demeuraient telles en 2009; aucune réduction du NDVI n'a été relevée pour aucun de ces cas (points jaunes sur la carte).
- 61 placettes ont été étiquetées de façon incorrecte en 2004-2007. En effet, la présence de forêt avait été signalée, alors qu'un nouvel examen des photos et des données a permis d'indiquer que ces placettes étaient en réalité «sans couvert végétal»; aucune réduction du NDVI n'a été relevée pour aucun de ces cas (points rouges sur la carte).
- Pour 14 placettes, l'observation de 2004-2007 présentait un couvert végétal correspondant à quelque type de forêt, tandis que l'observation de 2009 montrait qu'elles étaient dénuées de couvert végétal (points bleus sur la carte).

CONCLUSIONS

Il existe certes des limites à l'utilisation du NDVI comme mesure de la dégradation des forêts, mais aussi des aires de perfectionnement possible. Dans la mesure où la phénologie joue un rôle important dans l'analyse des processus de changement, les dates des images MODIS employées pour évaluer ces processus doivent être sélectionnées très soigneusement. En matière de traitement des images, il convient de s'appliquer à éliminer les nuages, les ombres projetées par les nuages, les ombres créées par la topographie et les valeurs de saturation dans les nombres dues à la géométrie de l'observation du satellite ou à la présence d'eau sur les feuilles des arbres.

Les modèles de régression peuvent également être améliorés. L'un des moyens est de comparer deux mesures temporelles d'un point particulier de l'INFyS. Un autre moyen consiste à prendre en compte des facteurs tels que la repousse. L'INFyS contient d'autres variables mesurables, comme les arbres morts sur pied et les souches – qui permettraient une meilleure compréhension

Placettes signalées comme étant «sans couvert végétal» dans l'enquête de 2009, par cas

de la dynamique de la forêt à chacun des points observés – ou, dans les formations de conifères, l'âge de la population examinée. La plupart des équations allométriques visant à estimer la biomasse aérienne s'appuient uniquement sur la taille de l'individu et le diamètre à hauteur de poitrine, tandis que des aspects tels que la couverture arborescente, le diamètre des branches et la surface terrière ne sont pas pris en compte. Au fur et à mesure que les estimations de la biomasse dans la forêt de montagne mésophile et les écosystèmes forestiers humides s'affineront, la méthode se révélera plus représentative du changement.

Il faudrait prêter attention à d'autres aspects tels que les anomalies climatiques ayant un impact majeur sur la vigueur de croissance. Par exemple, les années «humides» associées à des phénomènes tels que la Niña/el Niño conduiront à une augmentation du NDVI, tandis que les années «sèches»

généreront de très faibles valeurs de l'indicateur de changement.

Malgré les limites inhérentes à l'imagerie, notamment la résolution des images, et les limites de l'estimation de la biomasse aérienne, le modèle de régression de 0,83 est très satisfaisant. Les images générées par le capteur MODIS conviennent à l'analyse des changements résultant de la dégradation, lorsque l'impact a été suffisamment important pour se refléter dans la radiométrie, et donc dans le NDVI. Le NDVI a un comportement anticipé et peut par conséquent être utilisé comme indicateur. ◆



Références

- Chuvieco, E.** 1998. El factor temporal en teledetección: evolución fenomenológica y análisis de cambios. *Revista de Teledetección*, 10: 1–9.
- CONAFOR.** 2011. *Preliminary report of the National Forest and Soil Inventory, 2004–2009*. Zapopan, Mexique, Commission des forêts nationale.
- ECOSUR.** 2009. *Estimation of biomass for FRA 2010 tables*. Villahermosa, Mexique, Colegio de la Frontera Sur.
- GIEC.** 2003. *Recommandations en matière de bonnes pratiques pour l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie*. Hayama, Japon, Institut des stratégies environnementales mondiales (IGES) pour le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (disponible aussi sur: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_languages.html).
- INEGI.** 2000. *Land use and vegetation chart*. Aguascalientes, Mexique, Institut national de statistiques et de géographie.
- OIBT.** 2002. *Directives OIBT pour la restauration, l'aménagement et la réhabilitation des forêts tropicales dégradées et secondaires*. Série Développement de politiques OIBT n° 13. Yokohama, Japon, Organisation internationale des bois tropicaux (disponible aussi sur www.itto.int/policypapers_guidelines/).
- Singh, A.** 1986. Change detection in the tropical forest environment of northeastern India using Landsat. In: M.J. Eden et J.T. Parry, édés. *Remote sensing and tropical land management*, pp. 237–254. Chichester, John Wiley. ◆

Carte des opportunités de restauration du paysage forestier

L. Laestadius, S. Maginnis, S. Minnemeyer, P. Potapov, C. Saint-Laurent et N. Sizer

Plus de deux milliards d'hectares de paysages déboisés et dégradés de la planète pourraient potentiellement être restaurés – une immense opportunité pour réduire la pauvreté, augmenter la sécurité alimentaire, atténuer les effets du changement climatique et protéger l'environnement.

Lars Laestadius est Chercheur associé principal, Institut des ressources mondiales, Washington, D.C., États-Unis d'Amérique. **Stewart Maginnis** est Directeur du Groupe environnement et développement, Union internationale pour la conservation de la nature, Gland, Suisse. **Susan Minnemeyer** est Chef du Système d'information géographique, Institut des ressources mondiales. **Peter Potapov** est Professeur associé chercheur, Université du Maryland, College Park, Maryland, États-Unis d'Amérique. **Carole Saint-Laurent** est Conseiller principal sur les politiques et partenariats forestiers, Union internationale pour la conservation de la nature, et Coordonnatrice du Partenariat mondial sur la restauration des paysages forestiers, Gland, Suisse. **Nigel Sizer** est Directeur de l'Initiative mondiale sur les forêts, Institut des ressources mondiales.

La réponse habituelle à la perte de couvert forestier a souvent consisté à planter à une échelle industrielle un nombre restreint d'espèces. De fait, les forêts plantées représentent aujourd'hui jusqu'à 7 pour cent de la superficie forestière mondiale, et fournissent plus de 40 pour cent de l'approvisionnement global en bois et fibres industriels (FAO, 2010).

Cependant, de nombreuses forêts plantées ne sont pas en mesure de fournir la vaste gamme de biens et services souvent attendus par la société. Aussi, s'appuyant sur des décennies d'expériences et d'observations de terrain, le concept de *restauration du paysage forestier* a-t-il été introduit il y a une dizaine d'années. La restauration du paysage forestier est un cadre intégrateur qui peut et devrait être appliqué à un large éventail d'utilisations des terres, en vue de garantir que les fonctions clés des écosystèmes et les conditions pour répondre aux exigences sociales soient maintenues, sinon renforcées.

Il est important de noter qu'il ne s'agit pas d'un retour à une vision passée de l'utilisation des terres mais de s'assurer que les générations présentes et futures pourront bénéficier des principaux biens et services écosystémiques, et seront effectivement en mesure d'affronter les incertitudes liées aux changements climatiques, économiques et sociaux.

La restauration du paysage forestier consiste à remettre en état la fonctionnalité et la productivité des terres et forêts dégradées. Dans les paysages agricoles, les arbres sont en effet susceptibles de favoriser la production alimentaire et d'accroître la résilience des terres. Les terres restaurées permettent d'approvisionner en eau propre, de réduire l'érosion et de fournir un habitat aux animaux sauvages. Les forêts et les arbres atténuent les effets du changement climatique car ils contribuent au piégeage du carbone.



Opportunités de restauration

L'expérience montre que la restauration est possible. En Amérique du Nord et en Europe, de vastes superficies auparavant déboisées sont à nouveau peuplées d'arbres. Le Costa Rica et la République de Corée, entre autres pays, se sont engagés dans des stratégies de restauration forestière réussies. Les interventions de restauration en Chine, au Niger et en République-Unie de Tanzanie ont conduit à ralentir la désertification, à restaurer des terrains boisés, et à améliorer de ce fait de manière spectaculaire les moyens d'existence des populations et la santé écologique. L'extension rapide des systèmes agroforestiers dans de nombreuses parties du monde s'est traduite par une hausse de la productivité des cultures et de l'élevage.

La plupart des pays confrontés à une perte et à une dégradation de leurs forêts disposent d'opportunités pour les restaurer, mais celles-ci sont souvent négligées. Le Partenariat mondial sur la restauration des paysages forestiers a ainsi demandé à un ensemble d'organisations conduites par l'Institut des ressources mondiales de cartographier ces opportunités au niveau planétaire (figure; Minnemeyer *et al.*, 2011).

Méthode

L'étendue *potentielle* des forêts et terres boisées a été prise comme point de départ de l'étude, plutôt que leur étendue actuelle effective. Au-delà de la raison évidente que les forêts sont susceptibles de s'accroître dans ces zones, l'étendue potentielle est une référence utile pour évaluer les changements du couvert forestier. Trois catégories de forêts ont été distinguées: les forêts fermées (couvert arboré supérieur à 45 pour cent), les forêts ouvertes (couvert arboré entre 25 et 45 pour cent) et les terres boisées (couvert arboré entre 10 et 25 pour cent). Les zones ayant un couvert arboré inférieur ont été considérées comme des zones naturellement non forestières ou comme des zones qui, n'appartenant à aucune des catégories ci-dessus, ont été converties à d'autres utilisations des terres.

Seules les informations pré-existantes ont été utilisées. Les

Terres où il existe des opportunités de restaurer les forêts et les paysages. Les forêts ne nécessitant pas de restauration et les terres de cultures auparavant occupées par des forêts ne sont pas montrées

définitions et les données ne sont pas spécifiques à des pays particuliers.

Tout d'abord, nous avons cartographié les lieux qui seraient susceptibles de contenir des forêts et des terres boisées si les sols et le climat étaient les seuls facteurs limitants, en d'autres termes s'ils n'étaient soumis à aucune influence humaine. Bien que les arbres y jouent un rôle important, les zones arides telles que le Sahel n'ont pas été incluses, en raison de leur très faible potentiel forestier.

Ensuite, nous avons cartographié l'étendue actuelle des forêts et terres boisées. Les cartes ont été dérivées d'images satellitaires mondiales avec une résolution de 250 m.

Nous avons alors identifié les opportunités de restauration en comparant les cartes de l'étendue forestière potentielle avec celles de l'étendue forestière réelle, à la lueur d'informations sur l'utilisation des terres actuelle. Les terres cultivables situées sur d'anciennes zones forestières, les paysages forestiers intacts et les terres boisées et les forêts naturelles gérées ont été considérés comme non restaurables (bien que cela ne soit pas toujours vrai).

Puis nous avons pris en compte les facteurs qui limitent la restauration en cartographiant la pression anthropique, entendue comme une combinaison de la densité de la population et de l'utilisation des terres. Les opportunités de restauration dans les zones reculées non peuplées ont aussi été identifiées.

Enfin, les terres forestières déboisées et dégradées ont été divisées en quatre catégories, qui ont donné lieu à une carte présentant les zones restaurables et les anciennes zones forestières:

- **Restauration à grande échelle** – Densité inférieure à 10 habitants par km², et potentiel pour supporter une forêt fermée.
- **Restauration de mosaïques forestières** – Pression anthropique modérée (entre 10 et 100 habitants par km²). Restauration impliquant personnes, arbres et cultures (création de parcs agroforestiers, de petites et nombreuses parcelles boisées, de jachères agricoles et de forêts secondaires améliorées, et de haies et plantations en bandes fractionnées ou le long des cours d'eau).
- **Opportunités de restauration dans les zones reculées** – Pression anthropique très faible (moins de 1 habitant par km², dans un rayon de 500 km). Il se peut que la restauration ne soit pas praticable dans ces zones.
- **Terrains agricoles et urbains** – Anciennes terres forestières converties dotées

d'une forte pression anthropique (plus de 100 habitants par km²), terres de cultures et zones urbaines.

Résultats

Plus de deux milliards d'hectares dans le monde offrent des opportunités de restauration forestière. La plupart se trouvent dans les zones tropicales et tempérées. Un milliard et demi d'hectares sont davantage adaptés à une restauration par mosaïques, et 500 autres millions à une restauration à grande échelle de forêts fermées. Ces résultats doivent toutefois être interprétés avec précaution. La carte s'appuie sur des simplifications significatives, et les informations sous-jacentes sont grossières et incomplètes, voire inexactes, sauf en ce qui concerne le couvert forestier, l'utilisation des terres, la densité de la population et certains autres facteurs. Cependant, de nombreux facteurs importants, tels que le régime foncier et la dynamique de l'utilisation des terres, n'ont pas pu être pris en considération en raison de l'absence de données.

La carte montre les paysages porteurs d'opportunités de restauration, et non la localisation de sites spécifiques. De nombreux aspects du paysage ne sont pas visibles au niveau de résolution spatiale de la carte (1 x 1 km), et les situations locales n'ont pas pu être prises en compte. Les données n'ont par ailleurs pas été validées sur le terrain.

La carte montre la localisation des terres offrant des opportunités de restauration, mais elle ne prescrit aucun type d'intervention. Son propos est de fournir une base mondiale au processus de décision politique en matière forestière, et elle devrait être complétée par des études au niveau régional et national, où des informations plus détaillées sont à la fois nécessaires et disponibles.

Conclusions

La plupart des pays ont subi une perte ou une dégradation de leur couvert forestier. Des opportunités de restauration existent sur tous les continents, et elles sont considérables en termes de superficie, bien que l'estimation de leur étendue potentielle soit grossière.

L'atténuation des effets du changement climatique est l'un des avantages principaux de la restauration, ce qui en fait un complément essentiel des actions visant à endiguer le processus de déforestation et de dégradation des forêts, de même qu'une opportunité d'engagement pour les pays – y

compris ceux dans lesquels le déboisement à éviter est désormais réduit.

La plupart des zones restaurables sont éloignées des lieux actuellement soumis à la déforestation. Le monde ne doit toutefois pas attendre que le déboisement et la dégradation des forêts cessent pour s'engager résolument sur la voie de la restauration.

Le défi de Bonn

Récemment, un objectif mondial de restauration a été proposé. Il consiste à réhabiliter **150 millions d'hectares** de forêts déboisées et dégradées d'ici 2020. La campagne a été lancée en septembre 2011 lors d'une table ronde ministérielle, dans le cadre du «Défi de Bonn sur les forêts, les changements climatiques et la biodiversité», une initiative organisée conjointement par l'Union internationale pour la conservation de la nature et le Ministère de l'environnement allemand, au nom du Partenariat mondial sur la restauration des paysages forestiers. Le Défi de Bonn permet de relier les décisions en matière forestière adoptées par la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et celles de la Convention sur la diversité biologique, qui a fixé pour but de restaurer 15 pour cent des écosystèmes.

Pour plus d'informations, voir: ideastransformlandscapes.org.

Si ce but peut sembler ambitieux, il peut être atteint si l'on double les rythmes actuels de boisement, régénération forestière et expansion des activités sylvo-pastorales et agroforestières. Une telle initiative permettrait de répondre au propos du Défi de Bonn et de convertir en réalité l'objectif d'éliminer les pertes nettes de forêts d'ici la prochaine décennie.



Références

- FAO.** 2010. *Évaluation des ressources forestières mondiales 2010 – Rapport principal*. FAO: Forêts n° 163. Rome (disponible aussi sur www.fao.org/docrep/013/i1757f/i1757f.pdf).
- Minnemeyer, S., Laestadius, L., Sizer, N., Saint-Laurent, C. et Potapov, P.** 2011. *A world of opportunity*. Washington, D.C., Institut des ressources mondiales. Disponible sur: www.wri.org/restoringforests.

Mesure de l'abondance des populations d'animaux sauvages dans les concessions forestières d'Afrique centrale

R. Nasi et N. van Vliet

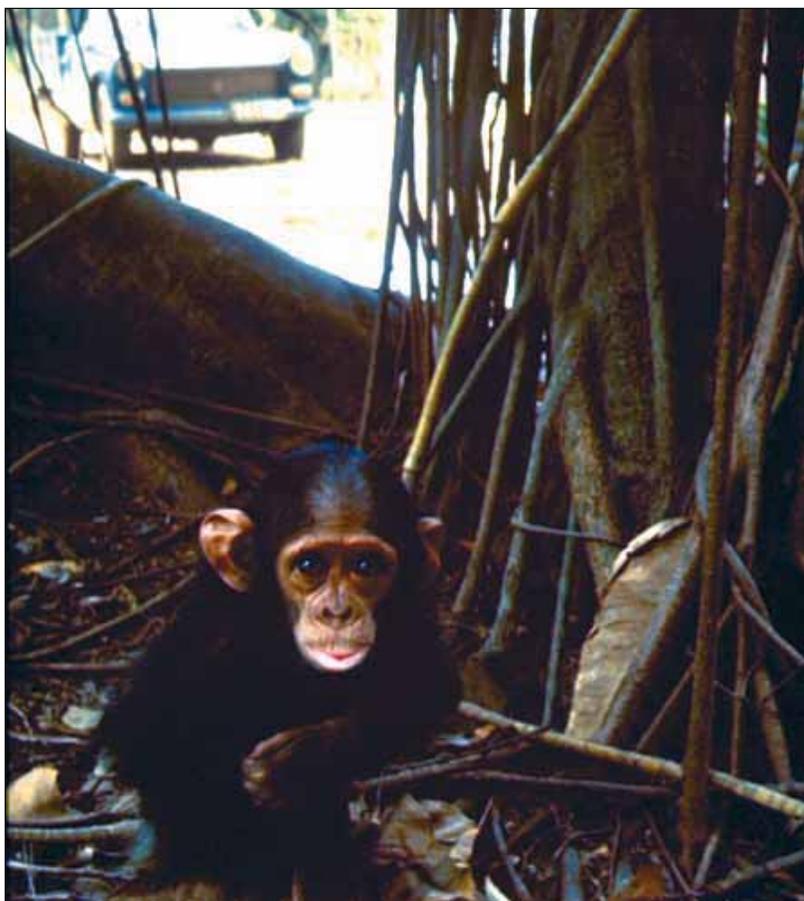
Alors que les concessions de bois en Afrique centrale ouvrent les zones reculées aux activités de chasse, les méthodes de suivi et de mesure des populations de faune sauvage doivent être examinées.

En Afrique centrale, la coupe sélective est l'industrie d'extraction qui implique les superficies les plus importantes, les concessions forestières occupant entre 30 et 45 pour cent des forêts (Nasi, Cassagne et Billand, 2006). La présence d'engins lourds et d'équipes d'abattage a des effets sur la faune sauvage (Johns, 1997; White, 1994; White et Tutin, 2001) car ils provoquent des perturbations et des modifications directes de l'habitat. Le bûchonnage encourage l'accès aux forêts reculées, ouvrant des routes dans des zones auparavant

enclavées, fournissant un contact avec les marchés et accroissant la densité de la population. Les colonies liées aux sociétés, infrastructures et campements forestiers attirent un grand nombre de personnes, notamment les travailleurs, leurs familles et les commerçants, dans des zones auparavant faiblement peuplées (Poulsen *et al.*, 2009). L'accès aux zones éloignées et l'augmentation de la population accroissent les activités de chasse.

La chasse peut à son tour déclencher de nombreux effets, toutefois encore

En Afrique, à peu près la moitié du couvert forestier restant est affectée à l'exploitation de bois. La gestion efficace de la faune sauvage dans les concessions forestières est par conséquent une question essentielle



Robert Nasi est Directeur, Programme de recherche sur les forêts, les arbres et l'agroforesterie du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (CGRAI), Centre pour la recherche forestière internationale (CIFOR), Bogor, Indonésie.
Nathalie van Vliet est Chercheur post-doctorant, Département de géographie et de géologie, Université de Copenhague, Danemark.

Le céphalophe bleu est une importante source de protéines en Afrique centrale. D'après la liste rouge de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), «à mesure que la population humaine s'accroît et s'étend, la distribution et le nombre d'individus de cette espèce, abondante et très résiliente, enregistre un certain déclin»



largement incompris, qui sont susceptibles d'altérer le fonctionnement, la structure et la composition de l'ensemble de l'écosystème. Dans de nombreux cas, ces effets sont relativement simples et faciles à prévoir, en particulier pour les espèces directement visées par les activités de chasse. Cependant, il se peut que la chasse ait aussi des effets indirects, souvent désignés dans la documentation comme «effets en cascade», dans la mesure où plusieurs étapes d'effets consécutifs de cette pratique peuvent se succéder (voir par exemple Wright, 2003). Parmi les divers systèmes dépendant de la présence de la faune et dont les processus peuvent être affectés par la chasse, on trouve notamment la régénération des plantes (perte de pollinisateurs, d'agents de dispersion des semences et de prédateurs des semences), les réseaux trophiques (pertes des prédateurs essentiels ou de leurs proies) et la diversité végétale (changement des modèles d'herbivorie, augmentation des ravageurs) (voir Stoner *et al.*, 2007, pour un passage en revue). À l'instar d'autres activités d'extraction, la chasse est donc susceptible de contribuer à la dégradation des forêts. L'un des effets potentiels extrêmes consisterait en une dégradation menant à un état de défaunation¹ presque totale, dans lequel les forêts deviendraient des «forêts vides» (Redford, 1992).

Si l'impact des activités de coupe et de chasse sur la faune sauvage est bien documenté, le rôle des concessions forestières en tant que «réservoirs de faune sauvage» potentiels, en comparaison des territoires intacts, est lui aussi de plus en plus reconnu (Meijaard *et al.*, 2006; Clark *et al.*, 2009). Alors qu'environ la moitié de la couverture forestière restante

de l'Afrique est affectée à l'exploitation forestière, la gestion de la faune sauvage dans les concessions est devenue critique, en particulier lorsque les activités de chasse font pression dans des zones de plus en plus reculées. Dans la mesure où le gibier est à peu près la seule source de protéines – avec le poisson, les insectes et les vers – pour une large part de la population rurale des tropiques, de même qu'une source essentielle de revenu, les activités de chasse doivent être gérées de sorte qu'elles continuent à fournir des protéines et des revenus à ces dernières, sans pour autant conduire à l'extinction des espèces les plus vulnérables (Nasi *et al.*, 2008).

On ne peut parvenir à gérer les activités de chasse que si des méthodes appropriées de suivi des populations d'animaux sauvages et de la dégradation des forêts en tant qu'impact de la chasse sont disponibles. Cet article présente quelques-unes des leçons tirées de l'expérience passée et d'efforts récents visant à évaluer l'impact de la chasse sur les populations fauniques.

INDICATEURS ET MÉTHODES DE MESURE

Indicateurs

L'abondance et la densité de certaines espèces animales sauvages apparaissent comme les indicateurs directs les plus courants, si ce n'est les plus faciles à utiliser pour mesurer avec quelque précision (voir van Vliet et Nasi, 2008a) la défaunation

en tant qu'impact de la chasse (voir Azevedo-Ramos, de Carvalho et Nasi, 2005, pour un examen des indicateurs de la faune et de l'exploitation forestière). En Afrique centrale, l'abondance et la densité des grands mammifères sont utilisées comme indicateurs de la défaunation des forêts, en particulier celles des primates et des ongulés. Les espèces habituellement choisies, eu égard à leur importance en tant que source de protéines et de revenus pour les populations rurales et urbaines, sont les céphalophes (*Cephalophus* spp.) et les potamochoères (*Potamochoerus porcus*), de même que les singes diurnes.

L'étendue et la distribution spatiale des routes ont été particulièrement utiles pour évaluer la défaunation de manière indirecte (Laurance *et al.*, 2006; van Vliet et Nasi, 2008b). En effet, la répartition des mammifères dans une forêt semble bien plus influencée par les routes et la chasse que par les effets directs de l'exploitation tels que perturbations et modifications de l'habitat (Marshall *et al.*, 2006). La plupart des signes indiquant des activités de chasse sont situés à moins de 3 km des routes forestières, et il existe une étroite corrélation entre les indicateurs relatifs à la chasse et la distance des routes. Parmi les autres indicateurs indirects utilisés pour évaluer l'intensité de la chasse dans les concessions forestières, citons entre autres: les profils de capture des chasseurs, pour lesquels des données relatives

¹ Dans cet article, le terme «défaunation» indique un déclin significatif de la population animale, allant d'une diminution numérique ou d'une réduction de la diversité jusqu'à l'extirpation presque totale de la faune.

aux prélèvements de la chasse sont collectées régulièrement pour un échantillon de chasseurs; l'effort de chasse², qui consiste en une mesure économique de l'effort investi par le chasseur; la consommation de viande de brousse des ménages; et la quantité de gibier commercialisée sur les marchés environnants.

Protocoles d'enquête

Abondance et densité des mammifères

Certaines études ont eu recours à des approches *diachroniques*, à savoir des approches qui supposent de prendre des mesures sur un même site à deux moments différents; l'abondance de mammifères est mesurée avant et après qu'ont eu lieu des activités de coupe, puis les deux séries de données sont comparées. Cependant, dans la plupart des cas, les données relatives à la quantité d'animaux sauvages avant les activités d'exploitation n'étaient pas disponibles. Les chercheurs ont alors favorisé des approches *synchroniques*, à savoir des approches consistant à prendre au même moment des mesures sur des sites différents mais reliés. Ces approches prévoient de comparer les données recueillies sur des sites voisins, dont certains sont soumis à la chasse et d'autres non, en vue d'évaluer l'impact de la chasse.

La méthode la plus couramment utilisée pour estimer l'abondance de mammifères consiste dans les transects linéaires, où les données sont recueillies le long de transects en lignes droites parallèles.

Dans les enquêtes menées par les sociétés d'exploitation forestière pour établir leurs inventaires, les transects de végétation couvrent la concession tout entière et peuvent être utilisés pour étudier la faune sauvage et relever les activités humaines (par exemple, la chasse). En Afrique centrale, l'inventaire qui a été mené sur 30 millions d'hectares en vue de se conformer aux lois forestières nationales (Nasi, Cassagne et Billand, 2006) représente assurément une banque de données inestimable, susceptible d'être utilisée pour évaluer la dégradation des forêts (Mathot et Doucet, 2006; van Vliet et Nasi, 2008b).

Les études effectuées par certains chercheurs utilisent des transects plus petits et plus localisés de 1 à 2 km, et privilégient des sites similaires en termes d'habitat, représentatifs de différents types de zones: zones non exploitées, zones récemment exploitées et zones déjà exploitées depuis un nombre d'années données. Les informations recueillies lors d'enquêtes suivant des transects linéaires conjuguent en général des comptages visuels diurnes, des comptages d'excréments et, dans le cas des primates, des comptages de nids. On parcourt les transects de jour, tôt le matin (entre 6 h 30 et 10 h du matin), à une vitesse moyenne de 1 km par heure, en vue de maximiser les repérages directs. Pour les céphalophes, on a aussi eu recours à la méthode de la gradation du compas forestier (van Vliet *et al.*, 2009) et aux comptages visuels nocturnes (Julve Larrubia, 2005).

Pour obtenir des données sur les densités de mammifères à partir des transects linéaires, on mesure (ou estime) les distances perpendiculaires observées. Ces distances sont analysées au moyen d'un échantillonnage des distances, c'est-à-dire que la mesure de la distance des objets observés à partir de la ligne-transect permet de calculer la probabilité de les observer (Buckland *et al.*, 1993). Cette méthode requiert un nombre minimum de 60 observations directes pour chaque espèce étudiée, ce qui peut constituer une contrainte non négligeable, eu égard au comportement fuyant de nombreux mammifères des forêts tropicales.

Pour les espèces timides et fuyantes, le comptage des boulettes d'excréments s'est souvent révélé plus pratique que les repérages directs, dans la mesure où le nombre d'observations de celles-ci est souvent bien plus élevé. Si l'on dispose pour chaque espèce de données sur les taux de défécation et les taux de dégradation des excréments, les observations d'excréments peuvent aussi être utilisées pour évaluer la densité animale grâce à un échantillonnage des distances. Si le comptage des boulettes d'excréments est une méthode relativement simple, de nombreuses erreurs potentielles lui sont associées. Parfois, certains comptages de groupes d'excréments sont impraticables pour des raisons diverses: taux de défécation variables, utilisation des transects

et des latrines par les animaux, pertes variables d'excréments attaqués par les bousiers (van Vliet, Nasi et Lumaret, 2009), végétation extrêmement dense ou difficultés d'identification des excréments des diverses espèces d'ongulés vivant dans une même zone. Lorsque le nombre d'observations est trop faible, le nombre d'observations par kilomètre, ou indice kilométrique d'abondance (IKA), peut être utilisé pour mesurer l'abondance d'animaux (Mathot et Doucet, 2006). Cet indice simple peut être utilisé pour comparer l'abondance de mammifères entre divers sites ou le long d'une période de suivi sur le long terme.

Au lieu de transects linéaires, certains chercheurs (par exemple, Forboseh, Sunderland et Eno-Nku, 2007; Hart *et al.*, 2008) ont préféré des recensements ou reconnaissances pédestres, dans lesquels l'observateur suit le chemin de moindre résistance à travers la végétation. Ces reconnaissances pédestres peuvent servir à enregistrer les observations diurnes directes d'animaux, les piles d'excréments et les nids. Les données obtenues ne sont pas censées permettre d'estimer les densités mais peuvent facilement être converties en IKA.

À côté des comptages de transects linéaires, il existe d'autres méthodes d'enquête: la capture et la recapture d'animaux au moyen de filets (Dubost, 1980; Koster et Hart, 1988) – suivant cette méthode, les animaux sont capturés, marqués et relâchés; puis, on recapture les animaux et on les compte –; le comptage des rencontres de chasse nettes – à savoir le nombre d'animaux

Piles d'excréments de céphalophes. Pour certaines espèces, compter les boulettes d'excréments peut s'avérer plus pratique que de s'appuyer sur des observations directes



² Par exemple, le nombre de jours de chasse pour un rendement donné, ou le gibier récolté pour un effort de chasse donné (voir Rist *et al.*, 2008).

vus par zone examinée – (Noss, 2000); et le calcul des densités, à partir de la taille de la surface de distribution et de la structure de la population (Feer, 1996). Ces méthodes ont principalement été utilisées pour les céphalophes et des zones relativement petites car elles prennent beaucoup de temps et requièrent en général la présence d'équipes importantes et bien formées. Les approches de capture-recapture utilisant des méthodes d'échantillonnage génétique non envahissantes – par exemple au moyen de poils ou de fèces – et les pièges photographiques – à savoir des appareils automatisés prenant des photos d'animaux sauvages sans intervention humaine – sont actuellement en train d'être testés pour certaines espèces d'Afrique centrale, mais les résultats ne sont pas encore publiés.

Chasse et activités marchandes

Les études s'appuyant sur des données recueillies au niveau des villages ou des ménages utilisent des entretiens semi-structurés réguliers (quotidiens, hebdomadaires ou mensuels) qui visent à évaluer les profils des prélèvements, l'effort de chasse et la consommation de gibier des ménages.

Les données collectées pour établir les profils des prélèvements comprennent la désignation des espèces chassées et leur quantité, les techniques de chasse (fusils ou pièges), le nombre de jours consacrés à la chasse, les quantités de viande de brousse vendue ou consommée et le prix et le poids moyen de chaque animal ou pièce de gibier (par exemple, Wilkie *et al.*, 1998; Tieguhong et Zwolinski, 2009).

En alternative à la mesure des prélèvements de la chasse, il est possible d'utiliser la mesure de l'effort de chasse. Ce dernier peut être quantifié en unités de temps telles que le nombre d'heures (Franzen, 2006), de jours (Peres et Nascimento, 2006) ou de mois (Noss, Oetting et Cuéllar, 2005) consacrés à la chasse. L'effort de chasse peut aussi être mesuré autrement qu'en unités de temps, par exemple selon un indice basé sur la fréquence de la rencontre de signes de

présence de chasseurs (Cullen, Bodmer et Valladares-Padua, 2001), ou selon le nombre de chasseurs opérant dans une zone donnée (Naughton-Treves *et al.*, 2003), ou bien en pièces de matériel d'équipement de chasse, telles que le nombre de filets ou de pièges utilisés par unité de temps. D'autres mesures s'appuient davantage sur l'espace, comme la distance entre les sites de chasse et les lieux d'habitation (Rao *et al.*, 2005) ou le point d'accès humain le plus proche (Hill *et al.*, 1997), ou encore la distance parcourue par le chasseur pendant la chasse elle-même (Sirén, Hambäck et Machoa, 2004).

Lors de l'évaluation de la consommation de gibier par les ménages, on recueille des informations détaillées relatives à la composition du repas principal de la journée (ou des derniers repas), comprenant notamment le prix à l'unité des protéines animales (poisson, viande et gibier), les quantités consommées et, le cas échéant, les espèces de gibier (Starkey, 2004; Poulsen *et al.*, 2009).

La plupart des études utilisant des données recueillies sur les marchés de viande de brousse pour évaluer l'impact des activités de chasse sur la faune sauvage ne se concentrent pas spécifiquement sur les concessions forestières, mais plus généralement sur une zone

de prélèvements à une échelle régionale (Fa *et al.*, 1995; 2004). La zone de chasse est souvent calculée selon la surface totale couverte par tous les sites mentionnés comme étant sources de viande de brousse par les commerçants de gibier, laquelle s'étend habituellement au-delà de la zone de concession forestière. Deux attributs principaux de la dynamique du marché sont mesurés: la quantité et la disponibilité quotidiennes de chaque espèce. Ces mesures s'expriment quantitativement comme l'abondance quotidienne d'une espèce et la disponibilité de chaque espèce sur le marché. Les marchés sont visités régulièrement (de tous les jours à une fois par semaine), et un échantillon de commerçants (ou la totalité d'entre eux, selon la taille du marché) est interrogé pour savoir quelles espèces et quelles quantités ont été vendues, et si la viande commercialisée était fraîche ou fumée.

DISCUSSION

Les transects linéaires offrent la possibilité de mener des enquêtes portant sur de multiples espèces et ont largement été utilisés dans le contexte des concessions forestières. Cependant, dans le cadre d'un suivi régulier, les transects linéaires sont coûteux et requièrent qu'on leur consacre beaucoup de temps.



Potamochoère. La consommation et le marché de la viande de brousse peut être un indicateur de l'impact de la chasse

C. BOUIN/ENRAGE

Les données qui en sont issues sont souvent trop peu abondantes pour permettre de calculer des estimations de densité. Cette contrainte limite l'efficacité des enquêtes employant les transects comme outils de suivi des tendances des populations de faune sauvage. Ces tracés entraînent aussi des impacts environnementaux collatéraux, tels que la dégradation du sous étage et l'utilisation des transects de la part des chasseurs pour y établir leurs filets ou chasser au fusil.

Pour ces raisons, certains chercheurs privilégient aujourd'hui les recensements ou reconnaissances pédestres. S'il s'agit là d'une approche attractive lorsque l'on doit étudier de grandes superficies, dans la mesure où les contraintes logistiques sont moins nombreuses, des recherches complémentaires sont toutefois nécessaires pour évaluer la qualité des données issues de ces reconnaissances pédestres, pour diverses espèces animales et divers types de signes (notamment excréments, nids et observations directes). Des méthodes plus novatrices, telles que les approches de capture-recapture où l'on effectue des échantillonnages non envahissants (Petit et Valiere, 2006) et les pièges photographiques sont susceptibles d'ouvrir des voies nouvelles et efficaces pour mener des enquêtes sur les mammifères sur de vastes surfaces. Ces méthodes sont déjà utilisées dans d'autres contextes pour les espèces tempérées. Au fur et à mesure de leur développement, elles pourraient se révéler prometteuses dans leur application aux espèces tropicales des forêts d'Afrique centrale.

Plutôt que d'essayer d'estimer les valeurs absolues des densités (et les mises en garde méthodologiques afférentes), l'objectif devrait être d'estimer les tendances de l'abondance faunique dans le temps. L'IKA fournit une méthode simple mais efficace à cet égard. De même, les approches consistant à regrouper un ensemble d'avis d'experts locaux sont une manière d'effectuer le suivi de l'abondance faunique (van der Hoeven, de Boer et Prins, 2004). Contrairement aux méthodes classiques, le regroupement d'avis d'experts locaux n'est pas coûteux et garantit une meilleure appropriation locale des résultats.

Les indicateurs indirects du rôle de la chasse dans la défaune des forêts sont

en train de recevoir une attention croissante, quoique non spécifiquement dans le contexte de l'exploitation forestière. La documentation existante présente un certain nombre de leçons s'appliquant aussi aux concessions forestières. Pour les études de marché, Fa *et al.* (2004) ont évalué l'efficacité d'un certain nombre de méthodes visant à mesurer le volume de viande de brousse commercialisée, parvenant aux conclusions suivantes: des déductions utiles au niveau régional ne peuvent se faire qu'à partir d'un vaste échantillon de marchés; les temps et la coordination des échantillonnages peuvent avoir une influence considérable sur les coûts et la qualité des résultats; enfin, l'échantillonnage par groupes de jours est aussi efficace que l'échantillonnage aléatoire pour l'estimation de la richesse des espèces, mais pas pour celle du volume des carcasses. L'une des limites principales des études de marché est qu'elles sous-estiment en général le taux réel de prélèvement car seule une part des prises de chasse est vendue sur les marchés, le reste étant consommé au niveau des villages.

En ce sens, les interviews de chasseurs visant à estimer les profils des prélèvements peuvent s'avérer plus appropriées, car elles permettent de déterminer aussi bien les quantités gardées pour la consommation que les quantités vendues. Les estimations des profils de capture et de l'effort de chasse requièrent toutes deux du temps et ne peuvent fournir de résultats précis que lorsqu'il existe un certain niveau de confiance entre les enquêteurs et les chasseurs interrogés, limitant par là même l'étendue des études à une échelle relativement petite. Il existe d'autres biais relatifs à l'effort de chasse, notamment les points suivants: les estimations de temps peuvent être biaisées de façon systématique, ce qui peut se traduire par une surestimation de l'effort significatif; la quantification de l'effort de piégeage est problématique du fait de la variabilité des taux de vérification des pièges, de la composition des groupes de piège et de la spécificité des pièges par espèces; enfin, les mesures de prélèvement significatives sur le plan économique du point de vue du chasseur sous-estiment l'impact biologique réel de la chasse (Rist *et al.*, 2008).

CONCLUSIONS

Eu égard aux limites des différentes méthodes présentées dans cet article, une enquête bien conçue devrait envisager une combinaison d'approches, comportant aussi bien des mesures de l'abondance de mammifères que des mesures des activités de chasse et de commercialisation de gibier dans les concessions forestières. Les mesures instantanées de ces indicateurs ont montré leurs limites dans la détermination des effets de l'exploitation forestière et de la chasse sur la faune sauvage. En alternative, des protocoles de suivi à long terme doivent être établis grâce aux efforts conjoints des gouvernements, des sociétés forestières, des organisations non gouvernementales (ONG) chargées de la conservation et des organismes de certification forestière.

Van Vliet et Nasi (2008a) montrent comment les estimations (en particulier celles concernant la faune sauvage) donnent lieu à des incertitudes cumulatives. Les résultats obtenus sur différents sites ne sont pas comparables entre eux parce que des méthodes distinctes ont été employées pour le calcul des paramètres, et que chacune d'entre elles a ses propres sources d'erreur. En l'absence de systèmes de vérification et d'uniformisation des méthodes utilisées, les conclusions relatives à la durabilité de l'exploitation forestière et à l'impact de la chasse devraient être traitées avec précaution.

Des recherches plus approfondies sont nécessaires en vue de diminuer les coûts humains et financiers des systèmes de suivi. Le développement de méthodes novatrices associées à de nouvelles technologies, comme les approches génétiques non envahissantes et le piégeage photographique, doit être encouragé. La priorité dans les années à venir devrait consister à élaborer des protocoles normalisés permettant des comparaisons entre sites. Jusqu'à présent, la plupart des études menées dans diverses concessions forestières d'Afrique centrale ont développé leurs propres protocoles pour l'évaluation de la chasse dans les populations de faune sauvage forestière. Il en résulte de grandes dissemblances entre les données obtenues, aussi ne dispose-t-on pas de résultats comparables entre sites et

à l'intérieur de ces derniers. L'existence de protocoles plus uniformisés au niveau national ou régional fournirait des résultats généralisés susceptibles d'être facilement traduits en recommandations concrètes pour des pratiques de chasse plus durables. Ces recommandations pourraient, à leur tour, s'inscrire dans des législations ou des processus de certification nationaux visant à garantir que la faune sauvage est prise en compte de manière adéquate dans la gestion des exploitations forestières. ♦



Références

- Azevedo-Ramos, C., de Carvalho, O. Jr. et R. Nasi.** 2005. *Animal indicators: a tool to assess biotic integrity after logging tropical forests?* Belém, Brésil, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazonia (IPAM).
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P. et Laake, J.L.** 1993. *Distance sampling: estimating abundance of biological populations.* Londres, Chapman and Hall.
- Clark, C.J., Poulsen, J.R., Malonga, R. et Elkan, P.W. Jr.** 2009. Logging concessions can extend the conservation estate for Central African tropical forests. *Conservation Biology*, 23(5): 1281–1293; DOI: 10.1111/j.1523-1739.2009.01243.x.
- Cullen, L. Jr., Bodmer, E.R. et Valladares-Padua, C.** 2001. Ecological consequences of hunting in Atlantic forest patches, São Paulo, Brésil. *Oryx*, 35: 137–144. DOI: 10.1046/j.1365-3008.2001.00163.x.
- Dubost, G.** 1980. L'écologie et la vie sociale du Céphalophe bleu (*Céhalophus monticola* Thunberg), petit ruminant forestier africain. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 54: 205–266.
- Fa, J.E., Juste, J., Perez del Val, J. et Castroviejo, J.** 1995. Impact of market hunting on mammal species in Equatorial Guinea. *Conservation Biology*, 9(5): 1107–1115. DOI: 10.1046/j.1523-1739.1995.951107.x.
- Fa, J.E., Johnson, P.J., Dupain, J., Lapuente, J., Koster, P. et Macdonald, D.W.** 2004. Sampling effort and dynamics of bushmeat markets. *Animal Conservation*, 7(4): 409–416. DOI: 10.1017/S136794300400160X.
- Feer, F.** 1996. Les potentialités de l'exploitation durable et de l'élevage du gibier en zone forestière tropicale. In C.M. Hladick, A. Hladik, H. Pagezy, O.F. Linares, G.J.A. Koppert et A. Froment, édés., *L'alimentation en forêt tropicale: interactions bioculturelles et perspectives de développement*, pp. 1039–1061. Paris, Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture.
- Forbeseh, P.F., Sunderland, T.C.H. et Eno-Nku, M.** 2007. Priority setting for conservation in south-west Cameroon based on large mammal surveys. *Oryx*, 41(2): 255–262. DOI: 10.1017/S0030605307001743.
- Franzen, M.** 2006. Evaluating the sustainability of hunting: a comparison of harvest profiles across three Huaorani communities. *Environmental Conservation*, 33(1): 36–45. DOI: 10.1017/S0376892906002712.
- Hart, J.A., Grossmann, F., Vosper, A. et Ilanga, J.** 2008. Human hunting and its impact on bonobos in the Salonga National Park, Democratic Republic of Congo. In T. Furuichi et J. Thompson, édés., *The bonobos: behavior, ecology, and conservation*, pp. 245–271. Developments in Primatology: Progress and Prospects. New York, États-Unis d'Amérique, Springer.
- Hill, K., Padwe, J., Bejyvagi, C., Bepurangi, A., Jakugi, F., Tykuarangi, R. et Tykuarangi, T.** 1997. Impact of hunting on large vertebrates in the Mbaracayu Reserve, Paraguay. *Conservation Biology*, 11(6): 1339–1353. DOI: 10.1046/j.1523-1739.1997.96048.x.
- Johns, A.G.** 1997. *Timber production and biodiversity conservation in tropical rain forests.* Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
- Julve Larrubia, C.** 2005. *Mise en place d'une zone d'intérêt cynégétique à gestion communautaire comme outil de gestion de la faune dans une concession forestière au Sud-Est Cameroun.* Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Belgique (thèse universitaire).
- Koster S.H. et Hart, J.A.** 1988. Methods of estimating ungulate populations in tropical forests. *African Journal of Ecology*, 26(2): 117–126. DOI: 10.1111/j.1365-2028.1988.tb00962.x.
- Laurance, W.F., Alonso, A., Lee, M. et Campbell, P.** 2006. Challenges for forest conservation in Gabon, Central Africa. *Futures*, 38(4): 454–470. DOI: 10.1016/j.futures.2005.07.012.
- Marshall, A.J., Nardiyono, Engström, L.M., Pamungkas, B., Palapa, J., Meijaard, E. et Stanley, S.A.** 2006. The blowgun is mightier than the chainsaw in determining population density of Bornean orangutans (*Pongo pygmaeus morio*) in the forests of East Kalimantan. *Biological Conservation*, 129(4): 566–578. DOI: 10.1016/j.biocon.2005.11.025.
- Mathot L. et Doucet J.L.** 2006. Méthode d'inventaire faunique pour le zonage des concessions en forêt tropicale. *Bois et Forêts des Tropiques*, 287(1): 59–70.
- Meijaard, E., Sheil, D., Nasi, R. et Stanley, S.A.** 2006. Wildlife conservation in Bornean timber concessions. *Ecology and Society*, 11(1): 47. Disponible sur: www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art47/
- Nasi, R., Cassagne, B. et Billand, A.** 2006. Forest management in Central Africa: where are we? *International Forestry Review*, 8(1): 14–20.
- Nasi, R., Brown, D., Wilkie, D., Bennett, E., Tutin, C., van Tol, G. et Christophersen, T.** 2008. *Conservation and use of wildlife-based resources: the bushmeat crisis.* CBD Technical Series No. 33. Montréal, Canada, Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (CDB) et Bogor, Indonésie, Centre pour la recherche forestière internationale (CIFOR).
- Naughton-Treves, L., Mena, J.L., Treves, A., Alvarez, N. et Radeloff, V.C.** 2003. Wildlife survival beyond park boundaries: the impact of slash-and-burn agriculture and hunting on mammals in Tambopata, Peru. *Conservation Biology*, 17(4): 1106–1117. DOI: 10.1046/j.1523-1739.2003.02045.x.
- Noss, A.J.** 2000. Cable snares and nets in the Central African Republic. In J.G. Robinson et E.L. Bennett, édés., *Hunting for sustainability in tropical forests*, pp. 282–304. New York, États-Unis d'Amérique, Columbia University Press.
- Noss, A.J., Oetting, I. et Cuéllar, R.L.** 2005. Hunter self-monitoring by the Ioseño-Guaraní in the Bolivian Chaco. *Biodiversity and Conservation*, 14(11): 2679–2693. DOI: 10.1007/s10531-005-8401-2.
- Peres, C.A. et Nascimento, H.S.** 2006. Impact of game hunting by the Kayapó of south-eastern Amazonia: implications for wildlife conservation in tropical forest indigenous reserves. *Biodiversity and Conservation*, 15(8): 2627–2653. DOI: 10.1007/s10531-005-5406-9.

- Petit, E. et Valiere, N.** 2006. Estimating population size with noninvasive capture-mark-recapture data. *Conservation Biology*, 20(4): 1062–1073. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2006.00417.x.
- Poulsen, J.R., Clark, C.J., Mavah, G. et Elkan, P.W.** 2009. Bushmeat supply and consumption in a tropical logging concession in northern Congo. *Conservation Biology*, 23(6): 1597–1608. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2009.01251.x.
- Rao, M., Myint, T., Zaw, T. et Htun, S.** 2005. Hunting patterns in tropical forests adjoining the Hkakaborazi National Park, north Myanmar. *Oryx*, 39: 292–300. DOI: 10.1017/S0030605305000724.
- Redford, K.H.** 1992. The empty forest. *BioScience*, 42(6): 412–422. DOI: 10.2307/1311860.
- Rist J., Rowcliffe, M., Cowlishaw, G. et Milner-Gulland, E.J.** 2008. Evaluating measures of hunting effort in a bushmeat system. *Biological Conservation*, 141(8): 2086–2099. DOI: 10.1016/j.biocon.2008.06.005.
- Sirén, A., Hambäck, P. et Machoa, J.** 2004. Including spatial heterogeneity and animal dispersal when evaluating hunting: a model analysis and an empirical assessment in an Amazonian community. *Conservation Biology*, 18(5): 1315–1329. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2004.00024.x.
- Starkey, M.** 2004. Commerce and subsistence: the hunting, sale and consumption of bushmeat in Gabon. Fitzwilliam College, University of Cambridge, Cambridge, Royaume-Uni (thèse de doctorat).
- Stoner, K.E., Vulinec, K., Wright, S.J., et Peres, C.A.** 2007. Hunting and plant community dynamics in tropical forests: a synthesis and future directions. *Biotropica*, 39(3): 385–392. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2007.00291.x.
- Tieguhong, J.C. et Zwolinski, J.** 2009. Supplies of bushmeat for livelihoods in logging towns in the Congo Basin. *Journal of Horticulture and Forestry*, 1(5): 065–080 (Disponible aussi sur: www.acadjourn.org/JHF/PDF/Pdf2009/July/Tieguhong%20and%20%20Zwolinski.pdf).
- Van der Hoeven, C.A., de Boer, W.F. et Prins, H.H.T.** 2004. Pooling local expert opinions for estimating mammal densities in tropical rainforests. *Journal for Nature Conservation*, 12(4): 193–204. DOI: 10.1016/j.jnc.2004.06.003.
- Van Vliet, N. et Nasi, R.** 2008a. Why do models fail to assess properly the sustainability of duiker (*Cephalophus* spp.) hunting in Central Africa? *Oryx*, 42: 392–399. DOI: 10.1017/S0030605308000288.
- Van Vliet, N. et Nasi, R.** 2008b. Mammal distribution in a Central African logging concession area. *Biodiversity and Conservation*, 17(5): 1241–1249. DOI: 10.1007/s10531-007-9300-5.
- Van Vliet, N., Nasi, R. et Lumaret, J.P.** 2009. Factors influencing duiker dung decay in north-east Gabon: are dung beetles hiding duikers? *African Journal of Ecology*, 47(1): 40–47. DOI: 10.1111/j.1365-2028.2007.00913.x.
- Van Vliet, N., Kaniowska, E., Bourgarel, M., Fargeot, C. et Nasi R.** 2009. Answering the call! Adapting a traditional hunting practice to monitor duiker populations. *African Journal of Ecology*, 47(3): 393–399. DOI: 10.1111/j.1365-2028.2008.00999.x.
- White, L.J.T.** 1994. The effects of commercial mechanised selective logging on a transect in lowland rainforest in the Lopé Reserve, Gabon. *Journal of Tropical Ecology*, 10: 313–322. DOI: 10.1017/S0266467400007987.
- White, L.J.T. et Tutin, C.** 2001. Why chimpanzees and gorillas respond differently to logging: a cautionary tale from Gabon. In W. Webber, L.J.T. White, A. Vedder et L. Naughton-Treves, édés., *African rain forest ecology and conservation: an interdisciplinary perspective*, pp. 449–462. New Haven, États-Unis d'Amérique, Yale University Press.
- Wilkie, D.S., Curran, B., Tshombe, R. et Morelli, G.A.** 1998. Modeling the sustainability of subsistence farming and hunting in the Ituri Forest of Zaïre. *Conservation Biology*, 12(1): 137–147. DOI: 10.1111/j.1523-1739.1998.96156.x.
- Wright, S.J.** 2003. The myriad consequences of hunting for vertebrates and plants in tropical forests. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 6(1–2): 73–86. DOI: 10.1078/1433-8319-00043. ♦

SECTION SPÉCIALE SUR L'ANNÉE INTERNATIONALE DES FORÊTS les forêts au service des populations



L'Année internationale des forêts parvient à son terme. Depuis son lancement lors de la neuvième session du Forum des Nations Unies sur les forêts en février 2011, les communautés du monde entier ont eu la possibilité de goûter, examiner, respirer et exprimer l'essence de la vie de notre planète, au travers d'événements durant lesquels ont été célébrées les forêts au service des populations. *Unasylya* a le plaisir de présenter une sélection des activités de la FAO à l'occasion de l'Année internationale des forêts, notamment un aperçu montrant comment les membres du personnel de l'Organisation «se sont salés les mains» dans des travaux sylvicoles. Si l'Année internationale des forêts est en train de s'achever, les forêts restent à l'ordre du jour des questions internationales – et **les forêts sont au service des populations.**

©FAOSTEVE/TERRILL



Une mission au Rwanda s'est concentrée sur la faune sauvage et le changement climatique



Des numéros spéciaux d'*Unasylya* et de *Situation des forêts du monde* ont été publiés



L'Année sur papier

Début 2011, cette revue encourageait ses lecteurs à **célébrer les forêts tous les jours**, au travers d'un montage photographique illustrant des thèmes auxquels sont consacrées des journées internationales tout au long de l'année. Les forêts ont été le thème tissant un fil entre diverses journées commémoratives: la Journée internationale pour les personnes âgées, la Journée mondiale des enseignants, la Journée internationale contre l'abus et le trafic illicite des drogues et la Journée mondiale de la créativité et de l'innovation.

La neuvième édition du rapport biennal *Situation des forêts du monde 2011* s'est penchée sur le thème «Changer les voies, changer les vies: les forêts, des voies multiples vers le développement durable». Elle a été lancée en février, lors de l'inauguration de l'Année internationale des forêts. Un chapitre consacré à la valeur locale des forêts a examiné le lien existant entre les forêts et les populations. Quel rôle les connaissances traditionnelles jouent-elles dans la gestion des ressources naturelles? Dans quelle mesure les entreprises forestières de petite et moyenne dimension peuvent-elles contribuer aux moyens d'existence ruraux? Comment les politiques peuvent-elles soutenir une gestion forestière à assise communautaire?

La série «Études FAO: Forêts» a prolongé au moyen de diverses publications les travaux techniques menés par l'Organisation tout au long de l'Année internationale des forêts. Le *Guide pour la mise en œuvre des normes phytosanitaires dans le secteur forestier* a fourni au public des informations et des orientations sur la manière de répondre aux dangers croissants qui menacent la santé des forêts, en explorant des concepts phytosanitaires et en présentant de bonnes pratiques. *Reforming forest tenure – issues, principles and process* a offert aux responsables des politiques gouvernementales et à d'autres personnes concernées par la réforme des régimes forestiers une vision holistique de questions clés sur ce thème, ainsi que des propositions pour y répondre. *Community-based fire management – a review* a présenté l'état des lieux d'une approche participative de la gestion des feux qui tient compte de questions telles que la prévention des incendies, le rôle des connaissances traditionnelles et l'atténuation des effets des changements climatiques. *Wildlife in a changing climate* a exploré les effets que le changement climatique a eu et est susceptible d'avoir sur les animaux sauvages, et a fourni des informations sur la façon dont il est possible de répondre à ces changements.

L'Année sur bois

En octobre, la conférence « Redécouvrir le bois: la clé d'un avenir durable », a rassemblé 350 participants venus du monde entier et un public de plus de 3 000 personnes à Bangalore, Inde, pour débattre du rôle essentiel du bois dans le chemin menant à la durabilité. La conférence a mis un accent particulier sur l'esthétique du bois, proposant pour cela diverses expositions et événements parallèles, et donnant la parole à un vaste éventail d'intervenants issus de domaines fort divers.

Pour clore l'Année internationale des forêts, une exposition de sculptures insolite a été organisée. Une trentaine d'œuvres de grande dimension du groupe de sculpteurs sur bois finlandais Puunkuokkijat ont été installées au siège de la FAO à Rome, afin que les membres du personnel et les visiteurs de passage puissent les contempler et s'accorder une pause de réflexion devant elles. Les trois artistes du groupe – Kari Kärkkäinen, Matti Kurkela et Seppo Kalliokoski – partagent une mission commune: **réintroduire le bois en tant que matériau moderne de la sculpture.**



FAO/G. NAPOLITANO

Une exposition de sculptures au siège de la FAO à Rome



FAO/P. CSOKA

Le personnel de la FAO plante une forêt en Italie

La gestion forestière durable est le thème de l'Année internationale des forêts au Zimbabwe



FAO/G. NAPOLITANO

L'Année dans la terre

En août, des membres du personnel de la FAO ont assisté à une plantation d'arbres lancée par la Commission des forêts du Zimbabwe en vue d'inciter les producteurs de tabac locaux à **adopter des pratiques durables de gestion forestière.** Le Ministre de l'environnement et de la gestion des ressources naturelles Francis Nhema était l'invité d'honneur de la manifestation, de même que d'autres hauts responsables gouvernementaux et des représentants d'organisations non gouvernementales (ONG) et du secteur privé, notamment de la filière de la production de tabac.

Au mois d'octobre, des membres du personnel de la FAO ont planté des arbres en l'honneur de l'Année internationale des forêts. En collaboration avec le Corpo Forestale dello Stato italien, le Département des forêts de la FAO a organisé un événement à Castel Fusano, Italie, auquel a été invité tout le personnel du siège de l'Organisation. Les participants ont bénéficié de leçons sur la foresterie et la gestion forestière durable – et ont planté une forêt.

Regardez comment le personnel de la FAO se salit les mains en réalisant des activités forestières: www.youtube.com/watch?v=SxyYh95PoQ4.

L'Année de bonne volonté

En mai, la chanteuse populaire Anggun, Ambassadrice de bonne volonté de la FAO, s'est rendue à Jakarta, dans son Indonésie natale, pour visiter un site forestier et **discuter d'activités de reboisement** dans des zones affectées par le tsunami de 2004. Sa visite a mis en exergue les fonctions de protection des forêts côtières. Elle a souligné que l'Année internationale des forêts constituait une excellente occasion de faire prendre conscience tant de l'importance que revêtent les forêts pour les populations et les communautés que de la nécessité de protéger ces forêts.

En juin, l'Ambassadeur de bonne volonté de la FAO et légende de l'athlétisme Carl Lewis s'est rendu en République dominicaine et en Haïti pour célébrer l'Année internationale des forêts. En Haïti, des travaux de reboisement étaient en cours en vue d'aider le pays à se protéger contre les crues subites et les coulées de boue au début de la saison des ouragans.



Les ambassadeurs de bonne volonté de la FAO appuient l'Année internationale des forêts

Pour regarder une vidéo sur les ambassadeurs de bonne volonté de la FAO apportant leur soutien à l'Année internationale des forêts, consulter: www.youtube.com/watch?v=M_HF5kiYV_Y.



Eduardo Rojas-Briales, Sous-Directeur général du Département des forêts, participe à un concert à l'occasion de la Journée internationale de la Terre nourricière à Rome

L'Année en chansons

En avril, moins d'un an après qu'un tremblement de terre dévastateur avait frappé le Chili, a démarré à Santiago le festival de musique de Lollapalooza, avec des spectacles de qualité venus du monde entier. Dans le cadre des activités de l'Année internationale des forêts, plusieurs musiciens ont planté les premiers arbres relevant d'un programme soutenu par la FAO et le Gouvernement chilien et visant à planter 20 000 arbres à Santiago.

Toujours en avril, s'est tenu à Rome le quatrième concert annuel organisé pour **fêter la Journée internationale de la Terre nourricière**. Eduardo Rojas-Briales, Sous-Directeur général du Département des forêts de la FAO, s'est adressé à un public de 30 000 jeunes pour parler de l'Année internationale des forêts, et en particulier de l'importance des écosystèmes forestiers pour les communautés locales et pour l'ensemble de la planète.

L'Année dans la petite production

Partager les produits et les services

À l'occasion de l'Année internationale des forêts, l'Allemagne, en étroite collaboration avec la FAO, a organisé à Bonn une foire internationale portant sur *les forêts au service des populations* – le thème central de l'Année. La manifestation – les Journées internationales des forêts de Bonn – s'est déroulée du 6 au 9 octobre 2011 sur une place de marché centrale près de la cathédrale de Bonn. Elle se proposait de présenter des produits et services tirés des forêts du monde entier. Les visiteurs ont pu assister à des spectacles liés aux forêts et à leurs multiples rôles. De nombreux exposants, venus d'Allemagne et de 10 autres pays représentant toutes les régions du monde, ont fait voir, goûter ou tester des produits forestiers. Les visiteurs ont pu ainsi mâcher du caoutchouc à l'état brut, siroter de la bière brassée avec de l'eau de la Forêt noire, caresser des ratons-laveurs et essayer des produits cosmétiques fabriqués à partir de plantes forestières tropicales. Les groupes de petits producteurs soutenus par la FAO, originaires d'Afrique centrale, du Burkina Faso, du Népal et de la République démocratique populaire lao, ont montré dans leurs stands comment les populations locales peuvent **générer des revenus grâce à une exploitation durable des forêts**. Public et exposants ont échangé des informations concernant le rôle des forêts, la conservation de la biodiversité et les nouvelles technologies utilisées dans la production forestière.



Une productrice du Burkina Faso expose sa marchandise aux Journées internationales des forêts de Bonn



Exploiter les opportunités

Les bannières de l'Année internationale des forêts qui ont agrémenté la partie sud du siège de la FAO à Rome ont trouvé un nouvel emploi. Grâce à une initiative lancée par Sergio Ferrara, fonctionnaire de la FAO, en étroite collaboration avec Ora d'Aria, une association italienne qui cherche à offrir des opportunités de travail aux personnes vivant en isolement, notamment dans les prisons, les détenues d'une prison pour femmes locale ont découpé les bannières et ont fabriqué des sacs avec les pièces. Ces femmes ont saisi cette occasion de gagner de l'argent grâce à leur travail, et de mettre en pratique des compétences susceptibles de faciliter leur réinsertion sociale à l'avenir.

Les détenues d'une prison pour femmes italienne ont cousu sur des sacs les bannières de l'Année internationale des forêts



LA FAO ET LA FORESTERIE

La Deuxième Semaine forestière méditerranéenne traite du développement durable et du changement climatique

La Deuxième Semaine forestière méditerranéenne organisée par le Bureau régional méditerranéen de l'Institut forestier européen (EFIMED) et *Silva Mediterranea* (FAO), en collaboration avec plusieurs autres partenaires essentiels, s'est tenue du 5 au 8 avril 2011 à Avignon, France, avec le soutien du Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire français, de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur et du Ministère des sciences et de l'innovation espagnol.

L'événement s'inscrivait dans le programme de l'Année internationale des forêts 2011 et a rassemblé des acteurs impliqués dans la gestion des écosystèmes forestiers du bassin Méditerranéen.

Les réunions plénières et les diverses sessions parallèles ont abordé la question du rôle des forêts en vue d'un développement durable des territoires méditerranéens, et celle de l'impact du changement climatique sur les stratégies de prévention des feux de forêts et de gestion économe de ressources majeures comme l'eau. Lors de ces sessions, une note d'information sur la prévention des feux de forêts en Méditerranée a été adoptée par les principales parties prenantes engagées dans la gestion des feux de forêt. Cette note d'information a été présentée à la Cinquième Conférence internationale sur les feux de forêt, tenue en Afrique du Sud en mai 2011 (voir page 60). Les partenaires ont également approuvé un calendrier précis relatif à l'extension du Système européen d'information sur les feux de forêts (EFFIS) à l'Algérie, au Liban, au Maroc, à la République arabe syrienne et à la Tunisie.

Parmi les points saillants des sessions et réunions, on peut relever notamment: la gouvernance forestière dans la région méditerranéenne; les interactions entre l'eau et les forêts; la réunion annuelle de l'EFIMED; l'Assemblée générale de l'Arc forestier méditerranéen (ArcMED); et un séminaire scientifique intitulé «Biodiversité des écosystèmes forestiers méditerranéens: changer le paradigme de la conservation».

Le secrétariat du Comité sur les questions forestières méditerranéennes, *Silva Mediterranea*, a organisé plusieurs réunions statutaires et sessions thématiques. La réunion annuelle du Comité exécutif élargi de *Silva Mediterranea* a été co-présidée par le Sous-Directeur général du Département des forêts de la FAO, Eduardo Rojas-Briales, et le Président de *Silva Mediterranea*, Spas Todorov, de Bulgarie.

Trois sessions consacrées à «Forêts, sociétés et territoires» ont promu le partage d'expériences intersectorielles en matière de gouvernance forestière et donné lieu aux recommandations essentielles suivantes:

- Améliorer les connaissances de base concernant le contexte territorial, les ressources forestières, les services fournis par les écosystèmes forestiers, ainsi que les risques et opportunités, en tenant compte du facteur «changement climatique» (impact, atténuation potentielle des effets, options en matière d'adaptation).
- Promouvoir les approches intersectorielles et l'introduction des questions de gestion forestière au sein des projets locaux, selon une perspective à long terme.
- Impliquer dès le début dans les projets les parties prenantes locales les plus importantes, notamment les décideurs (appui



Deuxième Semaine forestière méditerranéenne, Avignon, France

politique) et l'administration (cohérence avec les activités existantes et les budgets disponibles, soutien financier).

- Définir la zone de projet en respectant les contextes sociaux, politiques et administratifs, géographiques et écologiques.
- Consacrer le temps nécessaire ainsi que les ressources humaines et financières voulues aux processus d'apprentissage que constituent les opérations de développement territorial, notamment en ce qui concerne la conduite des activités et la communication.
- Évaluer les avantages procurés par les écosystèmes forestiers et les coûts de gestion associés. Identifier les bénéficiaires. Élaborer des mécanismes de financement durables.
- Développer, améliorer et adapter des outils adéquats pour des démarches de type collectif (notamment l'emploi d'approches prospectives), en vue de faciliter l'émergence de visions, stratégies et programmes d'action communs.
- Tester, évaluer et développer des instruments et mesures (juridiques et économiques) permettant la mise en place de programmes d'action susceptibles d'être adoptés sur une base collective.
- Élaborer et activer des réseaux favorisant un partage d'expérience effectif au sein des diverses zones de la région méditerranéenne.
- Clarifier et renforcer les liens entre les processus de consultation et les processus de prise de décision.

La Semaine forestière méditerranéenne, qui s'est tenue pour la première fois à Antalya, Turquie, en 2010, constitue une plateforme unique. Elle vise à améliorer le dialogue entre la communauté des chercheurs, les décideurs politiques et les parties prenantes essentielles concernés par les forêts en Méditerranée, et à communiquer à la communauté internationale et à la société au sens large l'importance de ces forêts et les enjeux qui leur sont liés.

La Troisième Semaine forestière méditerranéenne sera accueillie en 2013 par l'Algérie.

Pour de plus amples informations sur cet événement, voir le bulletin de *Silva Mediterranea* sur www.fao.org/forestry/silvamed/fr/, ou www.efimed.efi.int/portal/events/mfw2011.



Wildfire 2011 compte sur la coopération internationale

La Cinquième Conférence internationale sur les feux de forêt, *Wildfire 2011*, s'est tenue à Sun City, Pilanesberg National Park, Afrique du Sud, du 9 au 13 mai 2011. Organisée par le Réseau régional sur les incendies de forêts subsaharien, AfriFireNet, et financée par le Gouvernement d'Afrique du Sud, la Conférence s'est déroulée sous l'égide de la Stratégie internationale de prévention des catastrophes naturelles (SIPC) des Nations Unies et de la FAO, conjointement avec la Troisième session de la Plate-forme mondiale pour la réduction des risques de catastrophes organisée à Genève, Suisse.

Le Secrétaire général des Nations Unies, M. Ban Ki-moon, a prononcé la déclaration d'ouverture de la conférence devant 500 délégués provenant de 61 pays présents. Il a félicité les spécialistes des incendies du monde entier pour leurs efforts visant à développer un esprit de coopération mondiale, indispensable si l'on veut traiter du rôle des feux dans l'environnement planétaire et de l'impact des incendies sur la société.

Dans ses sessions techniques, la Conférence a tracé un tableau holistique de la gestion des feux, abordant notamment la question de leur gestion communautaire et celle du lien entre feux et lutte contre la pauvreté. Les participants ont exprimé une forte inquiétude devant l'aggravation des incendies de forêt à travers le monde, un phénomène qui, du fait de ses répercussions sévères sur les communautés, l'environnement et l'économie planétaire, est sans précédent à l'époque moderne.

L'un des faits saillants de la conférence a consisté en une démonstration, faite lors d'une journée de terrain passée à la réserve de chasse de Pilanesberg. Des pompiers sud-africains – hommes et femmes – spécialisés dans les incendies de forêt et membres de huit équipes «d'attaque» du Programme *Working on Fire* (WoF), ont fait preuve de leur habileté en luttant en direct contre un incendie, avec le concours d'avions-citernes et d'hélicoptères. WoF est financé par le Gouvernement d'Afrique du Sud et est l'une des initiatives sud-africaines les plus réussies en matière d'allègement de la pauvreté, de création d'emplois et de soutien des communautés.

La FAO a contribué à l'élaboration de plusieurs communications de la conférence, dont deux interventions présentées en séance

Wildfire 2011. Sun City, Pilanesberg National Park, Afrique du Sud



WILDFIRE 2011.11.22B. SUTHERLAND



WILDFIRE 2011.11.22B. SUTHERLAND

Wildfire 2011. Sun City, Pilanesberg National Park, Afrique du Sud

plénière. L'un des documents souligne l'importance, et la nécessité, d'inclure des composantes de gestion des feux dans les programmes REDD+. L'autre document, qui s'est penché sur les méga-incendies, signale qu'il est probable que ces derniers s'accroissent à cause des changements climatiques, et qu'il est nécessaire de se préparer à une telle éventualité à travers la gestion des forêts et des paysages.

La conférence a conclu que la coopération internationale et un renforcement des compétences en matière de connaissance et gestion des feux de forêts sont essentiels pour endiguer l'escalade de ces derniers. Les recommandations de la conférence préconisent, entre autre:

- Un accroissement des efforts déployés en matière de gestion des feux dans des domaines inquiétants tels que terrains contaminés par la radioactivité, obus non explosés, mines et dépôts chimiques, notamment dans les régions touchées par les retombées nucléaires de Tchernobyl (1986) et Fukushima (2011); sécurisation des écosystèmes de tourbières et marais tourbeux sujets au drainage et au dessèchement en raison du climat (Fédération de Russie, 2010); et brûlage non nécessaire de terres arables, jachères et autres terres.
- Une plus grande implication de la société civile dans la gestion des feux à travers des démarches participatives (gestion communautaire des feux), favorisant le brûlage contrôlé pour améliorer les moyens d'existence et la santé des populations locales, et promouvant la constitution de groupes de volontaires pour assister les autorités publiques dans la gestion des incendies ruraux. Il a été par ailleurs recommandé d'organiser une conférence internationale sur la gestion communautaire des feux avant la prochaine Conférence sur les feux de forêt.
- Une application étendue des principes avancés de gestion des feux et leur adaptation aux conditions locales: mise en œuvre des Recommandations volontaires pour la gestion des feux de la FAO, de l'OIBT et de l'OMS/PNUÉ; adoption mondiale du Système de commandement des interventions (SCI) pour la gestion des incidents; intégration des principes et outils de gestion des feux de forêt dans le cadre de la REDD+; et prise de conscience que la gestion des feux devrait être partie intégrante de la gestion des terres.



- Une application systématique des technologies avancées à la connaissance et à la gestion des feux de forêts, en utilisant tout particulièrement les dispositifs satellitaires d'observation terrestre, les observations et prévisions météorologiques, et la modélisation du climat.
- La promotion d'accords bilatéraux et multilatéraux/régionaux sur la coopération en matière de gestion des feux de forêt et d'assistance mutuelle en cas d'urgence pour cause d'incendies de forêt.
- Un engagement accru des six commissions régionales des forêts de la FAO et des plates-formes nationales pour la réduction des risques de catastrophes dans la mise en œuvre des principes énoncés dans les recommandations sur la gestion des feux et le Cadre d'action de Hyogo pour 2005-2015: Pour des nations et des collectivités résilientes face aux catastrophes.

En réponse au changement climatique global et tenant compte du fait que le réchauffement mondial conduit à des feux de forêts plus fréquents et plus sévères, et intensifie leur impact sur la société, la conférence a également recommandé de favoriser les actions suivantes:

- développement de politiques et stratégies adaptatives contre les incendies, visant à en atténuer les effets, à s'y adapter et à s'en protéger, au niveau national et international;
- intégration de la gestion des feux dans la gestion des paysages;
- appui aux pays dans l'évaluation de la gestion des feux, la formulation de cadres juridiques et de stratégies, la création de capacités et d'institutions aptes à assumer une gestion des incendies durables, et le développement de plans de gestion des feux et de ressources humaines appropriées.

La République de Corée accueillera la Sixième Conférence internationale sur les feux de forêt en 2015.

Tous les documents de la conférence appuyés par la FAO et/ou portant sur les activités de gestion des feux de la FAO sont rassemblés dans:

FAO. 2011. *FAO at the Vth International Wildland Fire Conference.* FAO Fire Management Working Paper n° 27. Rome (disponible aussi sur: www.fao.org/docrep/014/am663e/am663e00.pdf).

Pour une version complète de la déclaration de la conférence, consulter: www.wildfire2011.org/docs/10-Wildfire-2011-Conference-Statement.pdf.

La politique forestière communautaire de la Gambie gagne un prix



CONSEIL POUR L'AVENIR DU MONDE

Les Prix de la politique du futur 2011 sont annoncés à New York, États-Unis d'Amérique: H.E. James Kimonyo, Ambassadeur de la République du Rwanda auprès des États-Unis d'Amérique; Carl Lewis, légende de l'athlétisme olympique et Ambassadeur de bonne volonté de la FAO; H.H. Jato S. Sillah, Ministre des forêts et de l'environnement de la Gambie

Avec le soutien de la FAO et d'autres partenaires de développement, la République de Gambie a développé et mis en œuvre la première politique et législation africaines destinées à doter les populations locales de droits sûrs et permanents en matière de propriété forestière. Le transfert du régime forestier, passé de la propriété de l'État à une gestion par les communautés locales, a permis à ces dernières de réduire les coupes illégales et les incendies de forêt, de ralentir la désertification et de tirer profit de l'usage des produits forestiers. Les communautés ont instauré des groupes de producteurs, générant ainsi des revenus issus de l'exploitation forestière. Plus de 350 villages gèrent 12 pour cent des forêts du pays, et le couvert forestier a augmenté de 8,5 pour cent au cours des deux dernières décennies. L'objectif est que presque la moitié des forêts gambiennes soient sous gestion communautaire d'ici 2016.

L'inspirante et novatrice politique forestière gambienne a récemment été récompensée par le Conseil pour l'avenir du monde (*World Future Council*), qui a décerné le *Silver Award* à la Gambie pour sa politique forestière communautaire, dans le cadre des prix de la politique du futur (*Future Policy Awards*) 2011. L'annonce des prix a eu lieu à New York, États-Unis d'Amérique, en septembre, et a été suivie par une cérémonie de présentation à Bonn, Allemagne, en octobre. Carl Lewis, Ambassadeur de bonne volonté de la FAO et légende de l'athlétisme olympique, présent à la cérémonie de New York, a déclaré: «L'approche gambienne centrée sur les populations a été un grand succès et représente un modèle qu'il faut reproduire dans d'autres pays ayant un contexte forestier similaire.»

Le Conseil pour l'avenir du monde est un groupe de promotion politique basé à Hambourg, Allemagne. Il a été créé expressément pour se pencher sur les solutions politiques susceptibles de répondre aux défis mondiaux. De plus amples informations sur le prix de la politique du futur et les vainqueurs de l'édition 2001, ainsi que sur le Conseil pour l'avenir du monde et ses activités, peuvent être trouvées sur www.worldfuturecouncil.org/future_policy_award.html.



Le succès de la politique forestière communautaire gambienne prouve que même dans les pays les plus pauvres du monde, si les bonnes politiques et les cadres juridiques adéquats sont mis en place, les populations rurales peuvent tirer des avantages économiques des forêts et améliorer de manière significative leur sécurité alimentaire et leur environnement. L'expérience de la Gambie montre que le défi d'une foresterie durable peut être relevé lorsqu'un gouvernement manifeste la volonté de promouvoir et d'autonomiser les populations rurales.



Eduardo Rojas-Briales, Sous-Directeur général, Département des forêts de la FAO



Le Comité consultatif du papier et des produits dérivés du bois examine le rôle joué par la FAO dans des domaines clés

Le Département des forêts de la FAO et le Conseil international des associations forestières et du papier (ICFPA) ont tenu la rencontre du 52^{ème} Comité consultatif du papier et des produits dérivés du bois (CCPPB) à Montebello, Canada, du 23 au 25 mai 2011. Quarante-cinq participants venus de 17 pays se sont rassemblés pour discuter de questions liées au développement durable des industries forestières, au changement climatique et aux gaz à effet de serre, et à la relation de ces derniers avec la dendroénergie.

Le Comité a exprimé son ferme soutien à la collaboration avec la FAO. Il a demandé que l'Organisation poursuive ses travaux dans trois domaines principaux durant la période 2011-2012. Tout d'abord, la FAO devrait continuer à fournir des informations et des analyses pouvant servir à développer des politiques solides en matière de réponse au changement climatique, qui soient pertinentes pour l'industrie forestière. En second lieu, dans le cadre de la préparation de RIO+20, la FAO est appelée à mettre en évidence la contribution importante de l'industrie des produits forestiers à l'économie verte. Enfin, le Comité a demandé à la FAO d'envisager l'idée d'organiser un processus grâce auquel le secteur industriel et la communauté écologiste pourraient appuyer un engagement continu de l'industrie à promouvoir une gestion durable des forêts.

Le CCPPB est un organe statutaire de la FAO composé de cadres supérieurs de direction issus du secteur privé du monde entier. Il se réunit une fois par an avec pour objectif principal de fournir



Réunion du CCPPB, Montebello, Canada

des orientations sur les activités et le programme de travail du Département des forêts de la FAO, sur des questions relatives à l'industrie du papier et des produits forestiers, en vue d'aider les pays membres dans leurs efforts pour progresser vers un développement durable. La 53^{ème} session du CCPPB se tiendra à New Delhi, Inde, du 23 au 25 mai 2012, conjointement avec la Réunion annuelle de l'ICFPA.

Pour plus d'informations sur le CCPPB et ses activités, consulter: www.fao.org/forestry/industries/9530/fr/

Une réunion d'experts sur la gouvernance forestière et la REDD+ rassemble les parties prenantes à Rome

Le Programme de collaboration des Nations Unies sur la réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts dans les pays en développement (ONU-REDD), Chatham House, la FAO et la Banque mondiale ont organisé une réunion d'experts sur la gouvernance forestière et la REDD+ qui s'est tenue les 19 et 20 mai 2011 au siège de la FAO à Rome. La réunion a rassemblé des participants très divers, notamment des responsables gouvernementaux de pays donateurs et bénéficiaires concernés par la gouvernance forestière et la REDD+, des experts d'institutions internationales et du monde universitaire, des membres d'organisations de la société civile nationales et internationales, et des représentants du secteur privé.

La réunion visait à encourager la coordination dans l'apport d'informations et l'évaluation de la REDD+ et de la gouvernance forestière. Jusqu'à présent, elle a permis de lancer deux nouveaux guides destinés à aider les praticiens: le *Cadre pour l'évaluation et le suivi de la gouvernance forestière*, né du symposium sur les indicateurs de la gouvernance forestière de Stockholm de 2010, conçu par la Banque mondiale et la FAO, et le *Projet de directives relatives à la fourniture d'informations sur la gouvernance REDD+*, élaboré par le Programme ONU-REDD et Chatham House. Les deux guides offrent des recommandations cohérentes et complémentaires en vue d'apporter des informations sur la REDD+ et la gouvernance forestière, en s'appuyant sur l'expérience pratique et des initiatives existantes dans ce domaine.

Des présentations ont introduit les documents, décrivant ce qui les relie et la manière dont ils pouvaient être utilisés de façon complémentaire. Les participants ont eu la possibilité de faire des commentaires et de poser des questions.

L'un des thèmes essentiels de la réunion a porté, plus généralement, sur les besoins en matière d'informations sur la gouvernance des différentes parties prenantes, notamment les gouvernements, le secteur privé et les communautés locales. Les perspectives des usagers ont été prises en compte dans des groupes de travail, et

un panel de discussion spécifique a mis l'accent sur le travail des gouvernements et des organisations de la société civile, explorant comment les documents pourraient être utiles à leur action. Pour prendre un exemple à cet égard, Filippo del Gatto, membre de Madera Verde («bois vert») en Équateur et de Global Witness, a expliqué comment le *Cadre pour l'évaluation et le suivi de la gouvernance forestière* était susceptible d'appuyer son travail au sein du projet PRO-FORMAL du Centre pour la recherche forestière internationale (CIFOR) en Équateur: il pourrait l'aider avant tout à chercher des éléments identifiables («sous-composantes») de l'économie politique locale et de la gouvernance de la chaîne productive, et à concevoir des indicateurs pour les analyser et les mesurer.

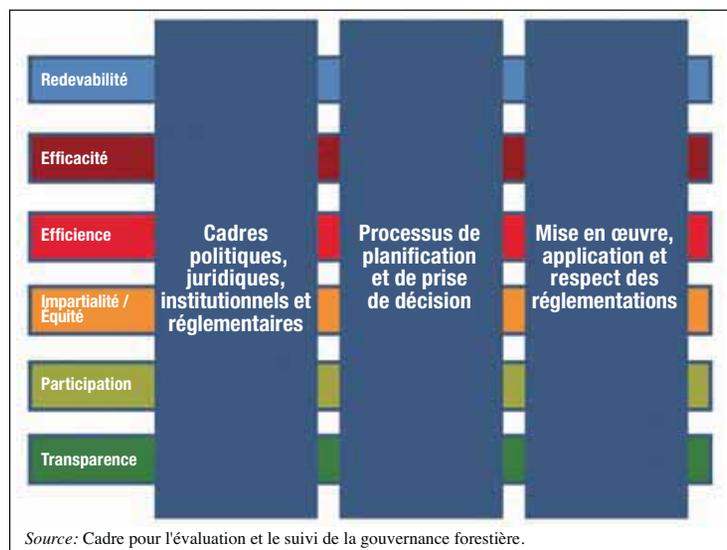
Les principales conclusions de la réunion ont été les suivantes:

- Une contribution significative des documents est de proposer un langage et des concepts communs pour tous ceux qui sont concernés par l'évaluation de la gouvernance et la fourniture d'informations à son sujet.
- Les documents ont un vaste éventail de champs d'application, allant des activités de plaidoyer aux réformes gouvernementales.
- L'appropriation des documents au travers d'un processus participatif sera un élément clé de leur application efficace.
- Il existe déjà des occasions diversifiées d'utiliser les documents dans de brefs délais: évaluations participatives de la gouvernance pour le Programme REDD+, cours de formation par Internet de l'Organisation internationale de droit du développement (IDLO), action relative à l'application des réglementations forestières, à la gouvernance et aux échanges commerciaux (FLEGT) de l'Union européenne (EU) et mécanismes REDD+, programmes forestiers nationaux, et projet de recherche et enseignement sur la politique et l'économie forestières (Forest Policy and Economics Education and Research – FOPER) de l'Institut forestier européen (EFI).
- Les participants ont fait les recommandations suivantes aux agences concernées:

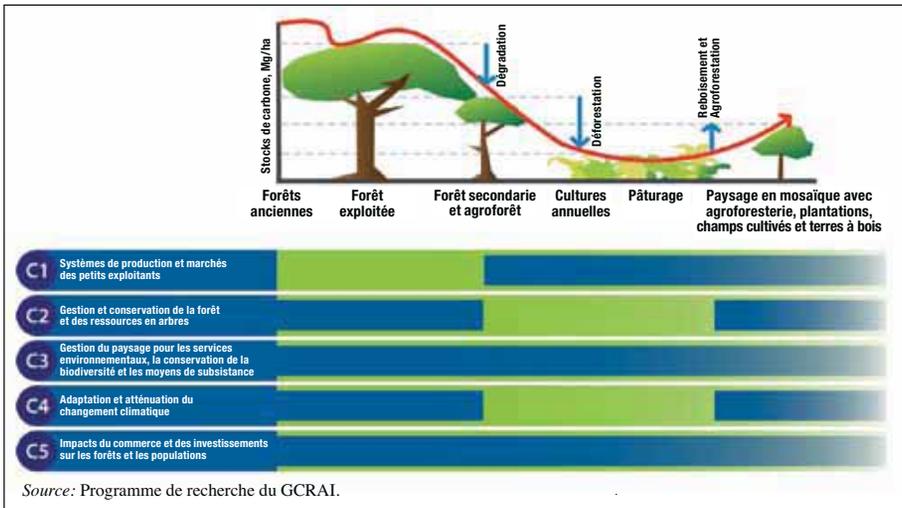
- > poursuivre le développement des documents, notamment en matière de dissémination et de communication (par exemple, à travers des réseaux Internet et/ou un site spécifique);
- > analyser plus en profondeur les synergies entre initiatives et encourager la coordination entre outils existants;
- > organiser une «communauté de pratique» visant à recueillir et échanger des informations sur les meilleures pratiques d'un pays;
- > soutenir l'action des pays à travers la formation, le renforcement des capacités et des applications pilotes.

Documents disponibles en anglais:

Framework for Assessing and Monitoring Forest Governance: www.fao.org/docrep/014/i2227e/i2227e00.pdf
Draft Guidance for the Provision of Information on REDD+ Governance: www.unredd.net/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=5336&Itemid=53



Piliers et principes d'une bonne gouvernance forestière



Les composantes du CRP6 dans la courbe de transition forestière et de l'utilisation des sols

Le CRP6, une nouvelle approche de la recherche forestière

Une nouvelle initiative est sur le point d'influencer la gestion de 1,8 milliards d'hectares de forêts. Le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI) a intégré les forêts et les arbres dans son nouveau portefeuille de recherche et a chargé le Centre pour la recherche forestière internationale (CIFOR) de diriger ce domaine. Le Programme de recherche n° 6 (CRP6) du GCRAI porte sur «les forêts, les arbres et l'agroforesterie: les moyens de subsistance, les paysages et la gouvernance». Le CRP6 implique des centres partenaires: Bioversity International, le Centre international d'agriculture tropicale (CIAT) et le Centre mondial d'agroforesterie. Le programme s'appuie sur une recherche comparative globale et se propose d'être bénéfique à des millions de personnes parmi les plus pauvres du monde.

L'initiative se penchera sur 46 pour cent de la couverture forestière mondiale, à savoir 1,3 milliard d'hectares de forêts denses et 500 millions d'hectares de forêts ouvertes et morcelées. Elle devrait permettre de:

- sauver du déboisement entre 0,5 et 1,7 million d'hectares de forêt chaque année;
- mener à l'adoption de pratiques de production et de gestion écologiquement et socialement durables sur 9,3 à 27,8 millions d'hectares de forêts aménagées; et
- réduire les émissions de carbone à des niveaux compris entre 0,16 et 0,68 Gt de CO₂ par an.

La recherche ciblera quelque 500 millions de personnes vivant à l'intérieur ou au voisinage des forêts en Afrique, en Amérique latine et en Asie du Sud-Est, et contribuera à:

- améliorer la production et les options de gestion, au profit d'au moins 3 millions de producteurs et commerçants et de leurs familles;
- accroître la conservation de la diversité des arbres, au profit d'au moins 2 millions de producteurs;
- développer des techniques de production et de gestion aptes à augmenter la productivité des groupes-cibles d'au moins 50 pour cent;
- multiplier— au moins — par deux les revenus issus de la forêt et des produits agroforestiers pour les ménages-cibles;

- augmenter les financements des programmes d'adaptation aux changements climatiques de façon à ce qu'ils soient bénéfiques à 60 millions de personnes supplémentaires;
- accroître la fourniture de crédits REDD+ valant entre 108 millions et 2 695 millions de dollars EU par an; et
- renforcer de façon significative l'accès des femmes aux avantages tirés des forêts.

Les forêts tropicales à l'ordre du jour du Sommet des trois bassins

L'importance de la contribution des forêts tropicales aux moyens d'existence des populations et à la conservation de la biodiversité est bien connue. Trois zones de forêt tropicale (le bassin de l'Amazonie, le bassin du Congo et les forêts d'Asie du Sud-Est) représentent 80 pour cent des forêts tropicales du monde et abritent les deux tiers de la biodiversité terrestre. Les pays qui partagent ces ressources affrontent des défis similaires, devant trouver un équilibre adéquat entre conservation de la biodiversité forestière, atténuation des effets des changements climatiques et poursuite du développement économique et social. Pour relever ces défis, une coopération solide entre ces pays est nécessaire.

Chefs d'État ou leurs représentants assistant au sommet



La première proposition à cet égard a été faite en 2006 à Bali, Indonésie, par le Gouvernement de la République du Congo, et a été suivie en 2010, toujours à Bali, par une proposition du Gouvernement de la République d'Indonésie. C'est pour traduire ces propositions dans la pratique – prendre acte de ce qui se passe dans les forêts tropicales de ces régions cruciales et donner une impulsion à leur gestion durable – que la République du Congo a accueilli le Sommet des trois bassins forestiers tropicaux.

Pour la préparation de l'événement, trois agences des Nations Unies ont été contactées en vue de produire les documents d'information du Sommet. Il a été demandé à la FAO et à l'Organisation internationale des bois tropicaux (OIBT) de préparer une publication sur la situation des forêts en Amazonie, dans le bassin du Congo et en Asie du Sud-Est, à l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) d'élaborer un projet d'Accord de coopération, et au Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) de soumettre un projet de Déclaration du Sommet. La situation des forêts dans le bassin amazonien, le bassin du Congo et l'Asie du Sud-Est a mis en évidence que la valeur potentielle de nombreux biens et services fournis par les forêts pluviales dépasse clairement de loin tous les bénéfices susceptibles d'être obtenus à partir de pratiquement n'importe quelle autre utilisation des terres. «La valeur des services des forêts tropicales pourrait atteindre plusieurs milliers de dollars par hectare», lit-on sous la plume d'Eduardo Rojas-Briales, Sous-Directeur général du Département des forêts de la FAO, et d'Emmanuel Ze Meka, Directeur exécutif de l'OIBT.

Le Sommet s'est tenu à Brazzaville du 29 mai au 3 juin 2011. Environ 600 personnes y ont assisté, notamment des chefs d'État ou leur représentants, des ministres et les médias. Le Sommet comprenait trois segments: le segment des experts, le segment ministériel et le segment présidentiel. Des communications ont été présentées par les organisations participantes, sur des thèmes liés au développement des forêts, comme les activités REDD+ et la lutte contre la pauvreté, l'économie verte et les approches novatrices de financement visant à une gestion forestière durable. Les présentations se proposaient de faciliter une compréhension commune des questions cruciales, des opportunités et des défis auxquels sont confrontés les pays des trois bassins forestiers tropicaux.

Un examen du projet de Déclaration a été effectué dans le cadre du segment des experts. Une version mise à jour a été soumise au segment ministériel, où elle a été revue et finalisée. La nouvelle version a alors été présentée au segment présidentiel, où elle a été adoptée par les chefs d'État ou leurs représentants.

Les délégués sont convenus qu'une plus grande consultation entre pays était nécessaire avant de pouvoir discuter et signer le projet d'Accord de coopération proposé.

Les chefs d'État ou leurs représentants se sont engagés d'un commun accord à prendre des mesures concrètes pour promouvoir le dialogue et la coopération entre leurs pays, et ont confié à leurs ministres en charge des forêts la préparation d'un plan d'action à cet effet. Un comité de suivi, le Bureau de Brazzaville, a été mis en place; dirigé par la République du Congo, avec la participation de la République d'Indonésie et de la République du Guyana, il bénéficie du support technique des agences des Nations Unies et du Fonds mondial pour la nature (WWF). Le mandat du Bureau de Brazzaville consiste à finaliser la rédaction du projet d'Accord de coopération,

en tenant compte des commentaires et remarques des experts, et à obtenir l'appui des pays pour qu'il soit adopté au plus tard lors du Sommet de Rio+20.

Le Président de la République du Guyana, H.E. Bharrat Jagdeo, a été nommé Ambassadeur de bonne volonté des trois bassins forestiers tropicaux.

Pour plus d'informations sur le Sommet et ses documents de base, consulter: <http://www.3bassinsforestiers.org/fr/>.

La Première Semaine africaine des terres arides explore le potentiel en matière de développement



Dans les zones arides, les arbres soutiennent la terre; ils sont parvenus à signifier la différence qu'il y a entre vivre dans une pauvreté misérable et avoir des moyens d'existence durables.



Luc Gnacadja, Secrétaire exécutif de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification

La Première Semaine africaine des terres arides s'est tenue à Dakar du 10 au 17 juin 2011, en correspondance de la date du 17 juin, Journée mondiale de lutte contre la désertification et la sécheresse. Elle portait sur le thème suivant: *Vers une vision globale et un partenariat sur la gestion durable des terres et la gestion des risques climatiques pour l'Initiative du Sahara et du Sahel*. Cette première Semaine africaine des terres arides était une contribution à l'Année internationale des forêts, ainsi qu'à la Décennie pour les déserts et la lutte contre la désertification des Nations Unies.

L'événement a été organisé par la Commission de l'Union africaine (CUA), l'Earth Institute de l'Université de Columbia, l'Union européenne (UE), la FAO, le Gouvernement de la République du Sénégal, le Centre OMD (objectifs du Millénaire pour le développement) de l'Afrique de l'Ouest et du centre, le Secrétariat de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification et Wallonie-Bruxelles International. Plus de 17 partenaires et plus de 200 scientifiques, experts techniques, acteurs du développement, organisations non gouvernementales (ONG), responsables politiques et donateurs se sont rassemblés pour analyser les enjeux constitués par la dégradation des sols, la désertification, le changement climatique et la pauvreté dans la région encerclant le Sahara.

Des sorties sur sites ont illustré les problématiques de la désertification et la réalité des projets sur le terrain. L'un des itinéraires a conduit les participants dans les régions de Kébemer, Linguere et Louga, en vue de visiter divers sites de projets. Ces derniers comprenaient notamment un projet de fixation de dunes et de gestion pour le tourisme, mis en œuvre par le Service forestier du Sénégal en partenariat avec des ONG et des organisations du secteur privé, de même que le projet Opération acacia (voir encadré page 66), mis en œuvre par la FAO avec des partenaires du Sénégal, tels que le Service forestier, des groupes de femmes locaux, le secteur privé et les communautés locales.

La Semaine a comporté des séances plénières et des sessions «café mondial», de même que des groupes de travail. Elle a abordé notamment les thèmes suivants:



FAO/R. FAIDUTTI

Agriculteur faisant pousser des haricots à côté d'un exemplaire de Acacia senegal

(NGARA), et grâce au financement du Gouvernement italien au travers du Fonds fiduciaire pour la sécurité alimentaire et la sécurité sanitaire des aliments, a mis en œuvre avec succès le projet Opération acacia. L'objectif était de consolider la sécurité alimentaire, lutter contre la pauvreté et maîtriser la dégradation des sols des zones arides, dans les pays cités plus haut – lesquels sont producteurs de gommages et de résines. L'approche consistait à renforcer la capacité de ces pays de répondre à ces problèmes grâce à la restauration et à l'amélioration des systèmes de production agrosylvopastoraux avec acacia, et à travers le développement durable des secteurs de la résine et de la gomme.

Les réalisations de ce projet ont été nombreuses. Au total, 13 240 hectares d'acacia ont été restaurés. Des systèmes agrosylvopastoraux ont été établis, et la production de gommages et de résines a été améliorée. Les populations locales ont été autonomisées grâce à un programme intensif de renforcement des capacités portant sur l'utilisation et l'application de la technologie, l'établissement de pépinières et de productions végétales, la production agricole, et la récolte et le traitement des gommages et des résines. L'échange d'informations, la formation, le transfert technologique et le contrôle de qualité des gommages et des résines ont été améliorés grâce au renforcement de l'organisation et de la gestion du NGARA. Un programme décennal pour les pays producteurs de gommages et de résines a été élaboré.

Pour plus d'informations, consulter: www.fao.org/forestry/aridzone/62998/fr/.

- réhabilitation des sols dégradés et lutte contre l'empiètement du sable dans les zones arides;
- science et pratique en vue du reverdissement du Sahel;
- petites et moyennes entreprises – chaîne de valeur des produits des zones arides;
- initiatives et processus visant à l'aménagement durable des terres (et contribuant à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques – CCNUCC –, à la Convention sur la diversité biologique – CDB – et à la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification).

S'appuyant sur les réussites de l'Afrique au niveau local, national et régional, les participants ont rappelé tout au long des sessions que les efforts visant à relever les défis actuels et futurs doivent comprendre l'établissement d'une alliance à l'échelle du continent tout entier. Cette alliance devrait par ailleurs intégrer les stratégies de lutte contre la pauvreté, sur la base des objectifs du Millénaire pour le développement (OMD). Ces stratégies devraient se proposer de transformer les moyens d'existence des communautés locales et l'environnement à travers de bonnes pratiques, telles que la régénération naturelle gérée par les producteurs et d'autres systèmes de production agroforestiers dirigés par les communautés locales; la réhabilitation et la restauration des forêts et terres dégradées; la gestion intégrée des sols et de l'eau; la fixation des dunes de sable; et la foresterie urbaine et périurbaine.

La Première Semaine africaine des terres arides a été l'occasion de manifester un renouveau de la solidarité et de l'unité de la région

Gommages, résines et moyens d'existence

Les pays du Sahel ont été gravement touchés par la sécheresse et la désertification, qui ont eu des répercussions négatives sur des systèmes de production importants tels que la sélection du bétail, l'agriculture et les terres boisées.

Les espèces d'arbres produisant de la gomme appartiennent en général au genre *Acacia*, fort répandu sur le continent africain, en particulier dans les zones arides et semi-arides. En plus de la production de gomme, de fourrage et de bois de feu, les espèces d'acacia contribuent à créer des conditions favorables pour l'agriculture en protégeant les cultures contre les fortes pluies et l'érosion éolienne, en amortissant les conditions climatiques extrêmes et en restaurant la fertilité des sols.

La FAO, en collaboration avec ses partenaires au Burkina Faso, au Kenya, au Niger, au Sénégal, au Soudan et au Tchad, et le Réseau pour les gommages et les résines naturelles en Afrique



Les effets combinés de la dégradation des terres, de la déforestation et de l'épuisement des sols sont particulièrement sévères dans les zones arides et semi-arides. Les causes en sont la surexploitation des forêts, des arbres, des broussailles et des pâturages, la gestion inadéquate des ressources en sols et en eau, de même que la pauvreté et les faibles opportunités de développement, exacerbées par le changement climatique. De nombreux succès majeurs ont déjà été réalisés, fournissant une excellente base sur laquelle s'appuyer.



D'après la Déclaration des participants de la Première Semaine africaine des terres arides

autour du Sahara. Les participants ont recommandé l'organisation d'une seconde Semaine africaine des terres arides de façon à conserver l'élan et maintenir l'engagement à transformer ces écosystèmes durant la Décennie pour les déserts et la lutte contre la désertification des Nations Unies.

Pour plus d'informations sur la Première Semaine africaine des terres arides, consulter: drylandsforum.wordpress.com.



Réunion inaugurale des ministres en charge des forêts de l'APEC à Beijing

La première réunion des ministres en charge des forêts de l'Organisation de coopération économique Asie-Pacifique (APEC) s'est tenue les 6-8 septembre 2011, à Beijing. Elle avait pour thème le renforcement de la coopération régionale pour favoriser la croissance verte et le développement forestier durable.

Les participants couvraient la totalité des 21 économies de l'APEC, et comprenaient notamment neuf ministres, des organisations forestières internationales majeures et des représentants d'associations industrielles et du secteur privé.

Le Président de la République populaire de Chine, Hu Jintao, a ouvert la rencontre.

La réunion a compris des discussions portant en particulier sur les nouveaux défis et opportunités liés à la foresterie en Asie et dans le Pacifique, l'utilisation avisée des ressources forestières pour améliorer les moyens d'existence et promouvoir le développement durable, le renforcement de la gouvernance et de la gestion forestière, et la coopération en vue d'accroître le secteur forestier dans la région.

Reconnaissant les difficultés associées à la disponibilité de ressources et d'énergie, au changement climatique, à la perte de diversité biologique, à la pauvreté et à l'insécurité alimentaire, la réunion a adopté la Déclaration de Beijing sur les forêts et la foresterie. La Déclaration tient compte de la diversité des économies de l'APEC et de leurs besoins de développement. Quinze points d'engagement ont été élaborés, en appui de la croissance verte, de la gestion forestière durable et de la réhabilitation des forêts. Citons, entre autres, les engagements suivants: renforcer l'implication



Les ministres des forêts de l'APEC découvrent une plaque qui commémore les opérations officielles du Réseau de la région Asie-Pacifique pour la gestion et la réhabilitation durable des forêts

politique visant à soutenir la gestion forestière durable ainsi que la conservation et la réhabilitation des forêts; renforcer la coopération internationale en matière de gestion forestière durable; renforcer la coopération des économies de l'APEC sur les politiques forestières et l'aménagement forestier, en vue de consolider les programmes de boisement, reboisement et plantations d'arbres; et renforcer les programmes de proximité visant à sensibiliser le public sur des questions relatives aux forêts.

La Déclaration de Beijing est disponible sur: www.apec.org/Meeting-Papers/Ministerial-Statements/Forestry/2011_forestry.aspx.



Répondre aux menaces pesant sur la santé des forêts

Guide pour la mise en œuvre des normes phytosanitaires dans le secteur forestier.

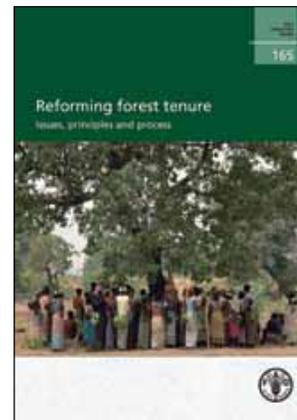
2011. FAO Forestry Paper No. 164. Rome, FAO. ISBN 978-92-5-206785-6.

Produit par un groupe international de scientifiques, autorités phytosanitaires, experts forestiers et représentants de l'industrie, et revu par plus d'une centaine de spécialistes issus de 46 pays, ce guide fournit des informations, pratiques et facilement compréhensibles, expliquant comment l'application de bonnes pratiques de gestion forestière et une mise en œuvre efficace des normes phytosanitaires peuvent minimiser la diffusion des ravageurs et faciliter un commerce sans risque.

Chaque chapitre a été conçu comme un document à part entière pour permettre au lecteur de se concentrer sur des thèmes spécifiques susceptibles de l'intéresser. Un chapitre décrit la façon dont les Normes internationales pour les mesures phytosanitaires (NIMP) touchent l'importation et l'exportation de produits forestiers. La manière dont les acteurs impliqués dans le secteur forestier peuvent réduire le risque de diffusion d'organismes nuisibles grâce à des approches de gestion efficaces fait l'objet d'un autre chapitre. Le chapitre suivant explique comment prévenir l'introduction et la diffusion de ravageurs dans les forêts par le recours à des mesures phytosanitaires. Un chapitre est enfin consacré aux perspectives futures – comment le personnel du secteur forestier peut travailler avec les organismes chargés de la protection des végétaux nationaux pour contribuer au développement et à la mise en œuvre des NIMP et des réglementations phytosanitaires nationales d'une manière qui soit le moins restrictive possible pour le commerce.

Des informations supplémentaires sont apportées en complément, présentant notamment des exemples de ravageurs forestiers et de leurs impacts. Ils sont illustrés avec des photographies en couleur qui montrent le ravageur, ses symptômes et les dégâts que celui-ci provoque sur les possibles hôtes, et un glossaire clarifiant la terminologie employée.

Ce guide constitue une référence essentielle pour les personnes impliquées dans les activités de mise en œuvre de pépinières, plantation, gestion, récolte, traitement, commercialisation et transport de produits forestiers. Il sera aussi utile aux responsables politiques, planificateurs, aménagistes et éducateurs intervenant dans le



secteur forestier, en particulier dans les pays en développement. Il convient de noter qu'il s'agit d'un guide visant à informer le public et fournir des orientations et non d'une interprétation juridique officielle de la Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV) et des documents afférents.

La publication est aussi disponible en ligne sur: www.fao.org/docrep/014/i2080f/i2080f00.htm.

Vers la réalisation d'accords visant à la sécurisation foncière

Reforming forest tenure: issues, principles and process. 2010. FAO Forestry Paper

No. 165. Rome, FAO. ISBN 978-92-5-106855-7.

La sécurisation foncière est une condition préalable essentielle de la gestion durable des forêts. La diversification des régimes fonciers pourrait constituer une base en vue d'améliorer la gestion forestière et les moyens d'existence locaux, en particulier là où l'État ne dispose pas des capacités suffisantes pour assurer la gestion des forêts. Au cours des dix dernières années, de nombreux pays ont commencé à s'employer à réformer leurs systèmes de régime foncier relatifs aux forêts et aux terres forestières, déléguant une partie des droits d'accès et de gestion aux mains de l'État à d'autres acteurs, principalement des ménages, des sociétés privées et des communautés. Cette publication fournit des orientations pratiques destinées aux décideurs et autres personnes intéressées par la réforme des régimes forestiers. S'appuyant sur de nombreuses sources, notamment des évaluations de régimes forestiers menées par la FAO en Afrique, Asie centrale, Asie du Sud-Est et Amérique latine, elle en tire des leçons sur ce qui marche et ce qui ne marche pas, et pourquoi. Elle formule un ensemble de 10 principes susceptibles d'orienter une réforme foncière, et propose un processus adaptatif permettant de diversifier les régimes forestiers d'une manière appropriée au contexte. La publication souligne par ailleurs que, pour être réussie, une réforme foncière doit être étroitement liée aux processus engagés dans le cadre des réglementations et accords de gouvernance associés, et qu'elle doit être envisagée dans le contexte plus général du programme de développement national.

La publication est aussi disponible en ligne sur: www.fao.org/docrep/014/i2185e/i2185e00.htm.



Forêts et développement durable

Situation des forêts du monde 2011. 2011 Rome, FAO. ISBN 978-92-5-206750-4.

La neuvième édition du rapport biennal *Situation des forêts du monde*, publiée au seuil de 2011, proclamée Année internationale des forêts, se penche sur le thème «Changer les voies, changer les vies: les forêts, des voies multiples vers le développement durable». Le rapport explore les sujets essentiels que représentent les industries forestières, les changements climatiques et les moyens d'existence locaux, et examine leur aptitude potentielle à stimuler le développement à tous les niveaux. En outre, sont présentées de nouvelles analyses régionales tirées de l'Évaluation des ressources forestières mondiales 2010 (FRA 2010).

Le rapport se divise en quatre chapitres thématiques. Le premier chapitre analyse quelques-unes des principales tendances régionales, notamment dans les domaines suivants: évolution des superficies forestières; surfaces allouées aux fonctions de production et de protection; importance de la biomasse et de l'emploi. Ces tendances donnent une indication des approches en matière d'utilisation des ressources forestières adoptées par les régions et des mesures que les pays ont prises pour s'adapter aux changements, en termes de systèmes biologiques, politiques et nouvelles techniques de gestion.

La capacité d'adaptation est également un thème clé du deuxième chapitre, consacré au développement des industries forestières durables. Il examine dans quelle mesure l'industrie forestière s'est développée sous l'action de plusieurs facteurs mondiaux déterminants et comment elle peut modifier stratégiquement son approche de l'utilisation des forêts. Un message clé de ce chapitre est que le secteur forestier continue à contribuer d'une manière non négligeable à l'emploi et à la croissance économique d'un grand nombre de pays.

Les changements climatiques occupent une place de choix dans les débats internationaux et les forêts ont un rôle particulier à jouer dans la réponse mondiale. Le troisième chapitre fait le point sur les négociations en cours concernant les forêts et les changements climatiques. Le rapport s'intéresse en particulier aux activités liées à la réduction des émissions causées par le déboisement et la dégradation des forêts, ainsi qu'à la conservation et l'accroissement des stocks de carbone (REDD+). Il donne un aperçu de quelques pistes juridiques émergentes en matière de régime de propriété du carbone forestier et présente différentes approches permettant de déterminer la propriété de la ressource.

Le dernier chapitre met en lumière l'importance des forêts pour les moyens d'existence locaux, en examinant les connaissances traditionnelles, la gestion forestière à assise communautaire, les petites et moyennes entreprises forestières et la valeur non monétaire des forêts. Considérés dans leur ensemble, ces thèmes permettent de montrer la véritable contribution des forêts à la création de moyens d'existence durables et à l'allègement de la pauvreté.

La publication est aussi disponible en ligne sur: www.fao.org/docrep/013/i2000f/i2000f00.htm.

Nouvelles éditions de publications statistiques de la FAO



Capacités de la pâte et du papier: enquête 2010-2015. 2011. Rome, FAO. ISBN 978-92-5-006911-1.

Cette enquête annuelle présente des statistiques sur les capacités mondiales de production de pâte et de papier par pays et par groupe de produits. Elle s'appuie sur les données fournies par des correspondants du monde entier, essentiellement des associations des pâtes et papiers ou des industries productrices, qui représentent quelque 70 pour cent de la production mondiale de papier et de carton.

La publication est aussi disponible en ligne sur: www.fao.org/docrep/014/i2285t/i2285t00.pdf.



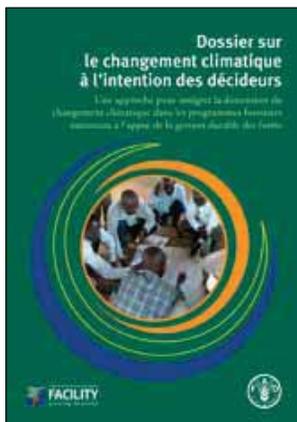
Annuaire FAO des produits forestiers 2009. 2010. Rome, FAO. ISBN 978-92-5-006544-1.

Cet annuaire est un recueil multilingue de données statistiques sur les produits forestiers de base concernant tous les pays et territoires du monde. Cette 63^{ème} édition contient des chiffres annuels sur la production et le commerce de produits forestiers pour la période 2005-2009 et sur la direction des échanges en 2008 et 2009.

La publication est aussi disponible en ligne sur: www.fao.org/docrep/014/i1211m/i1211m00.htm.

Un patrimoine statistique en ligne

La collection complète de l'*Annuaire FAO des produits forestiers* depuis 1947 est maintenant disponible sur le site Internet de la FAO: www.fao.org/forestry/62283/fr/.



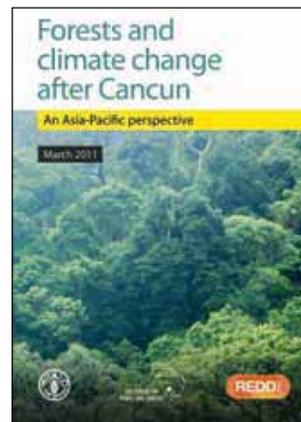
Forêts et changement climatique – brochures

Dossier sur le changement climatique à l'intention des décideurs: une approche pour intégrer la dimension du changement climatique dans les programmes forestiers nationaux à l'appui de la gestion durable des forêts. 2011. FAO, Rome.

Le rôle déterminant des forêts dans l'adaptation aux changements climatiques et l'atténuation de leurs effets est aujourd'hui largement reconnu. Les forêts contribuent de façon significative à atténuer les effets du changement climatique grâce à leurs fonctions de piégeage et stockage du carbone. Elles jouent un rôle essentiel en réduisant les facteurs de vulnérabilité et en renforçant la capacité d'adaptation des populations et des écosystèmes au changement et à la variabilité du climat, ainsi qu'à leurs répercussions négatives, de plus en plus évidentes dans de nombreuses parties du monde.

Dans de nombreux pays, les questions relatives au changement climatique n'ont pas été pleinement abordées dans les politiques forestières nationales, les effets d'atténuation exercés par les forêts et la nécessité d'adaptation au niveau national n'ont pas été prises en compte dans les stratégies en matière de climat, et les dimensions intersectorielles des conséquences du changement climatique ainsi que les mesures à adopter pour y répondre n'ont pas été considérées dans toute leur ampleur. Cette publication présente une approche pratique visant à intégrer la question du changement climatique dans les programmes forestiers nationaux. Elle se propose d'aider les hauts responsables des gouvernements et les représentants d'autres parties prenantes, notamment les organisations de la société civile et le secteur privé, à préparer le secteur forestier à relever les défis et à saisir les opportunités que présente le changement climatique.

La publication est aussi disponible en ligne sur: www.fao.org/forestry/29496-076e84e3cf35af573438dac33bce4b4eb.pdf.



Forests and climate change after Cancun: an Asia-Pacific perspective. 2011.

Bangkok, Thaïlande, RECOFTC. ISBN 978-616-90183-4-6.

La 16^{ème} Conférence des Parties (COP 16) de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) tenue à Cancún, Mexique, en 2010 a changé la donne des négociations en matière de REDD+ et de politiques forestières mondiales. En décrivant les éléments principaux de la REDD+ et en mettant en œuvre sa phase initiale, l'Accord de Cancún en fait une composante essentielle du régime climatique international pour les années postérieures à 2012.

Quels effets auront sur les forêts et leurs utilisateurs en Asie et dans le Pacifique, les décisions issues des pourparlers? S'appuyant sur une initiative similaire lancée après la COP 15 de Copenhague, la FAO et le Centre de formation en foresterie communautaire pour la région Asie et Pacifique (RECOFTC), Bangkok, ont réuni, avec le soutien du projet REDD-Net financé par l'Agence norvégienne de coopération pour le développement (NORAD), 11 experts régionaux en vue de réfléchir à ce sujet. Cette brochure de 28 pages synthétise leurs réponses à 12 questions clés. Ces dernières abordent directement les interrogations posées par la REDD+ et les conséquences qui en résultent, notamment en ce qui concerne les sauvegardes, les coûts, le financement, les enjeux déterminants, les avantages, les engagements contraignants et les négociations futures. La brochure examine également les implications de la méthodologie en rapport avec le Fonds vert pour le climat et l'Utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie (UTCATF).

Cette brève brochure apporte des réponses succinctes à quelques-unes des nombreuses questions qui émergent actuellement dans les débats sur la foresterie et le changement climatique, avec une attention particulière à la Région Asie-Pacifique.

La publication est aussi disponible en ligne sur: www.fao.org/world/regional/rap/nre/about/en/.

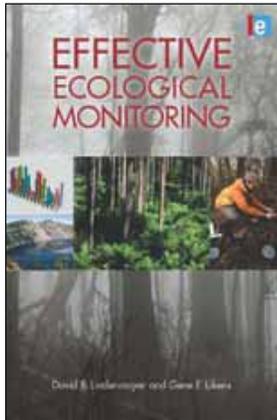


Pour s'abonner, envoyer un courriel à l'adresse:

CLIM-FO-Owner@fao.org

**avec le texte «SUBSCRIBE CLIM-FO-L»,
en laissant en blanc la ligne relative à l'objet du message**

**ou bien consulter le site Internet de la FAO consacré
aux forêts et au changement climatique:
www.fao.org/forestry/climatechange/fr/.**



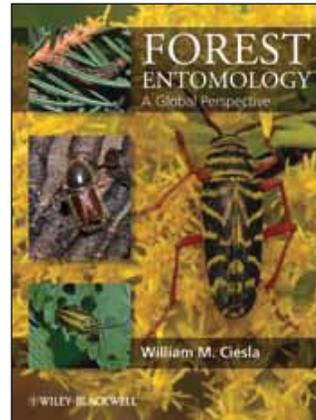
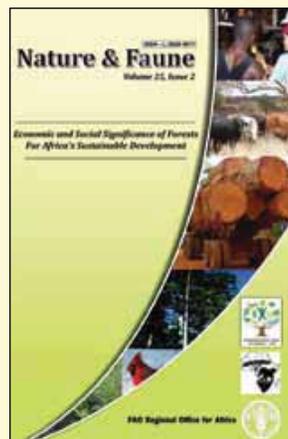
Introduction du concept de «suivi adaptatif»

Effective ecological monitoring. D.B Lindenmayer et G.E. Likens. 2010. Londres, Earthscan. ISBN 978-1-84971-145-6.

Les écologistes et les gestionnaires de ressources naturelles reconnaissent volontiers l'importance du suivi à long terme pour améliorer la compréhension et la gestion des systèmes environnementaux complexes. Les données à long terme constituent en effet une base essentielle pour détecter et évaluer les changements dans la structure et les fonctions d'un écosystème, et pour estimer les réponses de ce dernier face à des perturbations telles que le changement climatique ou la pollution. Ce livre expose certains des pièges et carences déterminants des programmes de suivi écologique. Il décrit par ailleurs quelques caractéristiques importantes si l'on veut que les programmes de suivi à long terme soient viables, en recourant à des études de cas issus d'Australie, du Canada, des États-Unis d'Amérique et du Royaume-Uni. Les auteurs proposent une nouvelle approche, dénommée «suivi adaptatif», qui rassemble les caractéristiques clés des programmes réussis de suivi à long terme au sein d'un cadre logique cohérent. Le livre, écrit dans un style accessible, s'adresse aux profanes avisés et aux décideurs politiques, et chaque chapitre est assorti d'un résumé et d'une liste de références.

Le nouveau numéro de *Nature et Faune* est sorti!

Le Volume 25, Numéro 2, aborde le thème «Importance économique et sociale des forêts pour le développement durable de l'Afrique». Pour consulter le numéro actuel et les numéros précédents, voir le site: www.fao.org/africa/publications/nature-and-faune-magazine/.



Le monde des insectes

Forest entomology: a global perspective. W.M. Ciesla. 2011. Chichester, Royaume-Uni, Wiley-Blackwell. ISBN 978-1-4443-3314-5.

Ce manuel examine les insectes des forêts dans un contexte mondial, et traite des espèces suscitant le plus d'inquiétudes pour les écosystèmes forestiers de la planète.

La première partie étudie les rôles joués par les insectes dans les forêts, la dynamique des populations et leurs effets sur les forêts naturelles, les plantations, les systèmes agroforestiers, les zones boisées urbaines, et les produits ligneux et non ligneux. Les approches de suivi utilisées pour les insectes forestiers sont passées en revue, et des solutions alternatives de lutte contre les insectes nuisibles sont présentées, dans le cadre d'une gestion intégrée des ravageurs. Les bases d'une classification des insectes forestiers en ordres et familles sont par ailleurs examinées. La seconde partie présente les profils mondiaux de 235 insectes forestiers, illustrant leur répartition, leurs hôtes, leurs cycles biologiques et leurs impacts économiques, sociaux et écologiques. Une série de tableaux fournissent des synthèses concernant la répartition et les hôtes de nombreuses autres espèces. Parmi celles-ci, on trouve des espèces nuisibles pour les forêts, d'autres qui sont de simples curiosités et d'autres enfin qui sont des espèces bénéfiques.

Ce livre est conçu pour servir de référence aux étudiants, praticiens et spécialistes en santé forestière. L'ouvrage sera particulièrement utile à ceux qui travaillent dans un cadre international ou qui s'occupent des espèces entomologiques susceptibles d'étendre leur rayon d'action à travers le commerce international et les déplacements ou à cause des changements environnementaux. Les lecteurs pourront télécharger des figures, des tableaux et des images extraits de chaque chapitre, à leur usage personnel ou à des fins d'enseignement, sur un site Internet complémentaire: www.wiley.com/go/ciesla/forest.



Changement, enjeu et opportunités

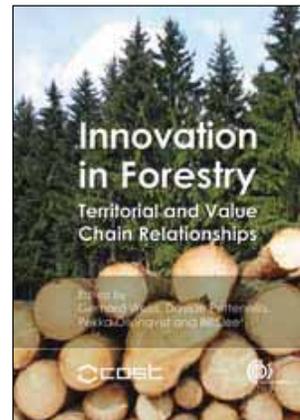
Forests and society: responding to global drivers of change. G. Mery, P. Katila, G. Galloway, R.J. Alfaro, M. Kanninen, M. Lobovikov et J. Varjo (éds.). 2010. IUFRO World Series, Vol. 25. Vienne, IUFRO. ISBN 978-3-901347-93-1.

Produit par le Projet spécial sur les forêts du monde, la société et l'environnement de l'Union internationale des instituts de recherches forestières (IUFRO) en utilisant une démarche de collaboration multidisciplinaire, ce livre identifie les principaux facteurs de changement qui affectent les forêts du monde et les personnes dépendantes de celles-ci, ainsi que les enjeux et opportunités qui en dérivent. Il propose également des moyens de réduire les effets négatifs de ces facteurs et de tirer un avantage des nouvelles opportunités qu'ils sont susceptibles d'apporter.

La publication analyse les grands changements environnementaux tels que le changement climatique et la pollution de l'air, les cycles hydriques et forestiers, et la santé des forêts dans un environnement en mutation. D'autres questions sont également abordées, telles que les changements socioéconomiques liés aux marchés et aux investissements, le développement technologique, l'évolution de l'environnement social et de la santé et du bien-être humains, et le rôle crucial des facteurs de changement nés hors du secteur forestier, comme la demande de terres destinées à l'agriculture et à la production de bioénergie. De nombreux exemples régionaux illustrent comment la société et les institutions peinent à relever les défis du changement, à différents niveaux et dans différentes parties du monde. Pour aborder les enjeux environnementaux, sociaux et économiques auxquels sont confrontées les forêts du monde, l'étude présente les avancées récentes en matière d'approches de gestion des forêts pour la production de bois et d'autres biens et services écosystémiques, ainsi que sur les accords institutionnels les plus aptes à favoriser les efforts visant à surmonter ces défis dans le long terme.

Adaptée à un vaste public, cette publication contribuera à alimenter les débats et la recherche future sur les facteurs de changement et sur les menaces et enjeux auxquels les forêts, la foresterie et les personnes dépendantes de celles-ci, sont confrontées aujourd'hui et seront confrontées à l'avenir.

Un document d'orientation complémentaire, élaboré à partir des conclusions principales du livre, ainsi que différents chapitres de l'ouvrage, sont disponibles en ligne sur: www.iufro.org/science/special/wfse/wfse-achievements.



Innovation et foresteries européennes

Innovation in forestry: territorial and value chain relationships. G. Weiss, D. Pettenella, P. Ollonqvist et B. Slee (éds.). 2011. Wallingford, Royaume-Uni, CAB International. ISBN 978-1-84593-689-1.

L'innovation est de plus en plus reconnue comme un facteur clé de la protection environnementale et d'un développement durable équilibré au sein du secteur forestier. Ce volume présente les résultats des recherches en matière d'innovation dans la foresterie européenne et les industries forestières, couvrant un vaste éventail de processus forestiers qui vont des aspects commerciaux à ceux institutionnels, et des services environnementaux aux produits du marché mondial. Tenant compte des nombreux facteurs qui influencent les processus d'innovation, les auteurs fournissent une base théorique complète pouvant servir de fondement à l'analyse des processus et politiques d'innovation dans un secteur traditionnel et rural, présentant également des études empiriques de processus d'innovation issus des champs les plus importants dans ce domaine. Des études de cas permettent d'illustrer les services territoriaux fournis par le secteur forestier, notamment divers types de services écosystémiques forestiers, comme le piégeage du carbone ou la fonction de récréation et les chaînes de valeur liées au bois, en particulier la construction de charpentes et la bioénergie. Cette publication devrait présenter de l'intérêt pour les chercheurs et les responsables politiques s'occupant de foresterie et de sciences environnementales.

Vous êtes-vous abonné à Infosylva, le service d'informations sur la foresterie de la FAO?



Pour plus d'informations, ou pour vous abonner, veuillez consulter: <http://www.fao.org/forestry/infosylva/fr/>.



iFOn

La nouvelle application mobile du
Département des forêts de la FAO
pour iPhone, iPod touch et iPad.

Testez vos connaissances sur les questions forestières
et tenez-vous à jour sur les dernières nouvelles
relatives aux activités forestières de la FAO.

Disponible maintenant sur Apple iTunes et App Store.



Le Département des forêts de la FAO fournit des ressources en informations
pour répondre aux exigences d'apprentissage et de communication du XXI^e siècle.

www.fao.org/forestry

