

# Un suivi de l'exploitation forestière industrielle en République du Congo par télédétection

“Développement d'un Système de Suivi Intégré pour la Forêt Tropicale”

Nadine T. Laporte  
The Woods Hole Research Center  
P.O. Box 296  
Woods Hole, MA 02543-0296 USA  
[nlaporte@whrc.org](mailto:nlaporte@whrc.org)

Tiffany S. Lin  
Woods Hole Research Center  
P.O. Box 296  
Woods Hole, MA 02543-0296 USA  
[tslin@whrc.org](mailto:tslin@whrc.org)

**Résumé:** L'exploitation forestière industrielle représente l'utilisation du territoire la plus étendue dans le Bassin congolais avec plus de 40% des forêts attribuées à l'exploitation sélective des bois. Il y a peu d'information disponible pour suivre la progression de l'extraction du bois et ses répercussions sur l'écosystème forestier. Dans le cadre du projet INFORMS<sup>1</sup>, “Un Système de Suivi Intégré pour les Forêts d'Afrique Centrale,” nous avons développé un système de suivi simple pour documenter l'expansion des routes forestières sur la base d'une série temporelle d'images Landsat. Nous avons aussi testé l'utilisation des images Landsat pour estimer l'intensité de l'exploitation forestière. Ce système de suivi des routes est actuellement utilisé par les services forestiers nationaux de la République du Congo et du Cameroun pour suivre l'expansion de l'exploitation forestière dans ces pays.

**Most-clés:** utilisation du territoire, classification, Landsat, exploitation forestière, République du Congo, Afrique

## INTRODUCTION

Le nord de la République du Congo possède l'une des forêts tropicales la plus enclavée du monde. Elle comprend une partie du Parc Tri-national de la Sangha, le Parc de la Nouabalé Ndoki (Figure 1) et elle est mondialement reconnue pour sa richesse et sa diversité en grands mammifères et ses bois de qualité. Depuis les années 60, cette forêt a été exploitée en parcelles et morcellée petit à petit. L'extraction de bois est en augmentation avec l'attribution ou la re-distribution de plus de 3 millions d'hectares de forêt à l'exploitation forestière dans les 10 dernières années. En ce moment, neuf compagnies forestières internationales se trouvent dans le nord du Congo. Comme les zones d'extraction de bois sont éloignées des ports, les coûts de transport sont estimés à au moins 120 dollars le mètre cube de bois [1]. Par conséquent, plus de 70% du bois extrait est composé de 2 espèces précieuses d'acajou africain—*Entandrophramga cylindricum* (sapelli) et *E. utile* (sipo) [1]. Cette coupe très sélective a un effet permanent sur la densité des tiges et la composition de la forêt et cela peut aussi mener à l'appauvrissement irréversible des espèces *Entandrophragma* si des pratiques sylvicoles appropriées ne sont pas développées et appliquées [2]. De plus, les routes forestières facilitent l'accès aux chasseurs et les populations de

grands mammifères sont menacés par le braconnage [3], aussi les routes altèrent la composition des communautés des petits mammifères en augmentant l'effet de lisière [4].

Les services forestiers des pays africains ont besoin de méthodes rapides et sûres pour suivre l'extraction du bois à l'échelle nationale. La télédétection est un instrument puissant pour identifier et suivre la progression de l'exploitation forestière industrielle [5, 6] et pour évaluer ses répercussions sur la canopée [7]. Cependant, la plupart des services forestiers nationaux et des bureaux de conservation en Afrique Centrale ne possèdent seulement qu'un logiciel de Système d'Information Géographique (SIG) de base comme Arcview et n'ont qu'un accès limité aux logiciels de traitement d'images. C'est pourquoi le mode de suivi opérationnel utilisant la télédétection ne doit pas comporter des procédures compliquées et chères ou dépendre d'un logiciel peu répandu dans la région.

## METHODES

Pour suivre l'expansion de l'exploitation forestière en bordure de la République du Congo, de la République d'Afrique Centrale et du Cameroun, nous avons répertorié les routes principales et secondaires pour 4 scènes Landsat contiguës (environ 30,000 km<sup>2</sup>), en utilisant une série temporelle d'images Landsat de 30 ans, des années 70 aux années 2000 (Table 1).

Path-Row	181-58	181-59	182-58	182-59
1970s	n/a	n/a	1979-03-18	1976-04-20
1980s	1986-01-16	1984-09-07	1986-12-09	1986-12-09
1990s	n/a	1999-11-12	1990-11-26	1990-12-28 1999-02-12
2000s	2000-03-03 2002-01-20	n/a	2001-02-09 2002-04-01	2000-09-18 2001-02-09 2001-05-16

**Table 1.** Série temporelle d'images Landsat utilisées pour suivre l'exploitation forestière industrielle autour du Parc Tri-National de la Sangha entre les années 1970 et 2000.

<sup>1</sup> <http://www.whrc.org/africa>

Premièrement, toutes les images furent co-enregistrées aux produits ortho-rectifiés Earthsat Corp. GEOCOVER<sup>2</sup>. Ensuite, plusieurs compositions colorées fausses-couleurs furent créées pour chaque image, utilisant des combinaisons spectrales différentes et différents étallements de dynamique pour avoir un meilleur contraste et optimiser la détection visuelle des routes sur l'écran. Toutes les compositions colorées d'images furent préparées suivant le format GeoTIFF, utilisant le logiciel PCI Geomatica 8.2<sup>3</sup>. Pour finir, les routes furent digitalisées manuellement à l'écran à l'aide du logiciel ESRI Arcview 3.2.

La totalité du réseau routier répertorié fut enregistrée dans le format vecteur « shape » d'Arcview. Des fichiers furent créés séparément pour chacune des 11 Unités Forestière d'Aménagement (UFA) en exploitation dans le Nord du Congo<sup>4</sup>. Ces fichiers peuvent être mis à jour régulièrement suivant la disponibilité de nouvelles images à haute et très haute résolution (Landsat, SPOT, ASTER, IKONOS, etc.). Le taux annuel d'expansion des routes des compagnies forestières pour l'année 2001-2002 fut aussi établi pour les concessions en opération aux alentours du Parc National Nouabalé-Ndoki<sup>5</sup>. Des estimations provenant de la compagnie forestière CIB (Congolaise Industrielle du Bois) furent utilisées quand des images pour l'année 2002 n'étaient pas disponibles.

Nous avons aussi testé l'utilité des images Landsat pour estimer l'intensité de l'exploitation pour une superficie de 9000 hectares dans l'Unité Forestière d'Aménagement de Kabo. Pour chaque forêt exploitée la CIB collecte le nombre total d'arbres récoltés par parcelle de 50 hectares. Une fois les parcelles positionnées sur l'image Landsat (N= 143), on peut comparer les statistiques de coupe la CIB avec la carte des types forestiers du nord Congo[8].



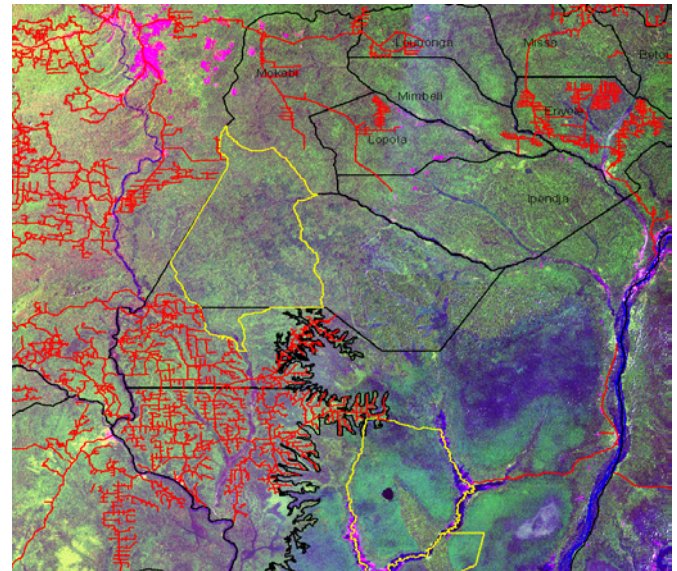
**Figure 1.** Région étudiée: Parc Tri-National de la Sangha à la frontière du Cameroun, Congo, et Rep.Centrafricaine - En vert, extension climacique du domaine forestier en l'absence de la pression humaine.

<sup>2</sup> <http://www.geocover.com/>

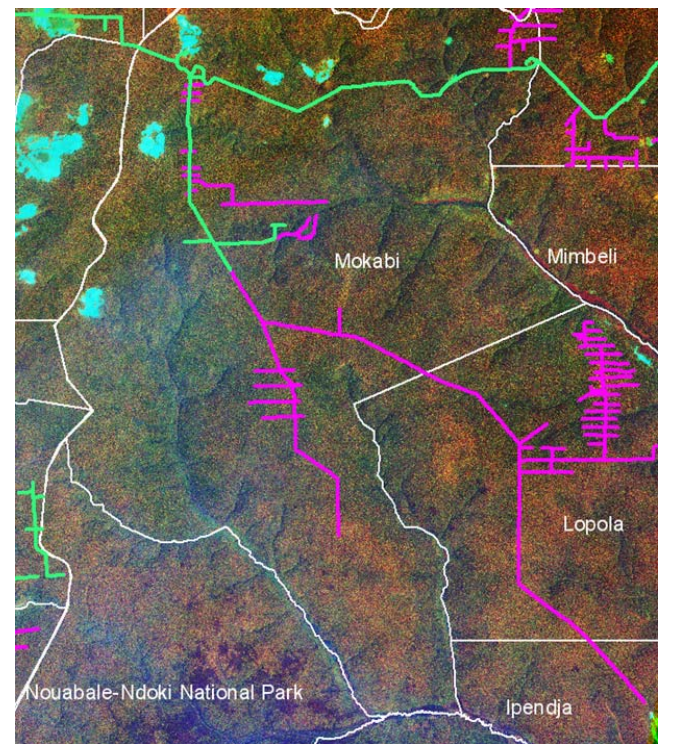
<sup>3</sup> Cette procédure peut être répliquée avec de nombreux logiciels de traitement d'image ou le logiciel ESRI Arcview avec l'extension « Image Analyste ».

<sup>4</sup> Une compagnie forestière peut exploiter plus d'une UFA.

<sup>5</sup> Extension du Parc Tri-National de la Sangha au Nord Congo



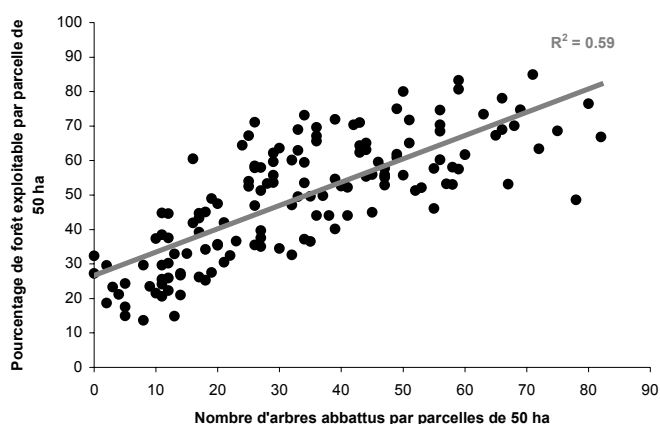
**Figure 2.** Carte de routes d'exploitation forestière industrielle contruit entre les années 70 et les années 2000 dans la région du Parc Tri-National- Mosaïque Landsat combinant les bandes 5, 4,3 en rouge, vert et bleu.



**Figure 3.** Cartographie de l'expansion des routes d'exploitation forestière dans le nord de la République du Congo, pour les UFA Mokabi et Lopola: en vert, les routes répertoriées en utilisant les images Landsat jusqu'en février 2001; en rose, la progression des routes cartographiées en utilisant les images Landsat d'avril 2002. Mosaïque Landsat combinant les bandes 4, 5, 3 en rouge, vert et bleu.

## RESULTATS

Dans le nord du Congo, la longueur totale des routes des compagnies forestières créées dans les 30 dernières années fut estimée à plus de 6000 km—deux fois plus que la longueur totale des routes principales de tout le pays (Figure 2). Entre février 2001 and avril 2002, les routes principales et secondaires augmentèrent par plus de 500 km dans les concessions en exploitation aux alentours du Parc National Nouabalé-Ndoki. Dans l'UFA Mokabi (exploitée par la Compagnie Rougier) et dans l'UFA Lopala (exploitée par BLP-BITAR), 166 km et 176 km de routes furent respectivement construites durant cette période (Figure 3). Ceci se traduit en un taux annuel de 0.05 à 0.09 km de routes forestières construites par km<sup>2</sup> de forêt.



**Figure 4.** Une estimation de l'intensité de l'exploitation forestière avec Landsat- Corrélation entre la proportion de l'image classée comme forêt exploitable pour chaque unité d'extraction de 50 ha (n=143) et le nombre d'arbres abattus ( $r^2 = 0.59$ ;  $p < 0.01$ )

Nous avons aussi observé deux modèles différents de construction de routes pour des concessions appartenant à différentes compagnies forestières. Pour les deux UFAs appartenant à la CIB au sud du Parc National Nouabalé-Ndoki, les routes secondaires sont construites en un réseau irrégulier avec une densité de route moins élevé par unité de surface. Par contre, plusieurs compagnies avec des concessions au nord du parc ont un réseau de routes secondaires parallèles plus dense qui sont à moins de 850 m les unes des autres. Nous pensons que le premier cas (CIB) est dû aux efforts de la compagnie pour réduire la longueur totale des routes construites—pour des raisons économiques et avec l'intention de suivre la mise en oeuvre des pratiques d'exploitation forestière à impact réduit. Le second cas en revanche, peut être dû à un manque d'outillage adéquat pour le débardage des bois, ceci nécessitant

la construction d'un plus grand nombre de routes secondaires pour accéder plus facilement aux arbres abattus.

Dans l'étude pilote d'estimation de l'intensité de l'exploitation forestière dans l'Unité Forestière d'Aménagement de Kabo, pour une assiette de coupe de 9000 ha. Le nombre total d'arbres coupés en 1999 fut donc corrélé avec la proportion de forêt exploitable (nombre de pixels par parcelle) dérivée de l'analyse de l'image Landsat-7 ETM+ (182-59; 2001-02-09)- Figure 4. Nous avons trouvé que le nombre d'arbres abattus était corrélé significativement ( $r^2=0.59$  ;  $p<0.01$ ) avec la proportion de forêt exploitable dans chaque parcelle de 50 ha (Figure 4). La "forêt exploitable" est définie comme une forêt mixte de terre ferme à espèces mélangées avec une canopée semi-persistante ou semi-decidue<sup>6</sup>.

## DISCUSSION

Bien qu'un grand nombre de routes secondaires soit abandonné, la construction de nouvelles routes pour l'exploitation forestière est une menace potentielle pour l'écosystème forestier du nord du Congo. Celles-ci permettent la pénétration des braconniers dans les forêts reculées renforçant la pression sur la faune[3, 9]. Par conséquent, le suivi de l'expansion du réseau de routes forestières facilite grandement à la gestion et conservation de la forêt tropicale [4].

Pour suivre l'exploitation forestière industrielle, les réseaux routiers doivent être répertoriés de façon régulière grâce aux images satellitales. Un minimum de deux années consécutives de jeux de données Landsat est requis pour estimer avec précision la progression des routes.

L'accès gratuit aux images et à la formation technique des forestiers africains est critique pour l'exécution d'un programme de suivi de l'exploitation dans la plupart des pays d'Afrique Centrale. Les images Landsat utilisées dans cette étude furent mises disponibles par la NASA « Science Data Purchase » (Achat de données scientifiques) et par le programme Land Use Land Cover Change de la NASA (Changement de l'Utilisation du Territoire, et le la Couverture Terrestre)<sup>7</sup>. Ces jeux de données traités et interprétés convenablement permettent aux services forestiers nationaux de suivre l'expansion de l'exploitation forestière et de réviser avec précision les limites des concessions forestières. A la CIB, les images furent également utilisées pour optimiser la construction des routes à travers les marécages afin de réduire la longueur totale des routes construites.

<sup>6</sup> La forêt dense humide toujours verte est une forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei* (Limbali). Cette espèce n'est pas encore exploitée au nord Congo en raison de l'absence d'un marché pour ce bois.

<sup>7</sup> <http://lcluc.gsfc.nasa.gov>

## CONCLUSIONS

L'utilisation des images Landsat nous a permis de développer un système opérationnel de suivi d'exploitation forestière industrielle dans le nord de la République du Congo. Cette approche est actuellement mise en oeuvre au Cameroun en collaboration avec le World Resource Institute (WRI) (l'Institut des Ressources Mondiales) et au Congo avec le Centre National d'Inventaire et d'Aménagements des Ressources Forestières et Fauniques (CNIAF).

La télédétection est un élément clé d'un système de suivi forestier à l'échelle du paysage et il est important qu'une information de base précise soit mise à la disposition des ministères chargés de la gestion des forêts, aux privés et aux régisseurs des ressources naturelles afin de pouvoir développer une meilleure gestion des forêts. Comme peu de pays d'Afrique centrale possèdent les ressources nécessaires au développement de leur propre activité de télédétection, il est crucial que des programmes inter-disciplinaires comme celui nouvellement établi dans le cadre de CARPE comme le Partenariat pour les forêts du Bassin Congolais le « Congo Basin Forest Partnership »<sup>8</sup> et le programme déjà existant de la NASA Land Use Land Cover Change (Utilisation du Territoire, Changement de la Couverture Terrestre)<sup>7</sup> continuent de faciliter l'utilisation de ces technologies pour faciliter la surveillance des écosystèmes forestiers tropicaux.

## REMERCIEMENTS

Cette recherche est supportée par le programme de la NASA Land Cover Land Use Change « Utilisation du Territoire et Changement de la Couverture Terrestre » et le Central Africa Regional Program for the Environment (CARPE)—le Programme Régional d'Afrique Centrale pour l'Environnement. Nous voulons remercier la Société pour la Conservation de la Nature « Wildlife Conservation Society » (Paul Elkan, Sarah Elkan, and Fiona Maisels) et la Congolaise Industrielle du Bois (Olivier Desmet and Dominique Paget) pour leur soutien logistique et leur assistance sur le terrain dans le Nord du Congo. Nous voulons aussi remercier Didier Devers pour le pré-traitement des images satellites et Debra Fischman et Jeremy Goetz pour leur aide lors de la digitalisation du réseau routier.

## REFERENCES

- [1] Congolaise Industrielle du Bois, pers. comm.
- [2] Hall, J. S., D. J. Harris, V. Medjibe, and P. M. S. Ashton. 2003. The effects of selective logging on forest structure and tree species composition in a central African forest: implications for management of conservation areas. *Forest Ecology & Management*, in press.
- [3] Robinson, J. G., K. H. Redford, and E. L. Bennett. 1999. Conservation: wildlife harvest in logged tropical forests. *Science* 284(5414): 595-596.
- [4] Malcom, J. R. and J. C. Ray. Influence of timber extraction routes on Central African small-mammal communities, forest structure, and tree diversity. *Conservation Biology* 14 (6):1623-1638.
- [5] Laporte, N., S. J. Goetz, C. O. Justice, and M. Heinicke. 1998. A new land cover map of central Africa derived from multiresolution, multitemporal satellite observations. *International Journal of Remote Sensing* 19: 3537-3550.

<sup>8</sup> <http://www.usaid.gov>

- [6] Laporte, N. T., T. S. Lin, J. LeMoigne, D. Devers, and M. Honzak. 2003. Toward an Integrated Forest Monitoring System for Central Africa. In: *Land Change Science: Observation, Monitoring, and Understanding Trajectories of Change on the Earth Surface*, Ed. G. Gutman. NASA-LCLUC Program, in press.
- [7] Chan, J. C-W, N. Laporte, and R. S. Defries. 2003. Texture classification of logged forests in Tropical Africa using machine learning algorithms. *International Journal of Remote sensing* 24(6): 1401-1407
- [8] Laporte, N. 2002. *Stratification Forestière des UFA Kabo, Pokola, et Loundougou*. Rapport technique au Wildlife Conservation Society. New York, U.S.A. 32 p.
- [9] White, L. J. T. 1994. The effects of commercial mechanised logging on forest structure and composition on a transect in the Lopé Reserve, Gabon. *Journal of Tropical Ecology* 10: 309-318.

