

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.

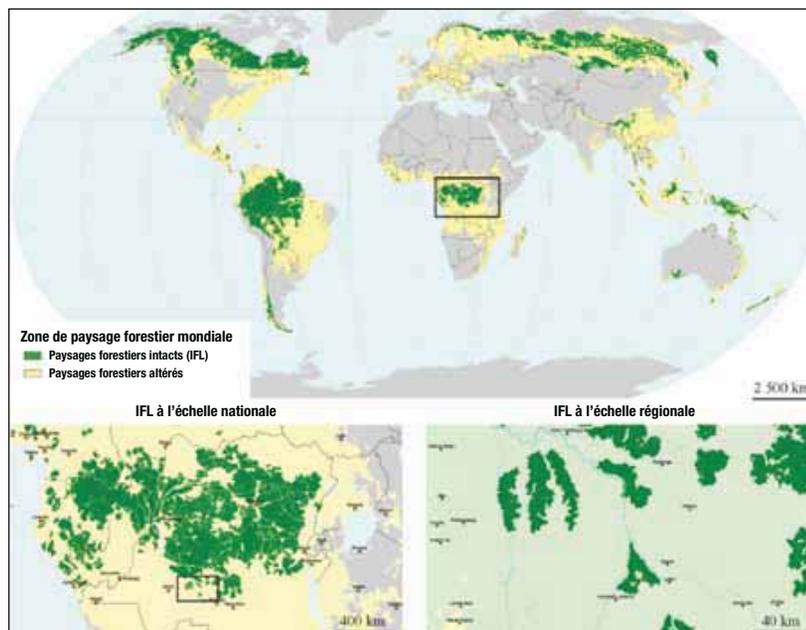
UNE ÉVALUATION MONDIALE DE L'ALTÉRATION DES FORÊTS

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.

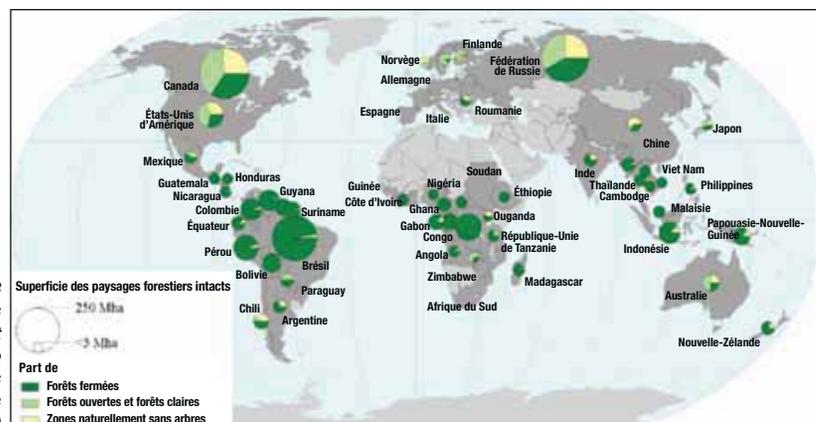
2 L'altération des forêts, exprimée en tant que part des paysages altérés dans la zone de paysage forestier des pays sélectionnés. Les pays compris dans l'analyse sont montrés en gris foncé (62 pays au total)

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). ♦