



JRC TECHNICAL REPORTS

Suivi de la dégradation des forêts d'Afrique centrale et de la cartographie des routes dans la région

Atelier sur l'Afrique Centrale, 27-31 Mars 2017

Organisé par le Centre Commun de Recherche (CCR) de la Commission Européenne dans le cadre des projets ReCaREDD et Roadless-For en collaboration et avec la participation de la FAO, la DIAF (Rép. Dém. du Congo), le CNIAF (Rép. du Congo), le MINEPDED et le MINFOF (Cameroun), l'ERAIFT (Kinshasa) et MOABI

Hugh Eva, Frédéric Achard, Bruno Combal, Steve Peedell, Rémi D'Annunzio, Ghislain Vieilledent et Astrid Verhegghen

2017



This publication is a Technical report by the Joint Research Centre (JRC), the European Commission's science and knowledge service. It aims to provide evidence-based scientific support to the European policymaking process. The scientific output expressed does not imply a policy position of the European Commission. Neither the European Commission nor any person acting on behalf of the Commission is responsible for the use that might be made of this publication.

Contact information

Name: Hugh Eva

Address: Joint Research Centre, Via Enrico Fermi 2749, TP 260, 21027 Ispra (VA), Italy

Email: hugh.eva@ec.europa.eu

Tel.: +39 0332 78 5016

JRC Science Hub

<https://ec.europa.eu/jrc>

JRC106682

EUR 28590 FR

PDF	ISBN 978-92-79-68725-9	ISSN 1831-9424	doi:10.2760/152084
-----	------------------------	----------------	--------------------

Print	ISBN 978-92-79-68726-6	ISSN 1018-5593	doi:10.2760/96153
-------	------------------------	----------------	-------------------

Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017

© European Union, 2017

The reuse of the document is authorised, provided the source is acknowledged and the original meaning or message of the texts are not distorted. The European Commission shall not be held liable for any consequences stemming from the reuse.

How to cite this report: Eva, H., Achard, F., Combal, B., Peedell, S., D'Annunzio, R., Vieilledent, G. et Verhegghen, A. Suivi de la dégradation des forêts d'Afrique centrale et de la cartographie des routes dans la région. 2017, EUR 28590 FR; doi:10.2760/152084

All images © European Union 2017

Rapport technique de l'atelier "Suivi de la dégradation des forêts d'Afrique centrale et cartographie des routes"

Rapport préparé par :

Hugh EVA (CCR), **Frédéric ACHARD** (CCR), **Bruno COMBAL** (CCR), **Steve PEEDELL** (CCR), **Rémi D'ANNUNZIO** (FAO), **Ghislain VIEILLEDENT** (CCR) et **Astrid VERHEGGHEN** (CCR)

Avec la contribution de :

André KONDJO Shoko, Direction Inventaire et Aménagement Forestiers (DIAF), Ministère de l'Environnement et Développement Durable (MEDD), Kinshasa, République Démocratique du Congo

Héritier KOY Kondjo, Direction Inventaire et Aménagement Forestiers (DIAF), Ministère de l'Environnement et Développement Durable (MEDD), Kinshasa, République Démocratique du Congo

Jean Daniel MENDOMO BIANG, Ministère des Forêts (MINFOF), Yaoundé, Cameroun

Socrates Mohamed BIANRA, Ministère de l'Environnement et Développement Durable (MINEPDED) REDD+ Technical Secretariat, Yaoundé, Cameroun

Carine MILANDOU, Centre National d'Inventaire et d'Aménagement des Ressources Forestières et Fauniques (CNIAF), Brazzaville, République du Congo

Chérubins Brice OUISSIKA, Centre National d'Inventaire et d'Aménagement des Ressources Forestières et Fauniques (CNIAF), Brazzaville, République du Congo

Jean-Paul RUDANT, Ecole Régionale Postuniversitaire d'Aménagement et de Gestion intégrés des Forêts et Territoires tropicaux (ERAIFT), Kinshasa, République Démocratique du Congo

Guido CECCHERINI, Centre Commun de Recherche (CCR)

Andrea MARELLI, Centre Commun de Recherche (CCR)

Dario SIMONETTI, Centre Commun de Recherche (CCR)

Will TEMPERLEY, Centre Commun de Recherche (CCR)

Christelle VANCUTSEM, Centre Commun de Recherche (CCR)

Leo BOTTRILL, Moabi, Washington D.C., USA

Kristofor CARLE, Moabi, Washington D.C., USA

L'atelier a été organisé par Hugh Eva, Astrid Verhegghen, Bruno Combal et Steve Peedell avec l'appui administratif de Marek Kedziński et Sophie Barbier

Résumé

Un atelier a eu lieu au Centre Commun de Recherche (CCR), à Ispra (Italie), du 27 au 31 Mars 2017. Cet atelier a été organisé dans le cadre des projets *ReCaREDD* financé par la Direction Générale Coopération internationale et développement (DG DEVCO) de la Commission Européenne et *Roadless-For* soutenu par la Direction Générale Action pour le climat (DG CLIMA) dans le cadre du Projet-Pilote « Making efficient use of EU climate finance: using roads as an early performance indicator for REDD+ projects ».

L'atelier a réuni un groupe d'experts des pays partenaires du bassin du Congo en provenance du Cameroun, de la République Démocratique du Congo, et de la République du Congo.

Sujets abordés lors de l'atelier:

- Les nouveaux outils développés par le CCR pour détecter et cartographier la dégradation des forêts et pour cartographier des routes dans le domaine forestier ;
- Une méthodologie pour estimer les émissions dues la dégradation des forêts et la déforestation à partir de cartes préexistantes de changement du couvert forestier ;
- L'amélioration de l'accès aux données du satellite Sentinel-2 (programme Copernicus);
- Théorie et pratique sur la modélisation de la déforestation avec des cas de test ;
- L'utilisation de Google Earth Engine pour le traitement de gros volumes de données satellitaires ;
- Technologie Drone: Une démonstration de la façon de cartographier des zones sélectionnées avec un drone ;
- Revue du projet « Roadless» avec exercices de digitalisation sur l'interface « OpenStreetMap » ;
- Discussion à propos de l'adéquation des images satellites existantes pour la détection de la dégradation des forêts. En particulier en ce qui concerne la fourniture d'estimations des émissions historiques de niveau de référence ;
- Préparation des cas d'essai à mettre en œuvre conjointement par les pays partenaires et le CCR.

Résultats principaux de l'atelier:

- Avec l'accord de coordinateurs nationaux, des cas de tests peuvent être produits pour fournir les estimations d'émissions dues à la dégradation forestière pour des régions « test » dans chacun des pays participants ;
- Possibilité de présenter les résultats de ces cas de test sur les forums nationaux et internationaux avant la fin de l'année ;
- L'importance du transfert de technologie pour estimer les émissions dues à la dégradation forestière a été soulignée. Les cas de test visent non seulement à produire des résultats, mais aussi à habiliter les agences nationales à poursuivre le travail de manière indépendante ;
- La cartographie des routes et des sentiers forestiers à partir des logiciels développés par le CCR avec leurs partenaires a été réalisée. Les partenaires ont exprimé leur souhait de pouvoir mettre en place leurs propres projets dans le logiciel ;
- Une revue des données satellitaires disponibles pour estimer les émissions dues à la déforestation et à la dégradation a montré qu'en raison d'un taux d'acquisition plus faible – les estimations historique (avant 2013) présentent un biais de sous-estimation ;
- The use of spatial modelling of deforestation was found to be useful
- Un deuxième atelier est prévu à l'ERAIFT, Kinshasa, avant la fin de l'année. L'objectif de cet atelier sera de s'adresser à un plus large public de décideurs et de partenaires internationaux et de présenter les résultats des cas de test.



Photo des participants à l'atelier 30 mars 2017

*A.Marelli, S.Peedell, H. Eva, W.Temperly, H. Koy Kondjo, K. Carle, R. D'Annunzio, G. Vieilledent
C. Vancutsem, L. Botrill, B. Combal, A. Verhegghen, D. Simonetti, C. Milandou, B. Ouissika,
J.F. Mendo Biang, G. Ceccherini, S. Bianra, Jean-Paul Rudant, A. Kondjo Shoko, F. Achard*

Table des matières

1. INTRODUCTION	8
2. LA DEFINITION DE LA DEGRADATION FORESTIERE – RESULTATS DES ATELIERS PRECEDENTS	10
3. CALCUL DES EMISSIONS – OPTIONS	12
3.1 Estimation de l' « activité »	12
3.2 Facteurs d'émissions	14
3.3. Méthode de comptabilisation des émissions	14
4. CALCUL DES EMISSIONS – LA PROPOSITION DU CCR	15
5. DONNEES SATELLITAIRES ET METHODES	18
5.1 Commentaire sur la cohérence des séries temporelles de données	18
5.2 Accès aux données des satellites Sentinel-2	19
6. MODELISATION DES PROJECTIONS DE LA DEGRADATION DES FORETS	20
7. CARTOGRAPHIE DES ROUTES DANS LE CADRE DU PROJET ROADLESS-FOR	22
8. PERSPECTIVES	24
9. RÉFÉRENCES	25
ANNEXE 1 – PRESENTATIONS FAITES PAR LE CCR	26
ANNEXE 2 - LISTE DES PARTICIPANTS	27
INTERNATIONAL CONSULTANTS	27
Cameroun	27
République démocratique du Congo	27
République du Congo	28
JRC Staff	28

Remerciements

Cameroun

Dr. WASSOUNI Coordonnateur National pour la REDD+

Dr. René SIWE Coordonnateur Technique

République du Congo

Dr. Georges Claver Boudzanga. Coordonnateur National pour la REDD+

République Démocratique du Congo]

Dr. Léonard Muamba Kanda, le Secrétaire Général à l'Environnement et Développement Durable

Dr. Victor Kabengele le Coordonnateur CN REDD (Coordination Nationale REDD).

1. Introduction

Le projet ReCaREDD a pour objectif de renforcer les institutions de pays-partenaires et les réseaux existants dans leur capacité à rapporter sur les efforts d'atténuation liés à la dégradation forestière (dans le cadre de REDD). Un premier atelier réunissant un groupe d'experts des pays partenaires du bassin du Congo et de l'Afrique de l'Ouest a eu lieu au Centre Commun de Recherche (CCR), à Ispra (Italie), du 20 au 24 Avril 2015, un deuxième en mai 2016 et un troisième du 27 au 31 mars 2017.

Les principaux résultats de ces ateliers ont été publiés dans des rapports techniques^{1,2}.

Le projet pilote ROADLESS-FOREST (figure 1) est une initiative financée par le Parlement Européen afin d'améliorer la compréhension de l'impact des routes sur les forêts tropicales, plus spécifiquement en examinant le rôle du développement des routes sur la déforestation et la dégradation et ses liens avec les émissions. Cette étude est pertinente pour ReCaREDD et présente deux aspects – en premier lieu l'identification et l'amélioration des meilleures sources disponibles pour les données routières en régions tropicales, et deuxièmement en utilisant des séries temporelles d'observations satellitaires pour développer les cartes régionales des modifications passées de la forêt, ainsi que la recherche sur les techniques de modélisation pour projeter les modifications probables de la forêt dans le futur. La 4^{ème} journée de l'atelier se concentre sur le premier aspect, en utilisant les outils génériques de OpenStreetMap avec un interface web spécifique, loggingroads.org, pour tracer les éléments de routes manquants dans les zones ciblées et les ajouter à la base de données globale OpenStreetMap, et obtenir diverses métriques pour montrer comment des campagnes de cartographie spécifiques pourrait être conduites pour cartographier complètement les régions qui sont les plus vulnérables au changement du paysage forestier.



Figure 1 – Le site internet Roadlessforest.eu

¹ Eva, H. et Verhegghen, A. Le projet ReCaREDD: Atelier Afrique Centrale et Afrique de l'Ouest, Ispra, 20-24 Avril 2015, EUR 27776; doi:10.2788/708818

² Verhegghen, A., Bodart, C. & Eva, H.; Projet ReCaREDD - Atelier sur le suivi de la dégradation forestière par télédétection – Brazzaville 2016; EUR 28118; doi:10.2788/72790

Les Objectifs de l'atelier de mars 2017 consistaient en:

Revue des progrès technologiques sur le suivi de la dégradation des forêts d'Afrique centrale dans le cadre du projet ReCaREDD, avec en particulier la considération des aspects suivants :

- Méthodes de détection (données d'activité)

- Facteurs d'émissions

- Méthodes de comptabilisation des émissions

- Accès aux données - notamment les images satellitaire - Sentinel 2

- Mise en œuvre technique - logiciels

Revue des développements technologiques du projet « Roadless-Forest» , avec en particulier la considération des aspects suivants :

- Présentation des outils et des données d'OpenStreetMap

- Cartographie des routes et pistes forestières

Préparation d'un futur atelier régional à l'ERAIFT, Kinshasa, ciblant un plus large public de décideurs et de partenaires internationaux, au cours duquel les résultats des cas de test seront présentés.

2. La définition de la dégradation forestière – résultats des ateliers précédents

Au cours de l'**atelier de 2015**, une discussion sur la définition de la dégradation forestière dans les différents contextes nationaux a été menée. La discussion a mis en évidence l'importance de définir clairement ce qui est considéré comme forêt dans les différents pays afin de pouvoir définir ce qui sera considéré comme dégradation. Les paramètres actuellement utilisés dans la définition de la forêt par chaque pays sont repris dans le tableau 1. Il est également nécessaire de connaître l'état initial pour ensuite suivre les changements de la forêt dans le temps.

Tableau 1 : Paramètres utilisés pour la définition de la forêt dans les différents pays

Pays	MMU (Ha)	Min.hauteurs des arbres	Min.couverture du canopée	Reference
Cameroun	0.5	5	10	
Congo R	0.5	5	30	NERF
Congo DR	0.5	3	30	ER-PIN

La réunion a conclu que :

1/ Une définition claire de la forêt est nécessaire – Possibilité de plusieurs définitions par pays suivant le biome considéré ;

2/ Une unité cartographique qui peut toujours être classée comme forêt (suivant les critères d'hauteur d'arbre et de couvert forestier) mais qui a subi une perte de biomasse due à un impact anthropogénique, devrait être classée comme *forêt dégradée*. L'importance de la dégradation ne peut être quantifiée que sur base de la perte de biomasse.

La déforestation implique une réduction, soit de la couverture, soit de la hauteur des arbres, en dessous des seuils qui définissent une forêt dans une unité cartographique (MMU).

La dégradation des forêts implique des changements – (couverture, hauteurs des arbres etc.) qui implique une modification de la classe de l'unité cartographique que si son taux de couvert forestier décroît en dessous de la valeur minimale de sa définition.

Un **deuxième atelier** pour l'Afrique centrale a eu lieu à Brazzaville, en République du Congo, en mai 2016. Au cours de cet atelier, les nouvelles données satellitaires Sentinel2 ont été présentées et des zones pour les études de tests possibles pour la dégradation des forêts surveillance ont été identifiées. Le CCR et les participants ont discuté des méthodes de comptabilité des émissions.

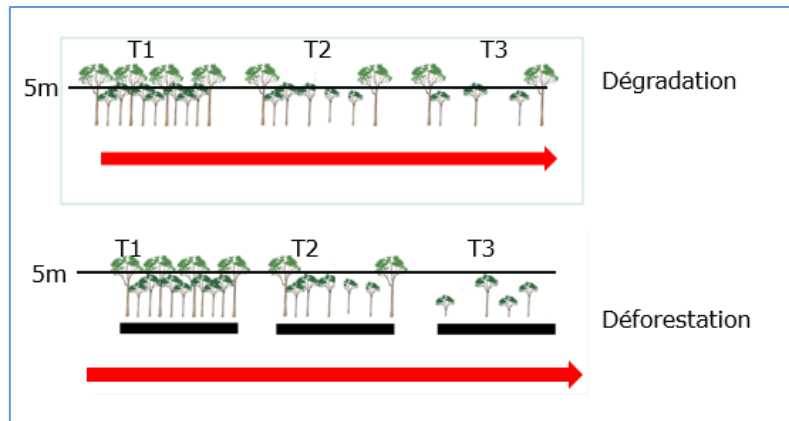


Figure 2: Trajectoires temporelles montrant la différence entre la déforestation et la dégradation.

3. Calcul des émissions – options

Selon les règles de la Convention IPCC/ UNFCC, les pays sont tenus de faire rapport sur les émissions provenant des changements forestiers (déforestation et dégradation) pendant deux périodes distinctes; une période historique (par exemple 2000-2012) et une période récente (2013-2017). Ensuite, idéalement, les pays vont produire des estimations tous les deux ans, et comparer les émissions récentes avec les émissions historiques. Dans le cadre de mécanismes de financements, comme le FCP, un pays recevra des incitations financières pour réduire ses émissions.

Les méthodes utilisées pour calculer les émissions et les périodes de références sont flexibles avec certaines lignes directrices. Les soumissions sont examinées par les représentants des bailleurs de fonds ainsi que par un groupe d'experts.

Un certain nombre de choix doivent être faits pour effectuer une estimation des émissions des changements forestiers, comme les périodes de référence et d'estimation de la dégradation, la méthode de calcul et les facteurs d'émissions appropriés.

3.1 Estimation de l' « activité » (surfaces de dégradation forestière et déforestation)

a) Approche

Le concept fondamental dans l'estimation de la dégradation forestière et de la déforestation requiert de définir un état de référence des forêts, puis d'estimer pour une seconde période la surface de forêts dégradées ou détruites.

Afin de mettre cette idée en œuvre, plusieurs possibilités sont envisageables :

- Définir des strates forestières, définir des échantillons et procéder à une estimation de la dégradation et de la déforestation pour chaque échantillon, avant d'étendre cette statistique à l'ensemble de la strate forestière. Une telle approche offre la possibilité d'intégrer des données de terrains, mais se révèle coûteuse et difficile à mettre en œuvre ;
- Procéder à une estimation systématique de l'ensemble de la strate forestière à l'aide d'un algorithme de détection et en utilisant des données de télédétection spatiale. C'est une approche plus simple à mettre en œuvre, mais qui est certainement moins fine que la première ;

b) Sélection des périodes de comptage

Différents choix peuvent être faits en ce qui concerne les périodes à considérer. On peut utiliser une série d'images s'étalant sur toute la période, ou prendre une simple différence entre des images ou des mosaïques d'images, un au début de la période et une seconde à la fin de cette période. La première option, évaluation continue, a plus de chance de détecter les processus de dégradation, qui risquent d'être rapidement masqués par une repousse de la végétation.

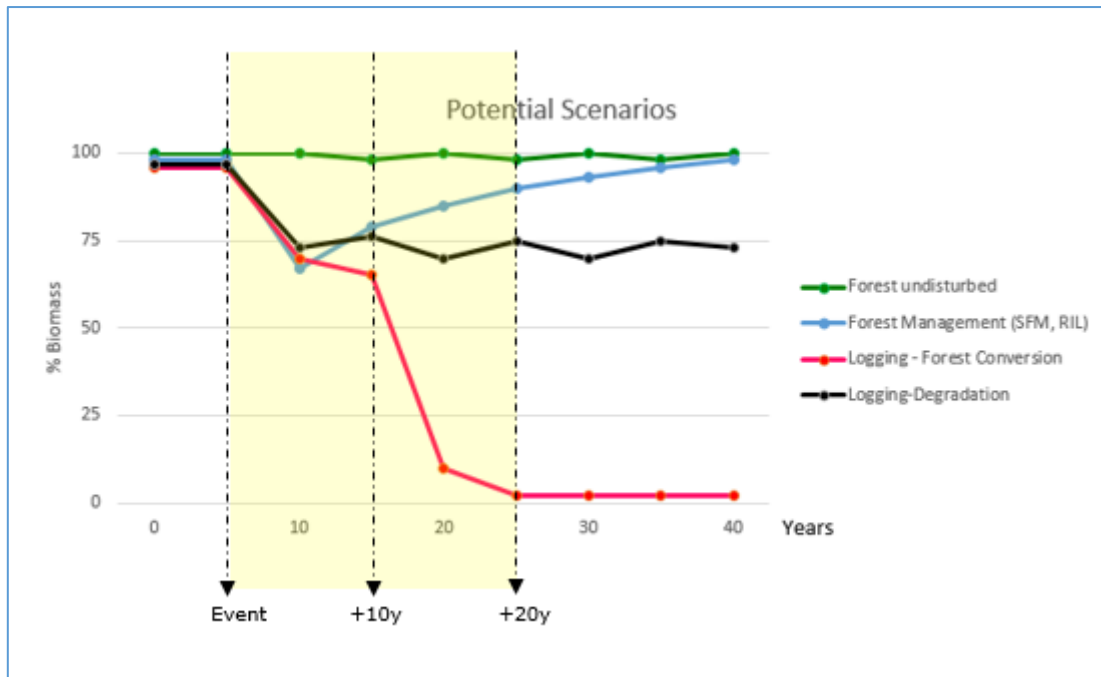


Figure 3: Scénarios potentiels pour les transitions de couverture forestière. Source- Hans Jürgen Stibig

c) Méthode de détection

Afin de détecter des perturbations de la forêt, des procédures de détection automatiques ou semi-automatiques peuvent être appliquées en utilisant les propriétés spectrales des données de l'image, les routines de traitement numériques sont rapides et capables de traiter de larges volumes de données. La revue des résultats doit être faite avec soin, dans la mesure où les algorithmes ne peuvent pas prendre en compte toutes les possibilités de changement dans différents types de forêts et sous différentes conditions.

Une inspection visuelle par un expert a longtemps été considérée comme l'approche la plus efficace et commune. Ici encore, le plus grand soin est requis pour cette inspection, car les conditions d'illumination et la structure de la forêt peuvent conduire à une impression de perturbation qui ne correspond pas à la réalité. Une phase d'inter-calibration entre les interprètes est une procédure nécessaire pour s'assurer de la cohérence des interprétations.

d) Unité de détection / cartographie (MMU)

Différents types d'unités de détection peuvent être utilisés – elles doivent cependant être rapportées à la MMU telle que définit par les services nationaux. Pour les traitements d'images numériques, les pixels sont la base de la détection, mais doivent cependant être agrégés par MMU – des règles ont été développées dans ce but – voir la section 4.

L'évaluation ponctuelle est souvent utilisée en interprétation visuelle – e.g. FAO Collect Earth.

Dans le projet TREES, l'unité cartographique était créée en utilisant des objets de tailles variables (des polygones) – ceci correspondant à la structure des unités de paysage – et sont par conséquent une option intéressante – ils deviennent difficile à manipuler lorsque le nombre d'intervalles temporels augmente, car la modification du paysage implique une création de plus en plus de polygones, ainsi que les résultats d'analyse.

Une solution potentielle consiste à utiliser une grille fixe tout au long de la période (voir section 4). Idéalement, la grille doit correspondre à une MMU.

e) Données disponibles

Les données disponibles pour cartographier les changements de la forêt sur une période de temps sont limitées. Les données d'enquêtes de terrain sont coûteuses, et par conséquent rarement disponibles à l'échelle d'un pays et sur de longues périodes de temps. Elles existent pour des concessions forestières, cependant, dans de nombreux cas ces données sont la propriété des concessions et ne sont pas disponibles pour des raisons commerciales.

La principale source de données satellite provient de Landsat (30 mètres de résolution), qui est en service depuis le milieu des années 80. Bien qu'adapté à la cartographie des événements de déforestation les résolutions temporelles et spatiales du capteur rendent difficile l'extraction systématique de la dégradation de la forêt (voir section 5).

Des images de haute (e.g. 5m pour RapidEye) et très haute résolution existent et ont un plus haut potentiel pour la cartographie des changements de la forêt et de sa dégradation. Cependant, leur couverture est limitée, et ils ont un coût d'acquisition et des archives historiques limitées. Ils sont utilisés principalement pour fournir des données de validation aux résultats issus de données de plus faible résolution. Les données radar sont également une source d'information potentielle, et dans les années récentes sont devenues plus faciles d'accès dans un contexte opérationnel, au-delà des missions de recherche. Alors qu'ils ont l'avantage de pouvoir observer jour et nuit et par tout temps, ils sont limités en terme spectral, par leur résolution et par des artefacts introduits par la topographie.

3.2 Facteurs d'émissions - ΔtC (forêt \rightarrow non-forêt)

Le calcul des émissions repose sur la combinaison des données d'activité et des facteurs d'émission. Le facteur d'émission est la différence de biomasse (en tC/ha ou tCO₂/ha) entre l'état initial et final de la couverture du sol. Il peut être appliqué de manière très simple, avec un facteur appliqué uniformément, ou en utilisant des facteurs multiples, chacun pour différentes transitions de la couverture au sol (e.g. de la forêt dense à la forêt secondaire, de la forêt ouverte à l'agriculture, etc.).

Une méthode plus sophistiquée est d'utiliser les données de référence, généralement une carte, qui est croisée avec la carte des activités.

Tous les pays n'ont pas de telles cartes, cependant un nombre de cartes globales à 500m de résolution existent.³

3.3. Méthode de comptabilisation des émissions

Finalement il faut voir comment on peut intégrer les informations sur l'activité et les facteurs d'émissions pour obtenir une estimation des émissions de carbone liée à la déforestation et à la dégradation entre deux périodes – voir la section suivante.

³ Saatchi, S. S. et al. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. Proc. Natl. Acad. Sci. 2011, 108, 9899–9904.
Baccini, A. et al. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. Nat. Clim. Change 2012, 2, 182–185.

4. Calcul des émissions – la proposition du CCR pour un calcul des émissions séparées pour la déforestation et pour la dégradation

Suite aux ateliers précédents, une méthodologie suivant la définition de la forêt est proposée et implémentée dans l'outil IMPACT Tool pour un calcul des émissions séparées pour la déforestation et la dégradation

Le concept fondamental dans l'estimation des surfaces de dégradation et de déforestation requiert de définir un état de référence des forêts, puis d'estimer pour une seconde période la quantité de forêts soit dégradées soit enlevées et d'estimer la perte de biomasse associée.

Différentes approches existent pour estimer les changements entre l'état de référence et l'état actuel.

Pour des raisons de coûts de mise en œuvre et afin de pouvoir couvrir systématiquement l'ensemble des forêts humide d'Afrique Centrale ; des données de télédétection spatiale sont généralement utilisées et les pertes de forêts sont cartographiées avec un algorithme de détection.

De telles cartes sont par exemple produites au niveau global pour la période 2000-2014 à partir de l'archive Landsat dans le cadre de Global Forest Change⁴. Ces cartes indiquent à la résolution du pixel (30 mètres) et sur base annuelle, toute perte du couvert forestier.

Afin de séparer les modifications du couvert forestier et les émissions de CO₂ liées qui sont attribuables soit à la dégradation forestière, soit à la déforestation, une approche basée sur la définition de la forêt est proposée pour définir des unités forestières au sein desquelles les changements sont catégorisés. Les définitions nationales sont généralement assez larges et se basent sur trois contraintes :

- Une surface minimale au sol, en générale de ½ hectare ou 1 hectare, la forme n'est pas précisée ;
- Une hauteur minimale du couvert forestier. Ce paramètre est très difficile à contrôler par télédétection spatiale ; le signal capté par le satellite étant intégré verticalement ; ce paramètre est soit ignoré, soit relégué à une carte de référence produite par un tiers ;
- Un taux de couvert arboré minimal dans l'unité forestière.

La définition des unités forestières peut faire débat. L'approche à laquelle pense naturellement le forestier de terrain consisterait à détourner les forêts sur un fond de carte, à rejeter toute unité plus petite que la dimension minimale de la définition nationale et finalement à appliquer le traitement statistique défini plus loin dans ce document. Cette approche imposerait plusieurs contraintes :

- La nécessité pour chaque pays de créer et valider ses unités forestières
- La définition des unités change avec le jeu de données qui a été utilisé pour tout pays où la dynamique forestière est importante ;
- Pour un pays où le couvert forestier est très étendu et continue on obtient de très grandes zones homogènes, le concept de paysage est dans ce cas moins important ;

L'approche retenue pour cette première version consiste à appliquer une grille régulière à travers un pays entier ou une sous-région, le pas de grille ayant les dimensions minimales de la définition (1/2 hectare ou 1 hectare). Pour chaque élément de grille on estime le taux de couvert arboré : un élément de grille insuffisamment arboré ne sera pas pris en compte dans les calculs. Il en résulte un détourage automatique des zones forestières plus large à l'échelle du paysage, à la résolution de ½ hectare ou 1 hectare.

⁴ M. C. Hansen et al., "High-resolution global maps of 21st-century forest cover change," Science, vol. 342, no. 6160, pp. 850–3, Nov. 2013.

Deux périodes regroupant plusieurs années peuvent être comparées. Pour l'instant, le module implémenté dans Impact Tool prend comme donnée d'entrée une image raster de 5 classes indiquant les pixels qui n'ont pas changés (soit restés non-forêt soit forêt) et les pixels qui ont perdus leur couvert forestier lors de la première ou de la deuxième période d'intérêt. Une classe est attribuée à chaque unité en fonction des règles de décision illustrées dans la Figure 4 avec la cartographie, Figure 5.



Figure 4: Règles de décision des classes des unités forestières

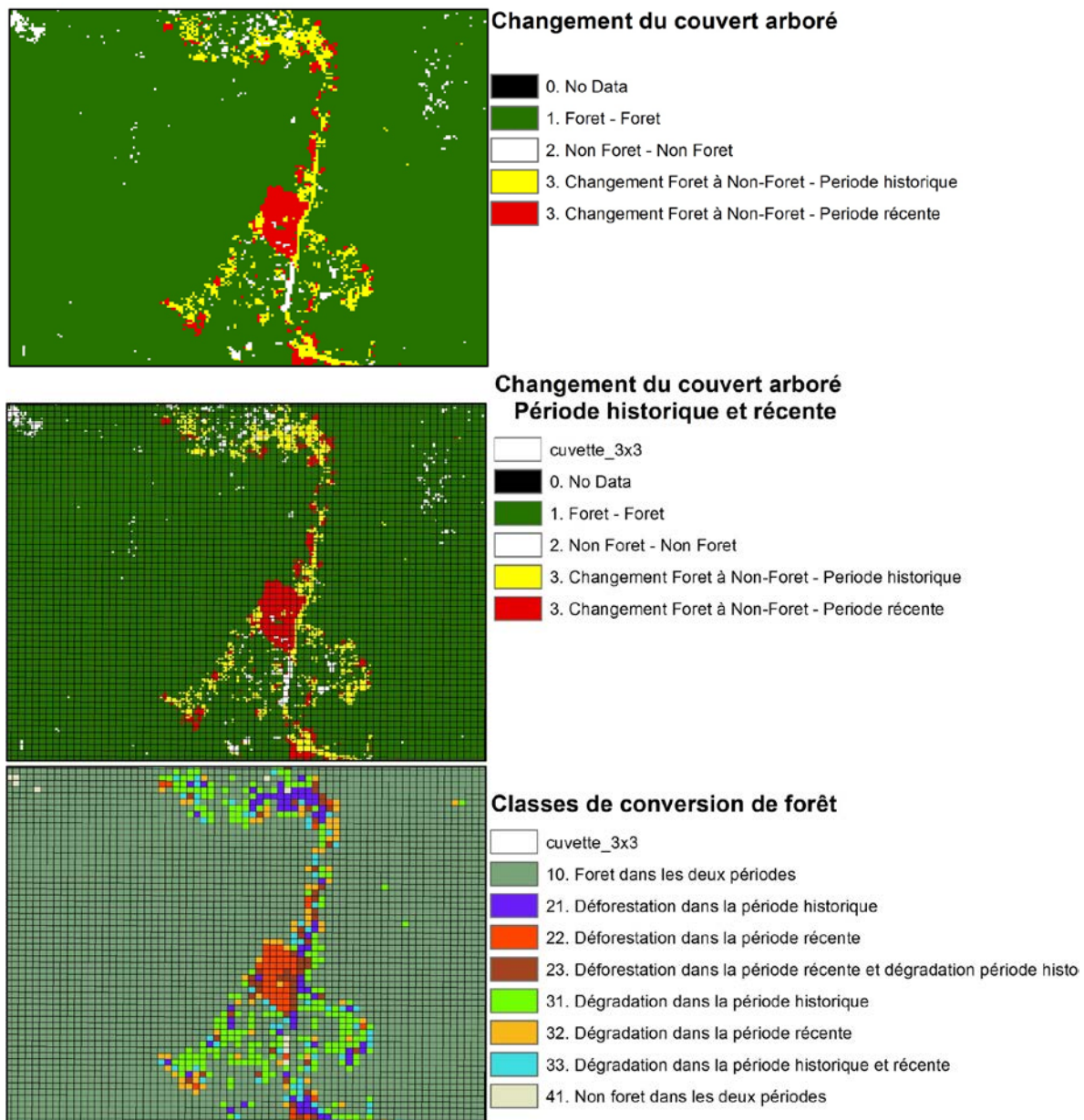


Figure 5: Cartographie des changements des unités forestières

Les méthodes de surveillance de la dégradation présentées ici ont été développées par plusieurs scientifiques du CCR. Nous remercions particulièrement Catherine Bodart et Rosana Grecchi pour leur travail sur la quantification des processus de dégradation (Grecchi et al, 2017).

5. Données satellitaires et méthodes pour mettre en évidence les émissions récentes et historiques

Au cours des dernières années, deux facteurs ont considérablement amélioré la capacité de cartographier et de surveiller les changements forestiers :

- Le lancement de Landsat 8 et un nouveau plan d'acquisition pour la série Landsat ;
- Le lancement de Sentinel 2a et 2b – avec chacun un capteur de 10m résolution et une période de revisite de 10 jours chacun (5 jours en prenant les 2 satellites).

Le nombre élevé d'acquisitions résultant de ces deux sources est d'une importance capitale pour la cartographie de la dégradation des forêts, car les effets de la dégradation disparaissent rapidement des séries d'observation en raison de leur petite taille (souvent proche de la résolution spatiale des images satellites) et des repousses rapides.

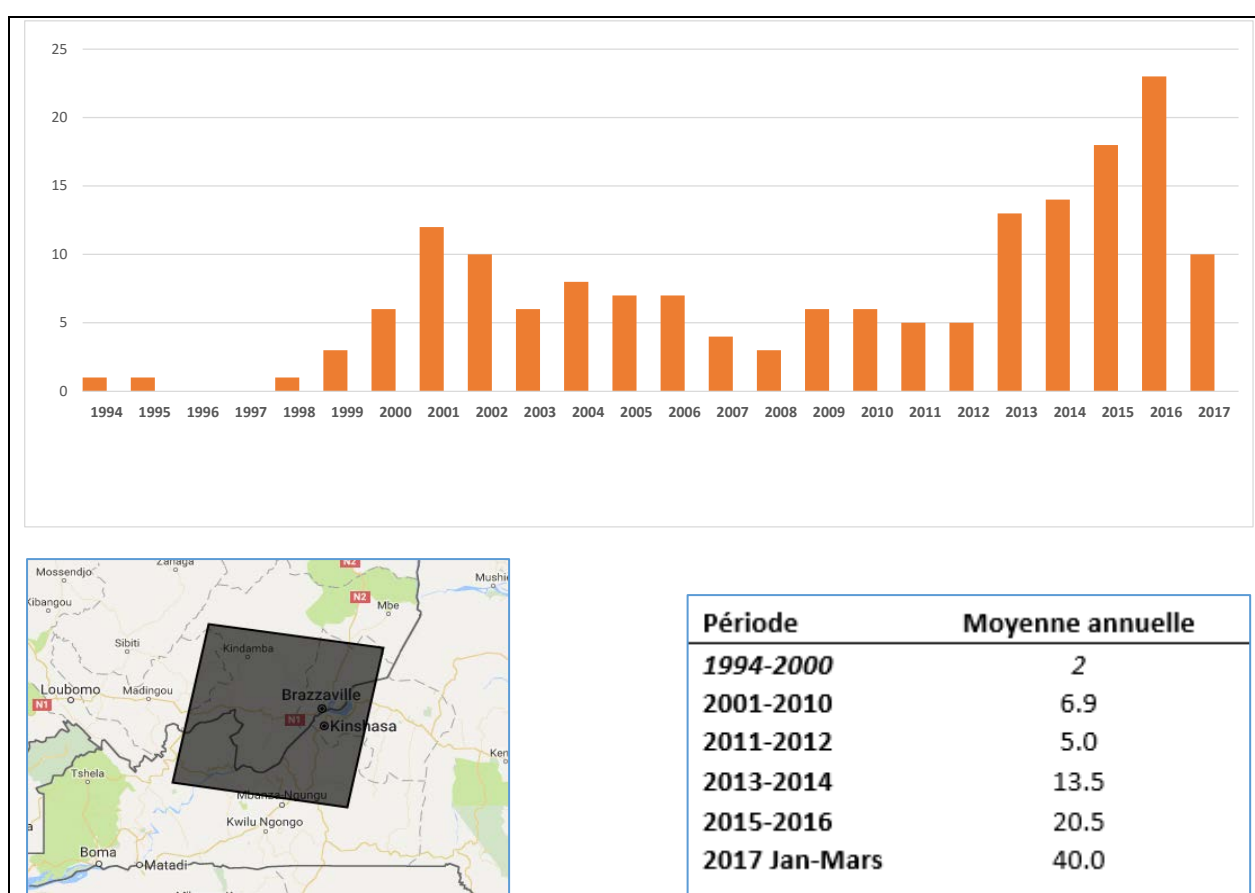


Figure 6: Le nombre moyen annuel de scènes acquises sur Brazzaville-Kinshasa

5.1 Commentaire sur la cohérence des séries temporelles de données

Les observations Landsat8 sont plus fréquentes que dans les séries précédentes.

La différence entre le nombre d'acquisitions annuelles pendant la période 1990-2013 et la période récente ultérieure est marquée comme le montre la Figure 6: le nombre d'acquisition a considérablement augmenté. Par exemple, Le nombre moyen annuel de scènes acquises sur Brazzaville-Kinshasa est passée de 2 à 40 au cours des 40 dernières années (Figure 6).

Il en résulte un plus grand nombre de détections de changements forestiers (déforestation et dégradation) par rapport aux années précédentes (c'est-à-dire en utilisant des séries Landsat présentant moins d'observations annuelles du même pixel). Cela résulte du nombre plus élevé d'opportunités pour détecter un événement de déforestation / dégradation. Pour la dégradation, le biais sera plus élevé, car les traces d'un événement de dégradation ne durent que pendant une courte période.

5.2 Accès aux données des satellites Sentinel-2

Afin d'améliorer l'accès aux données Sentinel-2, le CCR a mis en place un portail de données, CID (Community Image Data portal), offrant outre les données différents services de traitements. Le portail CID est accessible à l'adresse :

<https://cidportal.jrc.ec.europa.eu/forobs/sentinel.py>

L'interface web permet de sélectionner des données en utilisant différents critères :

- Le taux de nuage observés sur la scène ;
- L'orbite de l'observation ;
- La période d'observation.

Il est à noter que pour sélectionner une image puis la télécharger, il est nécessaire de créer une session. Celle-ci requiert d'indiquer une adresse email (à la seule fin que le système puisse garder à part les données qui vous sont utiles, il ne s'agit pas réellement d'une identification, l'adresse peut être fictive), puis de cliquer sur une des tuiles vertes de l'empreinte au sol des images sélectionnées. Les images correspondantes apparaissent dans une liste et peuvent être à leurs tours sélectionnées et réservées dans un panier.

Les images réservées peuvent soit être téléchargées telles quelles, soit subir un prétraitement afin de réduire leur volume, par exemple en découpant la donnée suivant une zone d'intérêt, en sélectionnant seulement certaines bandes ou en ré-échantillonnant l'image à une résolution spatiale plus grossière.

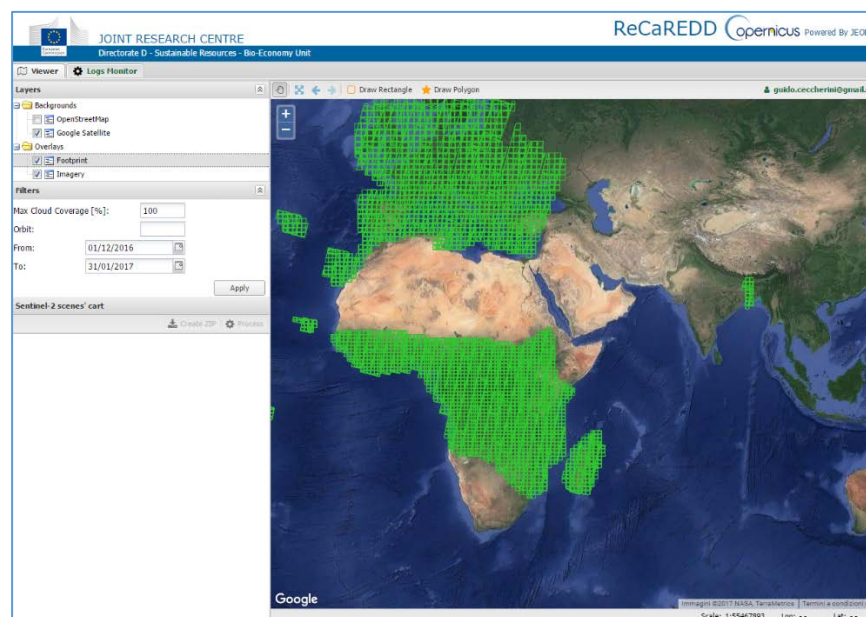


Figure 7: Portail de données d'images communautaires (CID) du CCR pour télécharger les images S2

6. Modélisation des projections de la dégradation des forêts

L'établissement de scénarios de déforestation en zone tropicale est utile pour anticiper l'avenir et orienter les politiques publiques autour des questions de développement et de conservation. Les scénarios permettent notamment d'identifier les zones à risque de perte de biodiversité et d'estimer les futures émissions potentielles de CO₂ associées à la déforestation. Plusieurs scénarios peuvent être envisagés, le plus intéressant étant sans doute celui auquel on peut s'attendre en l'absence de changement majeur (scénario de référence ou « business-as-usual »). Ces scénarios peuvent être utilisés au niveau local pour la mise en place du mécanisme REDD+ (Réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts) et la gestion des réseaux d'aires naturelles protégées.

Pour la modélisation de la déforestation, deux processus sont considérés. Le premier s'intéresse à l'intensité de la déforestation (le nombre d'hectares déforestés par an) et le second à la localisation de la déforestation (probabilité spatiale de déforestation). Le modèle portant sur la localisation de la déforestation permet de prédire la probabilité spatiale de déforestation en fonction de variables environnementales décrivant l'accessibilité de la forêt (distance aux routes, villages et rivières, distance à la lisière de la forêt, topographie), son statut de protection (appartenance au réseau d'aires naturelles protégées) et son historique (distance à la déforestation passée). Un module Python (module « deforestprob »: <https://github.com/ghislainv/deforestprob>) a été développé afin de pouvoir estimer rapidement la probabilité spatiale de déforestation à grandes échelles (nationales ou continentales) avec une résolution fine (~30m) et de prédire quelles seront les zones à risques de déforestation et les zones refuge de la biodiversité dans le futur. L'intérêt de cette approche réside dans le fait que la déforestation future est spatialement explicite. Elle tient compte du fait que le processus de déforestation n'est pas homogène sur l'ensemble du pays. Ainsi, en combinant les cartes de déforestation future avec des cartes de biomasse forestière, il est possible d'estimer les émissions de CO₂ liées à la déforestation en tenant compte du fait que les zones déforestées peuvent avoir des stocks de biomasse très différents de la moyenne estimée par type de forêt par exemple.

Les partenaires du Congo-Brazzaville, de la RDC et du Cameroun ont pu tester cette approche sur leur pays lors de l'atelier de travail (voir Figure 1). Les tutoriels pour l'obtention de ces scénarios et les résultats sont disponibles à l'adresse:

<https://github.com/ghislainv/workshopReCaREDD>.

Suite à l'appropriation de l'outil de modélisation lors des ateliers de formation, les pays partenaires peuvent affiner le scénario et l'adapter à leur contexte national. Ils peuvent par exemple modifier le jeu de variables explicatives en entrée ou utiliser une carte de déforestation historique établie à partir d'une définition de la forêt à l'échelle nationale.

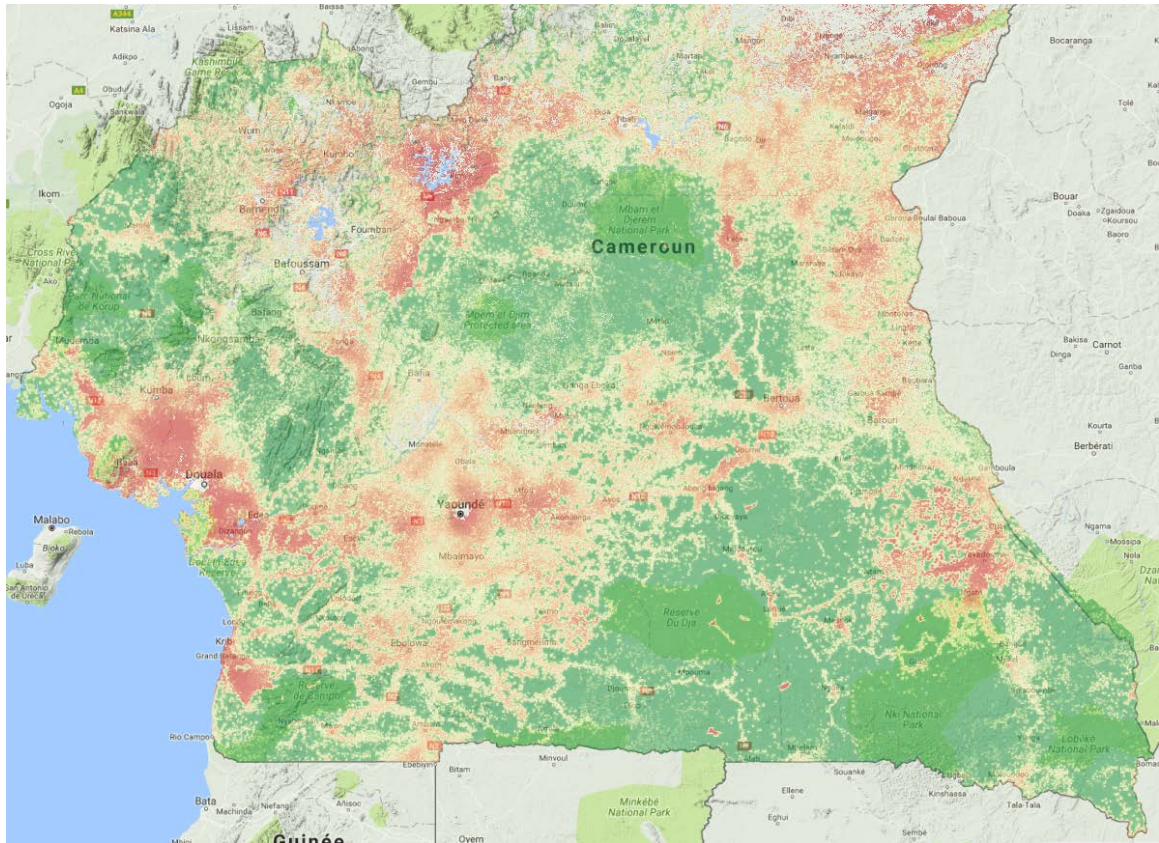


Figure 8: Probabilité de déforestation pour les forêts du Cameroun.

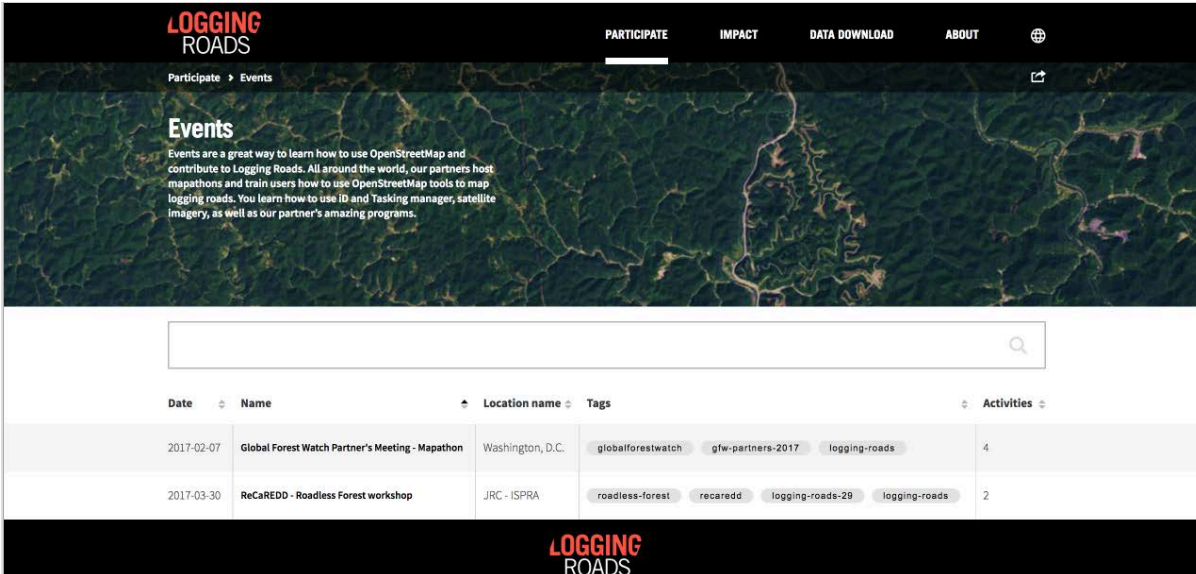
Couvert forestier: source Hansen et al. 2013, couvert arboré > 50%, année 2010. La probabilité de déforestation est faible (vert) dans les zones reculées et au sein des aires protégées et forte (rouge) autour des grosses villes comme Douala ou Yaoundé ainsi qu'à proximité des routes (réseau routier apparaissant en rouge au sud de la carte).

7. Cartographie des routes dans le cadre du projet Roadless-For

Utilisation d'outils cartographiques communautaires et de données open source pour améliorer la cartographie de base des régions forestières en Afrique Centrale.

OpenStreetMap souligne l'importance de la connaissance locale – C'est une base de données globales, bâtie par une communauté de cartographes qui fournit et maintient des données sur les routes, sentiers, points d'intérêt, élément du paysage et plus encore. Dans bien des cas, ces données sont équivalentes aux données officielles, ou même parfois meilleures. Alors que de nombreux centres urbains sont bien cartographiés, les régions forestières éloignées sont souvent négligées, ce qui a pour conséquence des données manquantes, périmées ou imprécises. A travers le projet ROADLESS FOREST, le JRC tente d'attirer l'attention sur ces régions, en utilisant le concept de « gestionnaire d'attribution de tâches » ainsi que les outils initialement développés pour les crises humanitaires. En collaboration avec MOABI, une ONG travaillant principalement en RDC, nous avons supporté la mise-à-jour du design du site logginroads.org afin de fournir une plateforme dédiée, bâtie sur les outils OpenStreetMap. Cela permet de mettre en place des tâches, qui peuvent être le point focal d'exercices de cartographie spécifiques, présenté sous la forme de « mapathons » ou « mapping parties » (fêtes de cartographies, figure 9).

Les participants ont vu non seulement comment utiliser les outils, mais aussi comment les utiliser dans leur propre pays, en utilisant leurs connaissances des régions à cartographier en priorité.



The screenshot shows the 'LOGGING ROADS' website. At the top, there is a navigation menu with 'PARTICIPATE', 'IMPACT', 'DATA DOWNLOAD', and 'ABOUT'. Below the menu is a large satellite map of a forested area. A text box on the map reads: 'Events are a great way to learn how to use OpenStreetMap and contribute to Logging Roads. All around the world, our partners host mapathons and train users how to use OpenStreetMap tools to map logging roads. You learn how to use iD and Tasking manager, satellite imagery, as well as our partner's amazing programs.' Below the map is a search bar and a table of events.

Date	Name	Location name	Tags	Activites
2017-02-07	Global Forest Watch Partner's Meeting - Mapathon	Washington, D.C.	globalforestwatch gfw-partners-2017 logging-roads	4
2017-03-30	ReCaREDD - Roadless Forest workshop	JRC - ISPRA	roadless-forest recaredd logging-roads-28 logging-roads	2

Figure 9 – Site web de logginroads.org

En utilisant de produits de sortie de séries temporelles d'images Landsat, pour identifier les modifications de la forêt, des aires peuvent être mises évidence en tant que tâches (i.e. de petits carrés qui sont assignés à une personne particulière pour la durée de l'exercice, et le tracé des routes réalisé en utilisant les meilleures images satellites disponibles. Les images peuvent comprendre des images Landsat, mais aussi les images Sentinel qui offrent une résolution plus élevée et d'autres capteurs. Au cours de l'exercice, plusieurs centaines de kilomètres de routes manquantes ont été numérisées et ajoutées à OpenStreetMap. Les participants ont également pu utiliser l'outil « to-fix » pour mettre à jour les attributs de dates manquantes pour les routes existantes en se rapportant au catalogue d'images annuelles pour identifier en quelle année une coupe est apparue pour la première fois.

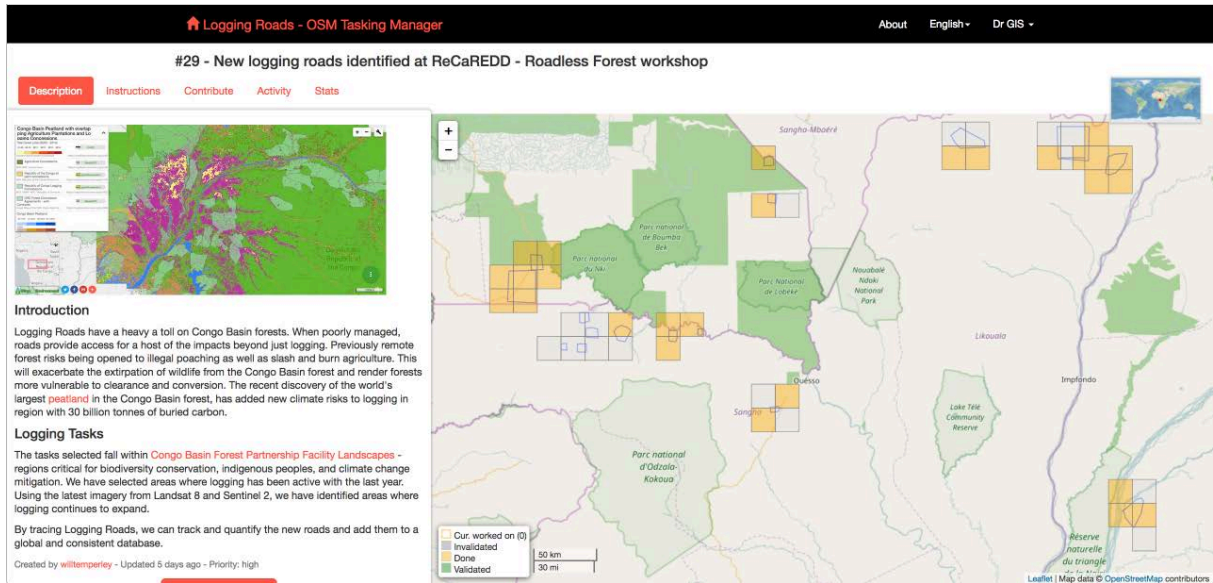


Figure 10 – Interface du gestionnaire de tâches



Figure 11 – Couche image supplémentaire pour l'éditeur d'identifiant.

8. Perspectives

Les pays partenaires du projet ReCaREDD en Afrique Centrale ont exprimé une série de recommandations liées à leurs besoins, à laquelle le CCR tentera de répondre (voir Annexe). Ces recommandations incluent les points suivants :

- Un meilleur accès aux données satellitaires à résolution spatiale fine (<10m). Les partenaires du projet ReCaREDD souhaitent avoir à disposition régulièrement des images satellites récentes, par exemple tous les 2/3 mois. L'opportunité de fournir un tel accès aux images satellitaires est à envisager à travers le CCR ou à travers les délégations de l'Union Européenne dans cette région.
- Le renforcement du transfert de technologie sur les méthodologies de suivi de la dégradation forestière par télédétection, avec en particulier accès gratuit et libre (via internet) aux outils de traitement d'image
- La mise en place et continuation de formations approfondies sur l'utilisation de ces outils avec possibilité de mise à disposition en ligne (à travers le réseau internet) de matériel de formation
- Le développement de la participation à des activités communes de traitement et d'analyse sur des zones test avec l'équipe de ReCaREDD (continuation et renforcement d'un travail en commun)
- L'implication et formation d'étudiants d'universités et de membres d'organisations non gouvernementales de la sous-région
- Pour assurer la continuation du support technique (et des services) fournis par le projet ReCaREDD, les agences nationales en charge de l'implémentation de REDD+, en particulier les services d'inventaire forestier et les cellules de coordination de REDD+, doivent manifester leur soutien au projet ou aux représentations de l'Union Européenne.

9. Références

Achard F, R Beuchle, P Mayaux, H-J Stibig, C Bodart, A Brink, S Carboni et al., Determination of Tropical Deforestation Rates and Related Carbon Losses from 1990 to 2010. *Global Change Biology*, Volume 20, Issue 8, pp. 2540–2554, (2014).

Eva HD et A Verhegghen, Le projet ReCaREDD: Atelier Afrique Centrale et Afrique de l'Ouest, Ispra, 20-24 Avril 2015, EUR 27776; doi:10.2788/708818

FAO. Assessing Forest Degradation - Towards the Development of Globally Applicable Guidelines. *Forest Resources Assessment Working Paper*, FAO, Rome, (2011).

Grecchi R et al., An integrated remote sensing and GIS approach for monitoring areas affected by selective logging: a case study in northern Mato Grosso, Brazilian Amazon *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* in press (2017)

Hojas-Gascón L, PO Cerutti, HD Eva, R Nasi, and C Martius. Monitoring Deforestation and Forest Degradation in the Context of REDD + Lessons from Tanzania, *CIFOR InfoBrief*, No. 124, (2015).

Miettinen J, H-J Stibig, and F Achard. Remote Sensing of Forest Degradation in Southeast Asia—Aiming for a Regional View through 5–30 M Satellite Data. *Global Ecology and Conservation*, Volume 2, pp. 24–36 (2014).

Verhegghen A ,Eva HD, Ceccherini G, Achard F, Gond V, Gourlet S, Cerutti PO. The Potential of Sentinel Satellites for Burnt Area Mapping and Monitoring in the Congo Basin Forests. *Remote Sens.*, 8, 986; (2016)

Table des figures

Figure 1 – Le site internet Roadlessforest.eu	8
Figure 2: Trajectoires temporelles montrant la différence entre la déforestation et la dégradation.	11
Figure 3: Scénarios potentiels pour les transitions de couverture forestière.	13
Figure 4: Règles de décision des classes des unités forestières	16
Figure 5: Cartographie des changements des unités forestières	17
Figure 6: Le nombre moyen annuel de scènes acquises sur Brazzaville-Kinshasa	18
Figure 7: Portail de données d'images communautaires (CID) du CCR pour télécharger les images S2	19
Figure 8: Probabilité de déforestation pour les forêts du Cameroun.	21
Figure 9 – Site web de loggingroads.org	22
Figure 10 – Interface du gestionnaire de tâches.....	23
Figure 11 – Couche image supplémentaire pour l'éditeur d'identifiant.	23

Annexe 1 – Présentations faites par le CCR

Dégradation de la forêt: principes et définitions.

Les nouveautés d'Impact Tool. Installation sur les PCs des participants.

Pan-sharpening et mosaïques spatiales.

Accès aux données Sentinel-2 par le portail SID. Exercice d'accès et d'utilisation des données Sentinel. Traitement avec Impact (clipping et reprojection).

K-mean sur les données Sentinel-2.

Google Earth Engine. Démonstration : mosaïques Sentinel-2 sans nuages.

Emissions de biomasses -Présentation : définitions, méthodes, données d'entrée ?

Utilisation du module de comptage par « Minium Mapping Unit » sur les données Global Forest Change (ou Facet).

Présentation des résultats du travail de terrain dans l'exploitation forestière au nord de la République du Congo – Potentiel Sentinel 2 ; présentation de l'exploitation de GPS de haute précision.

Indicateur "NBR". Test case in SE-Asia.

Créer un jeu de données d'entrée alternatif. Utilisation de Sentinel-2 et NBR.

Sélection de données S2 à télécharger par le JRC

Téléchargement de données S2 depuis le portail de données du JRC.

Modélisation -Cours, installation du logiciel, tests : deforestprob

Drone: vol et analyse de données.

Introduction et préparation au workshop OSM

Le projet "Roadless Forest" - cadre, objectifs, résultats

Introduction aux outils "Open Street Map"

Présentation : la carte des forêts tropicales humides intactes

Annexe 2 - Liste des participants

INTERNATIONAL CONSULTANTS

Remi D'Annunzio

FAO international consultant for REDD+ MRV
Forestry Policy and Resources Division (FOA).
Email : Remi.DAnnunzio@fao.org

Professor Jean-Paul Rudant

Ecole Régionale Postuniversitaire d'Aménagement et de Gestion intégrés des Forêts et Territoires tropicaux (ERAIFT)

Email : Jean-Paul.Rudant@u-pem.fr

Leo Bottrill

Founder and Director, MOABI
leobottrill@moabi.org
moabi.org

Kristofor Carle

Lead Developer, MOABI
kris@moabi.org

Cameroun

Jean Daniel Mendomo Biang

Délégué Départemental des Forêts et de la Faune de la Boumba et Ngoko
MINFOF-Cameroun
Email: medax2002@yahoo.fr

Socrates Bianra Mohamed

REDD+ Technical Secretariat/ MINEPDED
P.O.box. 320 Yaoundé, Cameroon.
Email : bianramohameds@gmail.com

République démocratique du Congo

André Kondjo Shoko

Chef de Division Inventaire Forestier
Direction Inventaire et Aménagement Forestiers (DIAF)/MECNT
Kinshasa
Email: kondjosh@yahoo.fr

Héritier Kondjo

Direction Inventaire et Aménagement Forestiers (DIAF)/MECNT
Email : heritierkondjo@gmail.com

République du Congo

Carine Milandou

Centre National d'Inventaire et d'Aménagement des Ressources Forestières et Fauniques (CNIAF) du Ministère de l'économie forestière et du développement Durable (MEFDD) de la République du Congo
Email: carinesat@yahoo.fr

Chérubins Brice Ouissika

Centre National d'Inventaire et d'Aménagement des Ressources Forestières et Fauniques (CNIAF) du Ministère de l'économie forestière et du développement Durable (MEFDD) de la République du Congo
Email: ouissikadiamansuka@gmail.com

JRC Staff

Projet ReCaREDD

Frédéric ACHARD – Chef du Projet
Guido CECCHERINI
Bruno COMBAL
Hugh EVA
Andrea MARELLI
Dario SIMONETTI
Christelle VANCUTSEM
Astrid VERHEGGHEN
Ghislain VIEILLEDENT - CIRAD Visiting Scientist

Projet ROADLESS

Steve PEEDELL – Chef du Projet
Will TEMPERLEY

JRC MESA et GMES AFRICA

Antoine ROYER

Disaster Risk Management Unit

Peter SPRUYT

Appui Administratif

Sophie BARBIER
Marek KEDZIERSKI
JRC emails: firstname.secondname@ec.europa.eu e.g. hugh.eva@ec.europa.eu

***Europe Direct is a service to help you find answers
to your questions about the European Union.***

Freephone number (*):

00 800 6 7 8 9 10 11

(* The information given is free, as are most calls (though some operators, phone boxes or hotels may charge you).

More information on the European Union is available on the internet (<http://europa.eu>).

HOW TO OBTAIN EU PUBLICATIONS

Free publications:

- one copy:
via EU Bookshop (<http://bookshop.europa.eu>);
- more than one copy or posters/maps:
from the European Union's representations (http://ec.europa.eu/represent_en.htm);
from the delegations in non-EU countries (http://eeas.europa.eu/delegations/index_en.htm);
by contacting the Europe Direct service (http://europa.eu/europedirect/index_en.htm) or
calling 00 800 6 7 8 9 10 11 (freephone number from anywhere in the EU) (*).

(* The information given is free, as are most calls (though some operators, phone boxes or hotels may charge you).

Priced publications:

- via EU Bookshop (<http://bookshop.europa.eu>).

JRC Mission

As the science and knowledge service of the European Commission, the Joint Research Centre's mission is to support EU policies with independent evidence throughout the whole policy cycle.



EU Science Hub
ec.europa.eu/jrc



@EU_ScienceHub



EU Science Hub - Joint Research Centre



Joint Research Centre



EU Science Hub

