



HAL
open science

UAV et suivi de la déforestation et de la dégradation des forêts dans le bassin du Congo: état des lieux et analyse comparative avec les images satellite de haute résolution

R. Sufo Kankeu, Denis Jean Sonwa

► To cite this version:

R. Sufo Kankeu, Denis Jean Sonwa. UAV et suivi de la déforestation et de la dégradation des forêts dans le bassin du Congo: état des lieux et analyse comparative avec les images satellite de haute résolution. *Revue internationale de géomatique, aménagement et gestion des ressources*, 2017. halshs-02354208

HAL Id: halshs-02354208

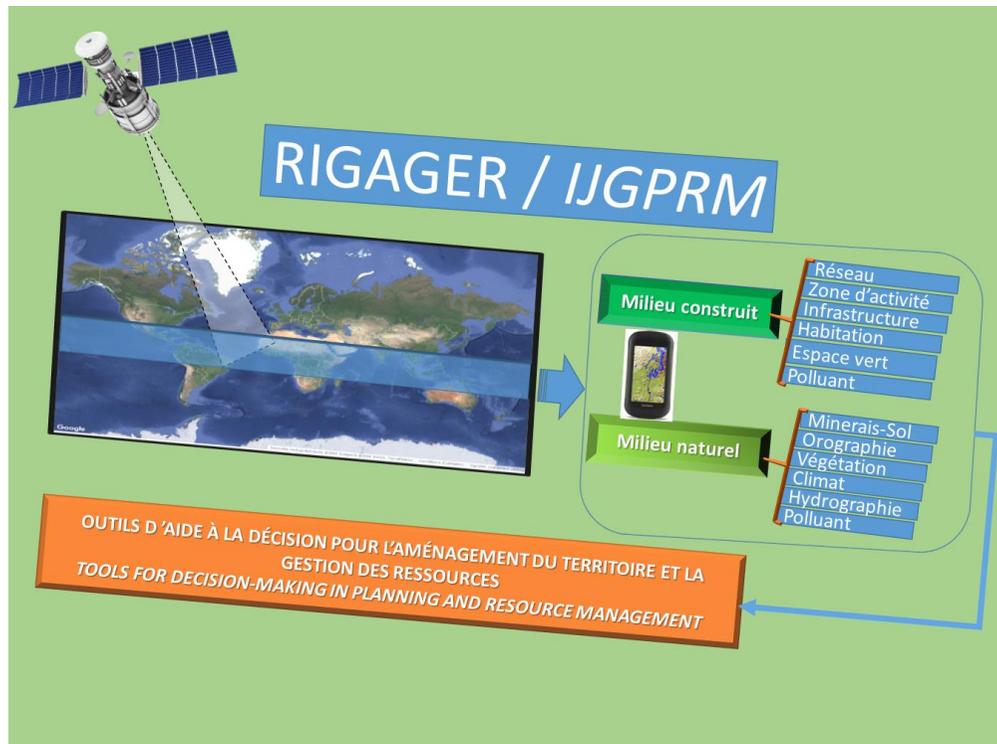
<https://shs.hal.science/halshs-02354208v1>

Submitted on 13 Nov 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

REVUE INTERNATIONALE DE GÉOMATIQUE, AMÉNAGEMENT ET GESTION DES RESSOURCES



Numéro 1 / *First Issue*

**Technologies géospaciales et évaluation de la
dynamique et des potentiels de séquestration du
carbone des forêts du bassin du Congo**

*Geospatial technologies and evaluation of the dynamics
and capacities of carbon sequestration of the Congo
basin forests*

***INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOMATICS,
PLANNING AND RESOURCES MANAGEMENT***

N° e_ISSN : 2520-9574, Volume 1, Juin 2017. Site Web: www.acager.org

RÉDACTEUR EN CHEF / CHIEF EDITOR

TCHOTSOUA Michel, Professeur Titulaire des Universités, tchotsoua@gmail.com, Responsable du Laboratoire de Géomatique, Université de Ngaoundéré, Cameroun.

RÉDACTEUR EN CHEF – ADJOINT / ASSOCIATE CHIEF EDITOR

TALLA TANKAM Narcisse, Chargé de Cours, narcisse.talla@univ-dschang.org, Membre de l'équipe STIC du Laboratoire Automatique et Informatique Appliquée (LAIA), IUT Fotso Victor, Université de Dschang, Cameroun.

CONSEIL ÉDITORIAL / EDITORIAL COUNCIL

DONGMO Jean Louis, Professeur Emérite, Universités de Yaoundé 1, Cameroun.

NGUENDO YONGSI Blaise, Chargé de cours, nguendoyongsi@gmail.com, IFORD, Université de Yaoundé 2, Cameroun.

RUDANT Jean Paul, Professeur Emérite, rudant@univ-mlv.fr, Université de Marne-la-valée, France.

COMITÉ SCIENTIFIQUE / SCIENTIFIC COMMITTEE

AOUDOU DOUA Sylvain, aoudoudoua@yahoo.fr, Chargé de cours, Université de Maroua, Cameroun.

BALGAH Sounders NGUH, juniorsa2002@yahoo.co.uk, Associate Professor, University of Buea, Cameroon.

FAURE Jean-François, jean-francois.faure@ird.fr, Institut de Recherches pour le Développement, UMR ESPACE-DEV, France.

FOGWE Zephania NJI, nfgwez@yahoo.co.uk, Maître de Conférences, Université de Bamenda, Cameroun.

KOUAME Fernand K, kouamef@yahoo.fr, Professeur, Université Félix Houphouët-Boigny, Cote d'Ivoire.

MAÂTOUK Mustapha, maatoukm@gmail.com, Professeur, Faculté des Sciences et Techniques de Tanger, MAROC.

MADJIGOTO Robert, rmadjigoto@yahoo.fr, Maître-Assistant, Université de Ndjamena, Tchad.

MAPONGMETSEM Pierre Marie, piermapong@yahoo.fr, Professeur, Université de Ngaoundéré, Cameroun

MERTENS Benoit, benoit.mertens@ird.fr, Institut de Recherche pour le Développement, France.

NGUENDO YONGSI Blaise, nguendoyongsi@gmail.com, Chargé de cours, Université de Yaoundé 2, Cameroun.

OKANGA-GUAY Marjolaine, m_okanga_guay@yahoo.fr, LAGRAC, Département de géographie, Université Omar Bongo, Gabon.

ONGUENE AWANA Nérée, nereeoa678@yahoo.fr, Directeur de Recherches, IRAD - Nkolbisson, Cameroun.

PINET Camille, cpinet@ignfi.fr, Project manager, Institut Géographique National, France.

RUDANT Jean Paul, rudant@univ-mlv.fr, Professeur, Université de Marne-la-valée, France.

SALEY MAHAMAN Bachir, basaley@yahoo.fr, Maître de Conférences, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire.

SIMEU KAMDEM Michel, sodziwa@gmail.com, Docteur d'Etat, Institut National de Cartographie de Yaoundé, Cameroun.

TALLA TANKAM Narcisse, narcisse.talla@univ-dschang.org, Université de Dschang, Cameroun.

TCHINDJANG Mesmin, tchindjang.mesmin@gmail.com, Maître de Conférences, Université de Yaoundé 1, Cameroun.

TCHOTSOUA Michel, tchotsoua@gmail.com, Professeur, Université de Ngaoundéré, Cameroun.

TSAYEM DEMAZE Moises, moise.tsayem-demaze@univ-leman.fr, Professeur, Université du Maine, France.

WAKPONOU Anselme, wakponouanselme@gmail.com, Maître de Conférences, Université de Ngaoundéré, Cameroun.

YOUTA HAPPY, jyoutahappi@hotmail.com, Maître de conférences, Université de Yaoundé 1, Cameroun.

SECRETARIAT-COMITÉ DE LECTURE / SECRETARIAT-DRAFTING COMMITTEE
AMADOU Bertrand, amadoubertand@gmail.com, Université de Ngaoundéré,
Cameroun.
AOUDOU DOUA Sylvain, aoudoudoua@yahoo.fr, Université de Maroua, Cameroun.
BASKA TOUSSIA Daniel Valérie, baskatoussia@yahoo.fr, Université de Maroua,
Cameroun.
FENDJI KEDIENG EBONGUE Jean Louis, jlfendji@univ-ndere.cm, Université de
Ngaoundéré, Cameroun.
HAMDJA NGONIRI Alexis, hamdjaalexis@yahoo.fr, Institut National de Cartographie
(INC), Cameroun.
MBENGUE NGUIME Martin, mbenguen_mb@yahoo.fr, Université de Ngaoundéré,
Cameroun.
NDJEUTO TCHOULI Prosper Innocent, ndjeuto@gmail.com, Université de
Ngaoundéré.
NGONE Delphine DIELLE épouse DZENE, delphinedielle@yahoo.com, Université de
Ngaoundéré, Cameroun.

ATTRIBUTIONS

La Revue Internationale de Géomatique, Aménagement et Gestion des Ressources (RIGAGER) publie en français ou en anglais des articles originaux ou de synthèse, des notes de lecture ou/et de recherche, des comptes rendus de mémoires, de thèses ou d'ouvrages résultant des recherches effectuées dans le domaine de la Géomatique, de l'aménagement ou de la gestion des ressources. Ses structures de base sont :

Conseil Editorial

Il définit les orientations pour la revue en fonction notamment de l'évolution des problématiques de recherche dans le champ scientifique. Il propose des thèmes et des Editeurs Scientifiques pour les dossiers thématiques et valide les appels à contribution.

Comité Scientifique

Le comité scientifique est composé de chercheurs relevant des disciplines concernées par le champ thématique de la revue et qui lui apportent leur garantie scientifique.

Il participe à l'élaboration des orientations de la revue et soutient l'effort du secrétariat et du comité de rédaction. Les membres du comité scientifique s'assurent, en collaboration avec le comité de rédaction, de la validité des articles soumis à la revue. Les membres sont consultés sur la politique éditoriale de la revue. Ils participent à l'élaboration des plans d'action à long-terme. Ils sont consultés en ce qui concerne les problématiques devant être traitées dans chacun des dossiers de la revue.

Les membres du comité scientifique assurent anonymement l'évaluation des articles reçus par le comité de rédaction, et proposent d'autres lecteurs.

Lorsqu'un des membres doit être remplacé, il propose au rédacteur en chef des noms de chercheurs du même champ disciplinaire.

Comité de Rédaction

Il se prononce sur la charte de rédaction et sur la mise en forme des articles et s'assure de la qualité de la langue de rédaction. Sa constitution qui incombe au Conseil Editorial, varie en fonction des articles et thématiques.

ATTRIBUTES

The International Journal of Geomatics, Planning and Resources Management (IJGPRM) publishes original articles or summaries, research notes, dissertations, thesis or books resulting from research carried out in the field of Geomatics, resources development and management. Articles can be submitted either in French or in English. Its basic structures are:

Editorial Board

It decides on the orientations for the journal, especially in the light of the evolution of the research problems in the scientific field. It proposes themes and Scientific Reviewers for the special numbers and validates calls for proposals.

Scientific Committee

The scientific committee is made up of researchers from all disciplines who may be interested in the specialized fields of the journal and who provide scientific input.

It charts the guidelines of the journal and facilitates the running of the secretariat and the drafting committee. Members of this committee shall ensure, in collaboration with the Editorial Board, the authenticity of articles submitted for review. Members are consulted on the editorial policy of the journal. They are involved in the development of long-term action plans. They are consulted on the issues to be dealt with in each of the journal aspects.

Members of the scientific committee ensure anonymity during the evaluation of articles received by the editorial board, and propose other readers.

When any of its members has to be replaced, it proposes to the editor-in-chief some names of researchers within the same Specialization.

Drafting Committee

It decides on the charter for the drafting and editing of articles and ensures the quality of the drafting language. Its constitution, which falls to the Editorial Board, varies according to the articles and themes.

Remerciements

Nous remercions l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), qui, à travers le programme GEOFORAFRI (Renforcement des capacités et accès aux données satellitaires pour le suivi des forêts en Afrique Centrale et de l'Ouest), a financé le projet DYFRAC¹ conduit par le Laboratoire de Géomatique de l'Université de Ngaoundéré, au Cameroun.

Nous tenons aussi à remercier l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) et le Service de Coopération et d'Action Culturelle (SCAC) de l'Ambassade de France au Cameroun, qui ont permis aux participants originaires de 12 nationalités d'Amérique du Nord, d'Europe et d'Afrique, de participer au colloque sur les Technologies Géospatiales, d'où sont sorties les contributions constituant le premier numéro de cette Revue, en prenant en charge leurs frais de mission.

L'accès libre et gratuit aux images spatiales et aux ressources pédagogiques, sujet sur lequel Jean Paul Rudant a consacré son intervention, enrichit aujourd'hui notre capacité à nous consacrer au suivi environnemental grâce aux images spatiales dans de bien meilleures conditions qu'auparavant.

Cette opportunité touche tous nos collègues impliqués dans la surveillance du bassin du Congo. La présence de Jean Paul Rudant a également permis l'organisation, à Douala, en novembre 2016, d'une formation continue en Géomatique, et ce, en partenariat avec le SCAC, les universités de Douala et de Paris-Est. Cette formation a accueilli une trentaine de stagiaires, aussi bien étudiants en formation initiale que professionnels pratiquant déjà la discipline dont ceux du Laboratoire de Géomatique de l'Université de Ngaoundéré.

Je voudrais aussi très sincèrement remercier l'Université de Ngaoundéré, pour le soutien administratif, la société MAISCAM et le Groupe BELAVIE pour leurs soutiens financiers et logistiques au colloque.

Que les Membres du conseil éditorial, du conseil scientifique et du comité de rédaction soient aussi remerciés pour les sacrifices consentis pour la sortie du premier numéro de cette revue.

Le Rédacteur en Chef,
Pr. Michel TCHOTSOUA.

¹ Dynamique des formations forestières de la région de l'Adamaoua au Cameroun

Acknowledgments

We thank the Research Institute for Development (IRD), which, through the GEOFORAFRI (Capacity Building and Access to Satellite Data for Forest Monitoring in Central and West Africa) Program, funded DYFRAC² project conducted by the Geomatic Lab's of the University of Ngaoundéré from 2013 to 2015.

We also thank the Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) and the Cultural Cooperation and Action Service (SCAC) of the French Embassy in Cameroon, which allowed participants from 12 nationalities of North America, Europe and Africa, to participate in the symposium on Geospatial Technologies, from which came the contributions constituting the first issue of this Review, taking charge of their mission expenses.

The free access to spatial images and teaching resources, a subject on which Jean Paul Rudant devoted his intervention, today enriches our ability to devote ourselves to environmental monitoring through spatial images in much better conditions than before.

This opportunity particularly affects all our colleagues involved in the monitoring of the Congo Basin. The presence of Jean Paul Rudant also allowed the organization in Douala, in November 2016, of a continuing training in Geomatics, in partnership with the SCAC, the universities of Douala and Paris-Est.

This training course welcomed about thirty trainees, both initial and professional students already practicing the discipline including those of the Laboratory of Geomatics of the University of Ngaoundere.

I would also like to sincerely thank the University of Ngaoundere for the administrative support, the MAISCAM Company and the BELAVIE Group for their financial and logistical support at the symposium. The members of the Editorial Board, the Scientific Council and the Editorial Committee also thanked for the sacrifices made for the publication of the first issue of this journal.

Editor-in-chief,
Prof. Michel TCHOTSOUA.

² Dynamique des formations forestières de la région de l'Adamaoua au Cameroun

Sommaire

En guise d'introduction...../. As an introduction.....	1
As an introduction.../En guise d'introduction.....	6
La Télédétection en 2016 : quelle stratégie face aux nouvelles ressources numériques libres d'accès (images spatiales et supports en ingénierie pédagogique).....	12
<i>Remote sensing in 2016: What strategy to face new free of access digital resources (spatial images and pedagogical support).....</i>	<i>12</i>
<i>Par/By : Rudant Jean Paul¹, Boudinaud Laure², Hosford Steven³, Monjoux Eric², Sarti Francesco²</i>	<i>12</i>
Télédétection et quantification des types d'occupation du sol : cas du département du Faro et Déo dans la région de l'Adamaoua.....	41
<i>Remote sensing and evaluation of soil occupation: case of Faro and Déo department in the Adamaoua region.....</i>	<i>41</i>
<i>Par/By : Ndjeto Tchouli Prosper Innocent¹, Aoudou Doua Sylvain², Tchotsoua Michel¹</i>	<i>41</i>
Cartographie par télédétection de l'évolution de l'occupation du sol dans la plaine camerounais du Logone (2005-2015).....	55
<i>Remote sensing and mapping of the evolution of land use in the Cameroonian plain of the Logone River (2005-2015).....</i>	<i>55</i>
<i>Par/By : Aoudou Doua Sylvain¹</i>	<i>55</i>
Évaluation de capacité de séquestration du carbone des galeries forestières du bassin versant du Mayo Paro (Arrondissement de Tignère)	71
<i>Assessment of the Capacity of Carbon Sequestration in the Gallerie Forests of the Mayo Paro Watershed (Tignère Council).....</i>	<i>71</i>
<i>Par/By : Ndikwé Dourwé Maurice¹, Aoudou Doua Sylvain², Talla Tankam Narcisse³, Tchotsoua Michel¹</i>	<i>71</i>
Estimation du stock de carbone des formations végétales fermées du Département de la Vina (Cameroun).	85
<i>Estimate of the carbon stock of closed vegetation formations in the Vina Department (Cameroon).....</i>	<i>85</i>
<i>Par/By : Kouedjou Idriss Landry¹, Anaba Banimb Robert Christian², Mapongmetsem Pierre Marie³.....</i>	<i>85</i>

UAV et suivi de la déforestation et de la dégradation des forêts dans le bassin du Congo : état des lieux et analyse comparative avec les images satellite de haute résolution	103
<i>UAVs and monitoring of deforestation and forest degradation in the Congo Basin: Current situation and comparative analysis with high-resolution satellite imagery.....</i>	<i>103</i>
<i>Par/By : Sufo Kankeu Richard¹, Sonwa Denis Jean²</i>	<i>103</i>
Apport des imageries satellitaires pour l'étude de la déforestation et la dégradation de forêts dans le Sud-Ouest de la République Centrafricaine	125
<i>Contribution of satellite imagery to the study of deforestation and forest degradation in the South-West of the Central African Republic.....</i>	<i>125</i>
<i>Par/By : Ouessebanga Aristide Médard¹.....</i>	<i>125</i>
Analyse dyachronique de la dynamique du couvert végétal dans un bassin versant en cours d'urbanisation : cas de Yoyo à Méiganga de 1999 à 2015.....	137
<i>Diachronic analysis of vegetation cover dynamics in a watershed undergoing urbanization: case of Yoyo in Méiganga from 1999 to 2015.....</i>	<i>137</i>
<i>Par/By : Mouhaman Issouhou¹, Aoudou Doua Sylvain², Tchotsoua Michel¹</i>	<i>137</i>
Découpage territorial et aménagement forestier des grandes concessions : comment reconsidérer les usages des unités de gestion pour réduire les risques de conflits et de pression sur les forêts au Gabon ?	153
<i>Territorial division and forest management of large concessions: how to reconsider the uses of management units to reduce the risks of conflict and pressure on forests in Gabon?.....</i>	<i>153</i>
<i>Par/By : Jean Sylvestre Makak¹, Anne Élisabeth Laques², Louis Marc Ropivia³.....</i>	<i>153</i>
Caractérisation et dynamique spatiale de la couverture végétale dans les aires protégées du Togo : Etude par télédétection satellitaire sur la forêt classée de missahoé dans la région des plateaux	181
<i>Characterization and spatial dynamics of vegetation cover in Togo's protected areas: Satellite remote sensing study on the Missahoé classified forest in the plateaux region.....</i>	<i>181</i>

<i>Par/By : Komivi Messan Akakpo^{1, 2, 3}, Jacques Quensiere³, Sébastien Gadal², Kossi Adjonou⁴, Kouami Kokou⁴.....</i>	181
Quelques approches méthodologiques pour la détermination de l'albédo dans les agrosystèmes du Congo	195
<i>Some methodological approaches for the determination of albedo in Congo agrosystems.....</i>	195
<i>Par/By: Moundzeo L.¹, Moutsouka F.², Loutete-Bahouamio R. D.³, Mondzali-Lenguiya R.⁴.....</i>	195
Télédétection et cartographie du couvert forestier national du Togo : étude pilote au sein de l'ODEF pour la mise en place de l'observatoire permanent des forêts.....	212
<i>Remote sensing and mapping of the national forest cover of Togo: pilot study within the ODEF for the establishment of the Permanent Observatory of Forests.....</i>	212
<i>Par/By : Arifou Kombate¹, Jean-Pierre Chery² et Benoit Mertens³</i>	212

En guise d'introduction...../. As an introduction.....

D'après la syhtnèse du rapport du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC)³ publié en 2014, l'homme influence le climat de la planète, étant donné les six milliards d'individus qui, par leurs activités multiples et variées, agissent sur les écosystèmes.

L'objectif de ce premier numéro de RIGAGER est de commencer à publier les résultats l'évaluation de l'impact de l'homme, à travers ses activités, sur la végétation du bassin du Congo à l'aide des outils de la technologie géospatiale afin de contribuer à la lutte contre le réchauffement climatique provoqué par les émissions de gaz à effet de serre induites par la dégradation, la destruction et la fragmentation des forêts. Ceci est d'autant plus important que le phénomène de l'effet de serre concerne tous les pays, du Nord comme du Sud, qui doivent se donner la main pour comprendre et traiter au mieux le problème de l'effet de serre. C'est la condition *Sine qua non* de la réduction des impacts des changements climatiques anthropiques et de la promotion de la gestion durable des terres et du développement maîtrisé.

Pour autant, si l'implémentation d'une comptabilité environnementale intégrée prend de l'importance, l'ajustement du Produit Intérieur Brut –PIB– (de la comptabilité générale) par l'intégration des mesures monétaires de l'épuisement, de la dégradation et des dépenses de protection de l'environnement pour calculer un «PIB vert» ne fait pas encore consensus pour différentes raisons techniques.

De plus, le système de comptabilité environnementale ne prend pas encore en compte les services rendus par les écosystèmes et qui, pour partie, ne font pas l'objet de transactions monétaires (services de régulation du sol ou de l'eau, par exemple, «offerts» par les écosystèmes).

Des comptes des écosystèmes permettraient, en effet, de fournir une vision d'ensemble de l'état des écosystèmes et une description détaillée des pressions qu'ils subissent afin de prendre en compte ces éléments dans la prise de décision publique.

C'est pour ces raisons que l'intégration de la valeur des écosystèmes dans les systèmes de comptabilité nationale a été décidée comme deuxième objectif du plan stratégique Biodiversité, adopté à la

³ https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf

dixième conférence des Parties, à la Convention sur la diversité biologique de Nagoya⁴ en [octobre 2010](#). L'ensemble de ces tentatives a été fédérée par la Banque Mondiale au sein d'un partenariat : l'initiative WAVES (*Wealth Accounting and Valuation of Ecosystem Services*)⁵.

La Convention sur la Diversité Biologique (CDB) préconise aux parties d'intégrer dans leur comptabilité nationale les valeurs de leur capital naturel. A part la CDB, la division des statistiques des Nations Unies a produit des normes statistiques pour cadrer cette approche. La Banque Mondiale a déjà financé plusieurs applications de la comptabilité écosystémique par le programme WAVES qui consiste en la comptabilité du Patrimoine et en la Valorisation des Services Ecosystémiques pour aider les pays à intégrer la valeur du capital naturel dans les comptes nationaux. Il travaille à développer des méthodes scientifiquement crédibles pour la comptabilité des écosystèmes et favorise leur utilisation dans le processus décisionnel au sein d'un large éventail de parties prenantes. La comptabilisation des écosystèmes passe toujours par l'établissement de cartes d'occupation des sols. Cette cartographie se fait désormais, principalement par l'utilisation des images satellites.

Ce numéro spécial de la Revue International de Géomatique, Aménagement et Gestion des Ressources interroge sur les types des données satellites de Très Haute Résolution (THR) et les outils géo-spatiaux qui peuvent permettre de quantifier et d'évaluer la dynamique des forêts et leur potentiel de séquestration du carbone dans le bassin du Congo. Il regroupe 12 articles.

Jean Paul Rudant fait le point sur la disponibilité des données de technologie géospatiale et sur le réseau des formations francophones (hors France) en « Télédétection-SIG ». Sylvain Aoudou Doua, Ndjeuto Tchouli Prosper Innocent et *al.*, Aristide Médard Ouessebanga, et Komivi Messan Akakpo et *al.*, Arifou Kombate et *al.* quant à eux éprouvent des démarches méthodologiques, basées sur la télédétection et sur les SIG, associée aux observations de terrain pour évaluer la déforestation et la dégradation des forêts et/ou dégager et quantifier les types d'occupation des sols au Cameroun, au Tchad, en RCA et au Togo respectivement.

Jean Sylvestre Makak et *al.* exploitent aussi les données satellites pour aider au découpage territorial et à l'aménagement forestier des

⁴ <https://www.cbd.int/abs/doc/protocol/nagoya-protocol-fr.pdf>

⁵ <http://www.afd.fr/home/AFD/developpement-durable/DD-et-strategies/rioplus20/croissance-verte-developpement/initiative-waves>

grandes concessions, en vue de reconsidérer les usages des unités de gestion et réduire les risques de conflits et de dégradation des forêts au Gabon.

Sufo Kankeu Richard et Denis Jean Sonwa comparent les images des UAV et les images satellites de Haute Résolution pour le suivi des activités de déforestation dans le bassin du Congo.

Moundzeo et *al.* estiment l'albédo à partir des expressions empiriques et comparent leur évolution dans les agrosystèmes du Mayombe et les plantations d'Eucalyptus du Littoral en République Démocratique du Congo.

L'évaluation de la capacité de séquestration du Carbone dans ce numéro est portée par Ndikwé Dourwé Maurice et *al.*, Kouedjou Idriss Landry et *al.*, Kenfack Feukeng Séverin et *al.*, Woukoue Taffo Junior Baudoin et *al.*

De ces contributions scientifiques, il ressort qu'il faut intensifier la vulgarisation des résultats de l'usage de la télédétection pour l'évaluation des dynamiques des paysages forestiers et de la capacité de séquestration de leur carbone dans le monde et spécifiquement à l'intention des gestionnaires des forêts du bassin du Congo. La poursuite de l'exécution des programmes de facilitation de l'accès aux images via des satellites et des drones à l'instar du programme Observation Spatiale des Forêts Tropicales (OSFT) est déterminante pour cet axe de recherche. Cette initiative, financée par l'Agence Française de Développement, met à la disposition des pays d'Afrique Centrale, des images satellites à haute résolution acquises par le satellite SPOT. Les images de Sentinel présentées par Jean Paul Rudant viennent compléter la gamme de ces données en libre-service. Mais il faut créer des programmes de Licences et des Master professionnels sur l'utilisation judicieuse, efficace et efficiente de ces outils, à l'instar du Master GAGER (Géomatique, Aménagement et Gestion des ressources) de l'Université de Ngaoundéré ; l'objectif final étant de mettre à la disposition des États parties, des Décideurs et des Organisations de la Société Civile des outils d'aide à la décision efficaces et efficaces pour une gestion durable des ressources forestières.

En fait, les forêts abritent une diversité biologique (ou biodiversité) très importante, rendent un bon nombre de services vitaux et peuvent stocker bien des gaz à effet de serre comme le CO₂. La mondialisation a toutefois pour effet de renforcer la pression sur ces forêts, notamment en milieu tropical. Il est, par conséquent, indispensable de collaborer à leur gestion durable à l'échelle

internationale, afin de lutter contre le réchauffement climatique, de protéger l'environnement, de lutter contre la pauvreté et de préserver la vie sur terre.

C'est ce souci qui est à la base de la création, en 2005 par les principaux pollueurs du monde, du programme UN-REDD+ qui signifie Réduction des Emissions issues de la Déforestation et de la Dégradation forestière. L'ajout du « + » correspond à la prise en compte de l'augmentation des stocks de carbone, par exemple via des pratiques sylvicoles adaptées ou des plantations. Des projets de grande valeur ont été initiés par des ONG, des entreprises, des gestionnaires de projets, des forums régionaux et internationaux, ainsi que des autorités nationales et régionales. Toutefois, bon nombre d'abus, dus surtout au manque de clarté concernant ce qui peut être ou non identifié «REDD+» ont été relevés à toutes les échelles. C'est pourquoi, Alain Karsenty (2015) note que *«conçu pour aider les pays du Sud à diminuer leurs émissions liées à la déforestation, le mécanisme REDD+ n'a, jusqu'à présent, pas vraiment rempli son rôle et a donné lieu à des pratiques douteuses»* car la déforestation en milieu tropicale ne représente que 10 à 15 % des émissions annuelles de gaz à effet de serre liées à l'activité humaine. Le financement du dispositif devait reposer sur des permis d'émission que les pays du Sud ayant réduit leur déforestation auraient vendu aux pays du Nord. La négociation n'a cependant pas encore pu trancher ce point, plusieurs pays, à l'instar de la Bolivie, s'opposant à ce qu'ils perçoivent comme une tentative de marchandisation de la nature.

Une alternative serait de mobiliser le Fonds vert pour le Climat, créé en 2009 à Copenhague. Mais il n'a toujours pas honoré sa promesse de réunir 100 milliards de dollars par an.

Au démeurant, REDD+, au stade actuel, semble un instrument d'une complexité inextricable qui fait le bonheur des consultants, des cabinets d'expertises et de quelques administrateurs dans les pays tropicaux⁶. Son efficacité supposée repose sur le principe du paiement aux résultats. Or l'appréciation de ces résultats repose sur la fabrication de scénarios de référence du type « que se passerait-il si l'on ne faisait rien ? », invérifiables par définition (parce que si le projet est réalisé, le scénario ne peut être observé) et donc aisément manipulables. D'autres difficultés, comme l'annulation de la

⁶ Dans certains pays, des cabinets de Génie Civil ou des Organismes d'Appui Local en Education Maternelle se sont, en quelques jours, mués en Cabinet d'Expertise REDD+ juste pour capter les fonds qui arrivent par ce canal. Et pourtant le mécanisme REDD+ reste bien complexe et nécessite des recherches scientifiques en vue des mesures et quantifications bien plus fines.

réduction des émissions, si la déforestation reprend, font que le processus de négociation peine à proposer des règles opérationnelles pour mettre en oeuvre ce mécanisme. Sa seule réalité tangible est constituée des nombreux projets de conservation de la forêt estampillés « REDD+ » (Karsenty, 2015⁷).

Ce principe non-interventionniste (hands-off, dans le jargon des experts internationaux) ne peut tenir très longtemps face aux pressions des ONG qui craignent, non sans raison, une confiscation par les États, des droits d'usage des communautés locales sur les forêts, ou une destruction de la biodiversité au profit de plantations d'arbres pour stocker du carbone.

Dans la logique «participative et inclusive» de la gouvernance internationale de l'environnement, les États parties de la convention climat ont introduit de nombreux garde-fous (*safeguards*), rendant le mécanisme REDD+ encore plus difficile d'application. Dans un contexte d'effondrement du prix des permis d'émissions et de fragmentation des marchés du carbone, l'illusion que l'on pourrait compenser les coûts d'opportunité de la conservation des forêts s'est, par ailleurs, évanouie.

Enfin, les décideurs prennent conscience que, sans investissement préalable dans les systèmes agricoles et alimentaires de pays pauvres sinon défaillants, il ne peut y avoir de «performances» en matière de lutte contre la déforestation. Ces investissements relèvent largement de l'aide publique au développement. Et ils doivent s'accompagner de réformes (par exemple sur les droits fonciers) que seul un dialogue continu avec les autorités de ces pays peut faire avancer.

En novembre 2013, à l'occasion de la 19^{ème} Réunion des Parties à la Convention sur le Climat, après huit ans de négociations, le manuel reprenant les règles de base de REDD+ a été finalisé. L'arrivée du manuel devait permettre une application pleine et entière de REDD+ en tenant compte des enseignements tirés des projets existants. Finalement, lors de la session climatique de Bonn en juin 2015, un accord a été obtenu. Ainsi se terminaient les négociations pour rendre REDD+, le mécanisme visant à soutenir la lutte contre le déboisement dans les pays en développement, opérationnel ⁸. Aussitôt, deux questions interpellent les technologues géospatiaux :

⁷ <http://envol-vert.org/forets-services/en-savoir-plus/2016/01/reflexions-sur-le-systeme-redd/>

⁸ <http://www.climat.be/fr-be/politiques/politique-internationale/convention-cadre-des-nu/attenuation/redd>

1. peut-on connaitre et géoréférencer tous les arbres du bassin du Congo ?
2. la comptabilité environnementale, avec en toile de fond le crédit carbone, peut-elle être appliquée au niveau de l'arbre ? Si oui à partir d'un arbre de quel gabarit ?

By
Michel TCHOTSOUA
Editeur-en-Chef

As an introduction.../En guise d'introduction....

According to the synthesis of the report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)⁹ published in 2014, human activity influences the climate of the Earth, given the 6 billion people who, in a way or in the other, act on the ecosystems by their multiple and varied activities.

The objective of this first issue of IJGPRM is to start publishing the findings related to the evaluation of the impact of man, through his activities, on the vegetation that is heavily threatened in the Congo basin, using geospatial technology in order to contribute to the fight against the global warming caused by the greenhouse gas emissions induced by the degradation, the destruction and the fragmentation of the forests. This is important because the greenhouse effect concerns

⁹ https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf

all countries, from the North to the South, who must join hands in understanding and addressing the greenhouse effect, reducing the impacts of anthropogenic climate change and promoting sustainable land management and sustainable development.

However, if the implementation of integrated environmental accounting becomes important, adjusting Gross Domestic Product – GDP- (from general accounting) through the integration of monetary measures of depletion, degradation and protection expenditure of the environment to calculate a "green GDP" is not yet consensus for various technical reasons.

In addition, the ecosystem accounting system does not take into account ecosystem services and, in part, is not subject to monetary transactions (such as land or water offered by ecosystems).

Ecosystem accounts would provide an overview of the state of ecosystems and a detailed description of the pressures they face in order to take these elements into account in public decision-making.

For these reasons, integrating the value of ecosystems into national accounting systems was decided as the second objective of the Biodiversity Strategic Plan adopted at the Tenth Conference of the Parties during the Convention on Biological Diversity (CBD) in Nagoya¹⁰ October 2010. All of these attempts have been federated by the World Bank in a partnership: the WAVES (Wealth Accounting and Valuation of Ecosystem Services) initiative.

The Convention on Biological Diversity (CBD) recommends that the parties include in their national accounts the values of their natural capital. Apart from the CBD, the United Nations Statistics Division has produced statistical standards to frame this approach. The World Bank has already funded several applications of ecosystem accounting through the WAVES program, which consists of Heritage Accounting and Ecosystem Services Valorisation to help countries integrate the value of natural capital into the national accounts. It works to develop scientifically credible methods of accounting for ecosystems and to promote their use in decision-making among a wide range of stakeholders. The accounting of ecosystems always involves the preparation of land use maps. This mapping is done mainly by the use of satellite images.

¹⁰ <https://www.cbd.int/abs/doc/protocol/nagoya-protocol-fr.pdf>

This special issue of the International Journal of Geomatics, Planning and Resource Management questions the types of ultra-high resolution (THR) satellite data and geo-spatial tools that can quantify and evaluate forest dynamics and their Potential for carbon sequestration in the Congo Basin. This first issue has 12 articles.

Jean Paul Rudant gives an update on the availability of geospatial technology data and on the network of French-language training (outside France) in Remote Sensing-SIG. Sylvain Aoudou Doua, Ndjeuto Tchouli Prosper Innocent et al., Aristide Medard Ouessebanga, and Komivi Messan Akakpo et al., Arifou Kombate et al., for their part, test the methodological approaches, based on remote sensing and GIS, combined with field observations to assess deforestation and forest degradation and / or to identify and quantify the types of land use in Cameroon, Chad, in CAR and in Togo respectively.

Jean Sylvestre Makak et al. also exploit satellite data to assist in the constitution/conception of territorial boundaries and forest management of big concessions in order to reconsider the usage of management units and reduce the risks of conflicts and of forest degradation in Gabon.

Sufo Kankeu Richard and Denis Jean Sonwa compare the UAV images to High resolution satellite images for the follow-up of the deforestation activities in the Congo basin.

Moundzeo et al. estimate the albedo from the empirical expressions and compare their evolution in the Mayombe agrosystems and the Eucalyptus plantations of the Littoral in the Democratic Republic of Congo.

The evaluation of the Carbon sequestration capacity in this issue is carried out by Ndikwé Dourwé Maurice et al., Kouedjou Idriss Landry et al., Kenfack Feukeng Séverin et al., Wouokoue Taffo Junior Baudoin et al. from these scientific contributions, we can notice that it is necessary to intensify the dissemination of the results of the use of remote sensing for the assessment of the forest landscapes dynamics and the capacity for sequestration of their carbon in the world, specifically for the purpose of forest managers in the Congo Basin. The continuation of the programs for facilitating access to images via satellites and drones, like the Tropical Forest Spatial Observation (TFS) program, is key to this research axis. This initiative, funded by the Agence Française de Développement, makes available to the countries of Central Africa high-resolution satellite images acquired by the SPOT satellite. The images of Sentinel

presented by Jean Paul Rudant complements the range of these self-service data. But it is important to create professional Bachelors and Master's degrees for the judicious, efficient and effective use of these tools, as the GPRM (Geomatics, Planning and Resource Management) Master of the University of Ngaoundéré. The ultimate objective is to provide decision-makers and civil society organizations with effective and efficient decision-making tools for the sustainable management of forest resources.

In fact, forests are home to a very important biodiversity, many vital services and many greenhouse gases such as CO₂. However, globalization has increased pressure on these forests, particularly in tropical areas. It is therefore essential to collaborate in their sustainable management at the international level in order to combat global warming, protect the environment, combat poverty and preserve life on earth.

It is this concern that underlies the creation, in 2005 by the main polluters, of the world of the UN-REDD + program, which means Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation. The addition of "+" corresponds to taking into account the increase in carbon stocks, for example through adapted silvicultural practices or plantations. High-value projects have been initiated by NGOs, companies, project managers, regional and international fora, as well as national and regional authorities. However, many abuses, mainly due to the lack of clarity regarding what may or may not be identified as "REDD +", have been noted at all scales. For this reason, Alain Karsenty (2015) notes that "the REDD + mechanism, which has been designed to help Southern countries reduce their emissions from deforestation, has so far not really fulfilled its role and has given rise to questionable practices "because deforestation in tropical environments accounts for only 10 to 15% of annual human-induced greenhouse gas emissions. Funding for the scheme was to be based on emission permits that southern countries which had reduced their deforestation would have sold to the countries of the North. Negotiations, however, have not yet resolved this point, as several countries, like Bolivia, oppose what they perceive as an attempt to commodify nature.

An alternative would be to mobilize the Green Climate Fund, created in 2009 in Copenhagen. But it still has not fulfilled his promise to raise \$ 100 billion a year.

REDD +, at the present stage, seems to be an instrument of inextricable complexity that makes the happiness of consultants,

consulting firms and a few decision-makers in tropical countries¹¹. Its supposed effectiveness is based on the principle of payment to results. However, the assessment of these results is based on the production of reference scenarios such as "what would happen if nothing were done?", Unverifiable by definition (because if the project is realized the scenario can not be observed) and therefore easily manipulated. Other difficulties, such as the cancellation of emission reductions, if deforestation resumes, make it strenuous for the negotiating process to propose operational rules to implement this mechanism. Its only tangible reality is the numerous forest conservation projects stamped "REDD +" (Karsenty, 2015)¹².

This non-interventionist principle (hands-off, in the jargon of international experts) can not hold for a very long time against the pressures of the NGOs which fear, not without reason, a confiscation by the States, rights of use of the local communities on the Forests, or destruction of biodiversity for the benefit of tree plantations to store carbon.

In the "participatory and inclusive" logic of international environmental governance, States Parties to the Climate Convention have introduced a number of safeguards, making the REDD + mechanism even more difficult to implement. In the context of a collapse in the price of emission permits and the fragmentation of carbon markets, the illusion that the opportunity costs of forest conservation could be offset has also faded.

Finally, decision-makers realize that, without prior investment in the agricultural and food systems of poor if not failing countries, there can be no "performance" in the fight against deforestation. These investments are largely part of official development assistance. And they must be accompanied by reforms (for example on land rights) that only continuous dialogue with the authorities of these countries can advance.

In November 2013, at the 19th Meeting of the Parties to the Climate Convention, after eight years of negotiations, the manual containing the basic rules for REDD + was finalized. The introduction of the manual was intended to allow full implementation of REDD + taking into account lessons learned from existing projects. Finally, at the

¹¹ In some countries, civil engineering firms or Local Support Organizations in Maternal Education have, in a few days, turned into a REDD + Expertise Cabinet just to catch the funds coming in through this channel. Yet the REDD + mechanism remains very complex and requires scientific research for far more precise measurement and quantification.

¹² <http://envol-vert.org/forets-services/en-savoir-plus/2016/01/reflexions-sur-le-systeme-redd/>

climate conference in Bonn in June 2015, an agreement was reached. This concluded negotiations to make REDD +, the mechanism to support the fight against deforestation in developing countries, operational. Immediately, two questions are relevant to geospatial technologists:

1. Can we know and georeferencing all the trees in the Congo Basin?
2. Is environmental accounting, with carbon credit as a backdrop, applied at the tree level? If yes, for a tree of which template?

By
Michel TCHOTSOUA
Editor-in-Chief

UAV et suivi de la déforestation et de la dégradation des forêts dans le bassin du Congo : état des lieux et analyse comparative avec les images satellite de haute résolution

UAVs and monitoring of deforestation and forest degradation in the Congo Basin: Current situation and comparative analysis with high-resolution satellite imagery

Par/By : Sufo Kankeu Richard¹, Sonwa Denis Jean²

1. Département de Géographie, Université du Maine.

2. CIFOR, Center for international forestry research

Résumé. L'utilisation des images images satellites même de haute résolution par les chercheurs ou les groupes forestiers pour l'évaluation des impacts de la déforestation sur les stocks de carbone reste limitée du fait de leur coût, de leur disponibilité, de leur qualité et de la ressource humaine. Or, les récentes évolutions technologiques ont montré que l'utilisation des UAV pour le suivi de la déforestation est pertinente à plus d'un titre. Le présent papier entend analyser l'apport des drones pour le suivi du couvert forestier au niveau local et à partir d'une analyse comparative souligner les atouts pratiques des images ou photos issues des drones. En se basant sur une revue de littérature assez fournie sur l'utilisation des images pour le monitoring des ressources naturelles et en particulier des forêts, il sera question dans un premier temps de comparer les caractéristiques des images des capteurs de hautes résolutions, puis de présenter les atouts des images obtenues par des drones et enfin suggérer des pistes de recherche sur la caractérisation et le suivi de la déforestation à l'aide des drones dans le Bassin du Congo. Nos premières analyses montrent que mis à part les coûts d'acquisition des matériels physiques et logiciels, la qualité des images et les rendus finaux sont les atouts majeurs des UAV. De plus, les plans de vols et la variation des altitudes de vol permettent d'acquérir des images en temps voulu et de résolution variable selon l'échelle du phénomène à étudier.

Mots clés. UAV, déforestation, bassin du Congo, images satellites.

Abstract. The use of even high resolution satellite images by researchers or forestry groups to assess the impacts of deforestation on carbon stocks remains limited due to their cost, availability, quality and human resource. However, recent technological developments have shown that the use of UAVs for the monitoring of deforestation is relevant in many ways. This paper intends to analyse the contribution of drones to the monitoring of the forest cover at the local level, and from a comparative analysis, to highlight the practical advantages of the images or photos resulting from drones. Based on a fairly extensive literature review on the use of imagery for monitoring natural resources and especially forests, the first step is to compare the characteristics of high-resolution sensor images and then to present the advantages of the images obtained by drones and finally suggest tracks of research on the characterization and the follow-up of the deforestation with the drones in the Congo Basin. Our first analysis show that, apart from the acquisition costs of the physical and software materials, the quality of the images and the final renderings are the major assets of the UAVs. In addition, flight plans and the variation of flight altitudes make it possible to acquire images in a timely manner and with a variable resolution according to the scale of the phenomenon to be studied.

Keywords. UAV, deforestation, Congo Basin, satellite images.

Introduction

La croissance économique mondiale accélérée par le développement de l'industrie et la forte explosion démographique impactent amplement sur les ressources naturelles. Même si les superficies des forêts plantées augmentent, la végétation forestière a diminué de 3% entre 1990 et 2015(Keenan, Reams et *al.* 2015). La recherche des moyens de subsistance poussent les Hommes de toute la planète à transformer les forêts en d'autres types d'utilisation des terres. Ces transformations entraînent des émissions de GES et par ricochet le réchauffement du globe terrestre et le changement climatique. Or pour stopper ou du moins ralentir ce phénomène, il est essentiel de faire un suivi régulier de ces changements. Le monitoring des forêts peut fournir des informations nécessaires pour aider les politiques et les preneurs de décision à conserver, protéger et gérer durablement les forêts (Romijn, Lantican et *al.* 2015). Ce suivi de la déforestation, du changement des stocks de carbone et

des superficies forestières est d'autant plus important que le taux de déforestation des pays tropicaux est élevé.

Pour atténuer et mieux quadriller ces impacts les programmes de monitoring se sont développés au cours des années 1990. Depuis lors, les membres de la communauté scientifique s'attellent à trouver des méthodologies et outils pour la surveillance des ressources. Parmi les outils et les systèmes de monitoring figurent, en bonne place, les inventaires forestiers classiques, la cartographie participative des changements, les SIG et les analyses spatiales, la télédétection.

1. Méthodologie

L'analyse réalisée dans ce papier est basée essentiellement sur la revue de la littérature. Dans un premier temps nous nous sommes penchés sur les publications dans les journaux scientifiques, les livres et les articles de journaux sur le drone en général et sur les problèmes qu'ils causent et les usages spécifiques. Aussi, Les journaux spécialisés de guerres et de télédétection ont été consultés.

Des sites internet spécialisés sur les UAV ont été consultés pour une meilleure connaissance des drones, des types, des caractéristiques et ainsi que des limites. Au-delà de ces documents, les textes de lois, décrets et arrêtés ont été scrutés afin de nous enquêter de l'existence ou non des cadres juridiques appropriés sur les aéronefs comme les UAV en Afrique centrale.

L'analyse comparative a été réalisée principalement être les drones et les images Pléiades, puis nous avons poussé l'analyse à d'autres capteurs gratuits comme Modis et Landsat. Les critères de comparaison sont : le coût, le champ d'application, la répétitivité temporelle, la fauchée d'acquisition, la résolution spatiale et spectrale. Il s'est agi d'affecter une note sur une échelle de 0 à 5 à chaque type de capteur afin de réaliser un diagramme hexagonale de comparaison.

2. Résultats

2.1. Des outils et des systèmes de monitoring

La télédétection est l'un des outils les plus appropriés pour le monitoring des ressources naturelles car non seulement elle vient renforcer les inventaires forestiers terrains réalisés à partir des placettes ou des layons, mais aussi elle permet d'avoir une vue holistique sur les changements du couvert forestier ou des types d'utilisation des terres. Les images satellites sont plus adaptées pour la caractérisation et le suivi de l'évolution de la biodiversité et des défrichements agricoles en milieux forestiers ((Asner, Keller et *al.* 2002, de Wasseige and Defourny 2004, Fuller 2006, Demaze 2007, Du, Zhou et *al.* 2014, Masek, Hayes et *al.* 2015, Havens and Sharp 2016). La communauté internationale s'est fiée depuis la deuxième moitié du 20^{ième} siècle aux images satellites. Dans le même sens, le gouvernement camerounais dans les années 2000 s'est associé au World Resource Institute (WRI) avec l'initiative Global Forest Watch (GFW) pour assurer le suivi et la surveillance des forêts et de l'exploitation forestières avec les images satellites (Brown, Bird et *al.* 2009). Le suivi de l'agriculture industrielle et traditionnelle et des autres activités dévoreuses d'espace nécessitent les mêmes méthodes de monitoring. Ces dernières montrent que les concessions forestières qui respectent les méthodes d'exploitations à faible impacts ont un impact réduit sur la biodiversité (Brown S. 2005) Sufo et *al.* 2016 upcomming).

Le besoin d'images, de capteurs différents et de résolution spatiale plus grande, de fréquences plus courtes, et de qualité toujours meilleure ont poussé les chercheurs à se tourner vers d'autres outils technologiques plus appropriés. La mauvaise qualité des images, les prix élevés, le temps d'acquisition et les résolutions pas toujours souhaitées représentent les limites à surmonter.

Les contraintes économiques, techniques (équipement limité), humaines (manque de personnel), météorologiques et spatiales (couverture nuageuse, immensité du territoire, difficultés d'accès, rapidité des évolutions, diversités des types d'occupation du sol, complexité des phénomènes à suivre,)(Demaze, 2007), temporelles (temps d'acquisition) sont à l'origine du découragement de certains utilisateurs. Les images satellites annoncées gratuites sont toutefois décourageantes,

une fois téléchargées et elles ne remplissent pas les critères requis pour une analyse adéquate (absence de métadonnées, couverture nuageuse élevée).

Les désagréments causés par l'indisponibilité, le temps d'acquisition, les coûts parfois exorbitants sont autant de limites accordées aux images satellitaires. Des solutions disparates ont émergés pour aider les utilisateurs à surmonter ces défis. De plus en plus le suivi ponctuel des ressources naturelles fait appel aux images et photos issues des avions ou des drones²². Au départ d'usage militaire les drones civils inondent depuis 2010 les marchés. Leur application dans le domaine de l'industrie, l'environnement, du social et de l'humanitaire ouvrent une nouvelle ère à la recherche qui a besoin des données de plus en plus précises.

L'analyse des objets de en plus miniaturisées sur les images a conduit ces dernières années à produire des images de très hautes résolution spatiale. Les capteurs développés ces deux dernières décennies dans ce sens rivalisent de précision mais des méthodes de traitement sont nécessaires pour éviter de mauvaises interprétations. Une mauvaise analyse des images satellites de haute résolution peut induire les preneurs de décisions à des erreurs graves. Les cas les plus patents se sont produits en Indonésie où l'État a pris des décisions importantes suite à ces images mal interprétées (<http://blog.cifor.org/28010/satellites-can-mislead-policy-makers-beware?fnl=en>).

Mais encore il est nécessaire dans tous les cas de se référer aux résultats terrains. Acquérir les images ponctuelles et de résolution variable en fonction des phénomènes étudiés issues

²² Le terme drone est perçu négativement par des lobbyings contra la guerre dans la mesure où les drones ont été utilisés dans un premier temps à des fins militaires. Alors le concept de guerre à distance divise l'opinion qui la traite « d'arme lâche » Chamayou, G. (2013). Théorie du drone, La Fabrique éditions. Le drone qui veut dire « faux bourdon » en anglais est un aéronef sans pilote. Les terminologies les plus neutres sont les Unmanned Aerial Vehicle (UAV) ou Unmanned Aircraft System ou Remotely aerial Vehicle (RAV), Small-scale remotely piloted vehicle (RPV) spécialisé en gestion des pâturages, en foresterie, en études faunique, en surveillance des cultures, sur les enquêtes maritimes, et échantillonnage aéro-biologique (Hardin, P. J. and T. J. Hardin (2010). "Small- Scale Remotely Piloted Vehicles in Environmental Research." Geography Compass 4(9): 1297-1311.)

des drones civils est une opportunité pour le suivi de la biodiversité (Hippler , Fargeon and Lefaudeux, 2008 ; Chamayou, 2013 ; Baconnet, 2014 ; Sandvik and Jumbert, 2015).

Depuis les premières utilisations vers la fin de la première guerre mondiale le drone a connu une évolution fulgurante passant de quelques aéronefs à plusieurs milliards de dollars de nos jours. Tant dans le domaine militaire que civil, les améliorations ont porté sur le poids, la qualité des images, la charge utile, la hauteur des vols, les autonomies de vol, la distance de couverture et les résolutions des images fournies. Les récents développements des UAV ont ouvert la voie à une utilisation à grande échelle à la fois pour la flexibilité des échelles d'acquisition, la résolution spatiale, de l'acquisition à des échelles temporelles réduites. Depuis les premières publications scientifiques sur le rôle des drones, leur évolution a été fulgurante (Everaerts, 2008 ; Tang and Shao, 2015).

L'émergence des nouvelles techniques de visualisation des espaces est une opportunité pour les conservateurs, les exploitants forestiers, les chercheurs, les États soucieux de faire un suivi de leurs ressources naturelles. Les coûts d'acquisition, la prise en main facile, les précisions des photos ou images, le traitement moins contraignant sont autant d'avantages qui poussent les utilisateurs d'images satellites d'hier à se tourner aujourd'hui vers les UAV.

L'embarcation des caméras, appareil photo et capteurs (RGB) et infrarouges à bord des drones a permis l'extraction des informations de photogrammétrie utiles à la télédétection (Beaudoin, Gademer et al. , Everaerts 2008, Fargeon and Lefaudeux 2008, Tang and Shao 2015). Les chercheurs sont unanimes sur les domaines d'applications variés notamment la surveillance du territoire, la reconnaissance, la cartographie, les inspections, la sécurité du territoire, la sécurité des frontières, la surveillance du trafic routier, surveillance du couvert forestier, surveillance agricole, recherche et sauvetage, gestion des conflits et des catastrophes (Gregory , Linchant, Lejeune et al. , Rhiat, Moisan et al. , Everaerts 2008, Fargeon

and Lefaudeux 2008, Linchant, Vermeulen et al. 2013, Vilmer 2013, Baconnet 2014, Paneque-Gálvez, McCall et al. 2014).

Le problème ne se pose plus en termes d'amélioration des capacités des drones mais surtout sur leur légalité et leur légitimité. Ce d'autant plus que leur utilisation militaire a ternie leur utilité sociale ou environnementale. Les mouvements ou lobbying anti-drones fustigent les dégâts humains causés par les drones militaires. Les dégâts humains commis dans les pays en guerre par les drones viennent souvent occulter les bienfaits de ces nouvelles technologies (Hippler et Lutete, 2012, Chamayou, 2013 ; Vilmer, 2013 ; Baconnet, 2014 ; Clarke, 2014 ; Sandvik and Jumbert, 2015).

Les UAV se sont imposés ces dernières années comme un outil de monitoring des changements environnementaux. Leur utilisation suscite autant d'intérêt que d'interrogations du moment où plusieurs pays développés ou pas; ne disposent pas de législation et de cadre légale sur la question.

Malgré les enjeux énormes dans le bassin du Congo, l'utilisation des drones est timide. Depuis 2010, la situation d'insécurité et d'incertitude dans le bassin du Congo freine leur utilisation malgré l'existence de quelques projets en RDC, au Gabon et au Cameroun (Linchant, Lejeune et *al.*, Lutete, 2012 ; Goodyer, 2013 ; Linchant, Vermeulen et *al.*, 2013 ; Apuuli, 2014 ; Linchant, Lejeune et *al.* 2014).

Quelle plus-value peuvent apporter les UAV dans le domaine du monitoring des forêts en Afrique centrale et quelle peuvent être les blocages de leur utilisation? Une analyse comparative qualité/prix entre les images de drone et les images satellites de haute résolution issues des capteurs les plus accessibles permettra de se fixer sur les opportunités qu'offrent les différents outils/capteurs. Plus encore cette étude permettra de ressortir les atouts et inconvénients des UAV.

Plusieurs facteurs retardent encore leur utilisation dans le bassin du Congo pourtant utiles pour la surveillance de nos forêts et méritent d'être mis en exergue. Les blocages juridiques et institutionnels représentent notamment des aspects majeurs

qui seront examinés dans l'ensemble de pays du bassin du Congo.

2.2. Un passé qui remonte à la première guerre mondiale

On ne saurait aborder la question des drones et de télédétection sans se référer aux frères Montgolfier qui en 1782, avaient déjà expérimenté les ballons, mais les réels appareils volants sans pilotes se développent dans la première moitié du 20^{ième} siècle. La volonté politiques des belligérants pendant la première guerre mondiale et bien après pendant la guerre froide a boosté la modernisation des drones (Valavanis 2008, Boutherein 2010, Boutherein and Goffi 2010, Watts, Ambrosia et al. 2012, Keane and Carr 2013, Apuuli 2014, Holton, Lawson et al. 2015). Les UAV connaissent un développement fulgurant pendant la période de la guerre froide et la guerre du golfe. Mais la guerre disproportionnelle entre les armées régulières et les milices ou les terroristes a connu une troisième génération de drones destinée aux frappes ciblées à distance évitant ainsi les pertes en vies humaines. Ce développement militaire a aussi profité aux drones civils permettant ainsi un suivi plus affiné de l'environnement et diversifiant ses domaines d'action. De nos jours, en fonction du design, de la taille et du type de moteur, on classe les drones en plusieurs catégories.

2.3. Typologie des drones

Littéralement le drone est un aéronef sans pilote télécommandé à distance et qui emporte une charge utile (appareils photo, caméra, enregistreurs batteries), destinée à des missions civiles ou militaires²³. La typologie des drones peut être élaborée selon plusieurs critères : la charge utile, la taille, l'utilisation et les performances (endurance, hauteur, type d'image fournie. Selon les types d'utilisation on peut distinguer globalement les drones militaires et les drones civils. Les drones à utilisation militaires se sont développés à une vitesse fulgurante défiant même les pronostics et les espérances. Mais les dégâts

23 Le terme anglais est UAV car le drone désigne un avion cible en anglais.

collatéraux causés par les drones de combats ²⁴ ou de surveillance ont considérablement terni l'image de ces derniers (Cavoukian, 2012 ; Lutete, 2012 ; Sartre, 2013 ; Vilmer, 2013 ; Kakaes, 2015). Le développement de ces vaisseaux sans pilotes a changé le visage de la géostratégie et de la guerre de telle sorte qu'aujourd'hui il existe une ruée à nul autre pareil.

Les drones de pointe parmi lesquelles les Reapers, les Predators et les avangers rivalisent d'adresse. Une nouvelle génération de furtifs est en cours de développement depuis quelques années et compte apporter un plus dans ce domaine. Les drones civils dont les applications principales sont l'industrie, le social, l'agriculture, l'audiovisuel et la foresterie représentent un potentiel incommensurable. Ils conduisent ces dernières années à une exploration de la Terre sous un autre angle en accédant aux endroits les plus secrets, en fournissant des vues époustouflantes et en aidant à l'amélioration de la qualité de vie.

Mais en fonction de leur taille, la distinction doit être faite entre les grands et les petits drones. Les grands drones se réfèrent aux grands avions ou hélicoptères transportant des charges utiles supérieures à 10 kg pour la surveillance et le monitoring. Les drones de combats peuvent transporter jusqu'à une tonne de matériels et de missiles. Les petits drones quant à eux ont des charges utiles de 2 à 5 kg et pèsent au total 8 à 15 kg. De plus en plus miniaturisés certains drones sont comparables aux guêpes et peuvent tenir sur le paume de main avec des charges évaluées en grammes.

Mais aussi selon le type de moteurs on distingue les drones à voilure fixe et les drones à voilure tournante. Ces derniers sont des aérodynes dont la sustentation est soit quadricoptères (photo 1b) soit hexacoptères ou octocoptères. Les drones à voilure fixe ont des moteurs à propulsion qui utilisent un système aérodynamique plus ou moins complexe selon le modèle (photo 1a).

²⁴ Les drones de combats armés sont encore appelé UCAV pour « Unmanned Combat areal Vehicle ». Les deux guerres mondiales, la guerre froide et guerre contre le terrorisme ont boosté les intelligences militaires en Europe, en Asie et en Amérique.



a



b

Photo 1. Drones à voilure fixe (a) et drone à voitures tournante de type DJI-phantom (quadricoptère) (b)

Tableau 1. comparaison des drones à voilure fixe et drones à voilure tournante

Système de vol	Avantages	Inconvénients
À voilure fixe	<ul style="list-style-type: none"> -Longue portée (de 100 à 400 km) -endurance (jusqu'à 24h) -vol à haute altitude (jusqu'à 30km) -vol hors champs visuel -Distance de connexion de la station de contrôle au sol et drone : 1 à 20 km 	<ul style="list-style-type: none"> -Besoin d'une zone large pour décoller et atterrir, -décollage manuelle ou catapulte -Instabilité
À voilure tournante ou multirotor	<ul style="list-style-type: none"> Très performant et stable, -peut décoller dans un espace confiné -très maniable -décollage vertical -vol hors champs visuel 	<ul style="list-style-type: none"> -Pas endurant (15minutes à 1h), -consomme beaucoup d'énergie, -très courte portée (100 à 500m)

Sources : (Gregory , Everaerts 2008, Goodyer 2013, Baconnet 2014, Rehfuss 2015, WICH 2015)

Les drones ont pour avantage de produire des images ou photos de très hautes résolutions selon le type d'appareil embarqué, mais aussi les prises de vue sont rapides et ponctuelles, les coûts sont réduits, le plan de vol précis, le temps d'acquisition et de traitement réduit, possibilité d'ajouter

ou de réduire les capteurs en fonction des phénomènes étudiés (Gallacher , Everaerts 2008, Hardin and Hardin 2010, Swart 2014). Théoriquement en dehors des appareils volant, ces drones ont besoin d'un système de contrôle et de gestion des vols constitués essentiellement des stations de contrôle au sol et des stations ou antenne relais lorsque la portée est grande (Valavanis, 2008 ; Laliberte, Herrick et *al.*, 2010 ; Watts, Ambrosia et *al.* 2012; Keane and Carr, 2013).

L'Afrique occupe le dernier rang dans la conception, la fabrication et l'utilisation des drones dans la mesure où sur les 49 pays producteurs en 2007 seulement 2 sont localisés en Afrique (soit 4,08%) (Everaerts 2008). En revanche, concernant le domaine de prédilection des drones en circulation, seulement 4,15% sont voués à la recherche(Everaerts 2008). De nos jours, cette tendance a considérablement augmenté et on compte de plus en plus d'expérience dans ce sens. Dans le domaine de la télédétection et des SIG, plusieurs types de drones, applications et logiciels spécialisés ont été développés et permettent de mettre en avant les apports des UAV.

2.4. Des images de drones comme complément des images satellitaires

Les capteurs ont une périodicité d'acquisition formelle qui peut freiner l'acquisition ou entraver la flexibilité du traitement. Le développement des drones et la diversité des domaines d'application permettent de compléter les images satellitaires acquises à grande échelle, aussi des missions ponctuelles de drones apportent des précisions sur des phénomènes ou objets restés ambigus lors de l'analyse des images. La comparaison entre les images de capteurs classiques (Landsat, Spot, Lidar, Géoeye, MODIS, Pléiade...) et les images de drones montre que les images de drones sont plus appropriées pour des études locales et ponctuelles. Landsat 8 offre une bande panchromatique à 15m de résolution, huit bandes multi-spectrales à 30m et deux bandes thermiques à 100 m de résolution. Mais de nos jours les images de pléiades (résolution de 70 cm) offrent des opportunités d'analyse plus fines, les drones quant à eux offrent encore plus de flexibilité et de précision-7cm (Rasmussen, Nielsen et *al.*, 2013 ; Apuuli, 2014

; Barbey, Helbert et *al.*, 2014 ; Holton, Lawson et *al.*, 2015 ; Linchant, Lisein et *al.*, 2015). Dans ce sillage, la comparraison entre les images de pléiades et les images de drones permettrait de ressortir les avantages de l'utilisation des UAV.

Les images satellites les plus à jour sont celles issues de capteurs Pléiades donc la résolution native est de 50 cm en mode panchromatique et 2 m en multispectrale.

Tableau 2. caractéristiques de images de Pléiade et d'une image de drone

Capteur	Mode	Bande	Bande spectrale	Résolution	Autres
Pléiade	Multispectral	Bleu	0,430 - 0,550 μ m	2m x 2m	Fauchée:20km Production/jour:450 images Répétitivité: chaque jour* Application: civile et militaire
		Verte	0,500 - 0,620 μ m	2m x 2m	
		Rouge	0,590 - 0,710 μ m	2m x 2m	
		Proche IR	0,740 - 0,940 μ m	2m x 2m	
	Panchromatique	PAN	0,470 - 0,820 μ m	50cm x 50cm	
Drone (Delair Tech)	Multispectral	Bleu	5,3-3,45 μ m	10cm x 3cm	Fauchee:2700ha Production: Répétitivité: à volonté** Application: civile et militaire, recherche
		Vert			
		Rouge			
		Proche IR			
	panchromatique		5,3-3,45 μ m	10cm	

*à la demande tous les 8 heures

** les images peuvent être captées à tout moment c'est-à-dire à volonté selon les altitudes, les résolutions souhaitées.

Source : <http://eoedu.belspo.be/fr/satellites/pleiades.htm> et <http://www.delair-tech.com/fr/packages-fr/big-mapper/caracteristiques/>

La capacité de revisite des images Pléiade est journalière avec une fauchée de 20 km au Nadir. Un seul satellite pléiade peut acquérir 450 images par jour. Les images pléiade sont utilisées dans les domaines militaires, civiles (géologie, foresterie, agriculture, humanitaire...).

Les capteurs de drone peuvent produire des images de 3 cm de résolution.



Source: <http://www.geo-airbusds.com/en/5751-image-detail?img=35985&search=&market=49&world=0&sensor=0&continent=0&keyword>

Photo 2. Pléiade Afrique du sud (a) et RDC (b)



Photo 3. Images de haute résolution de la forêt (Sud Cameroun)

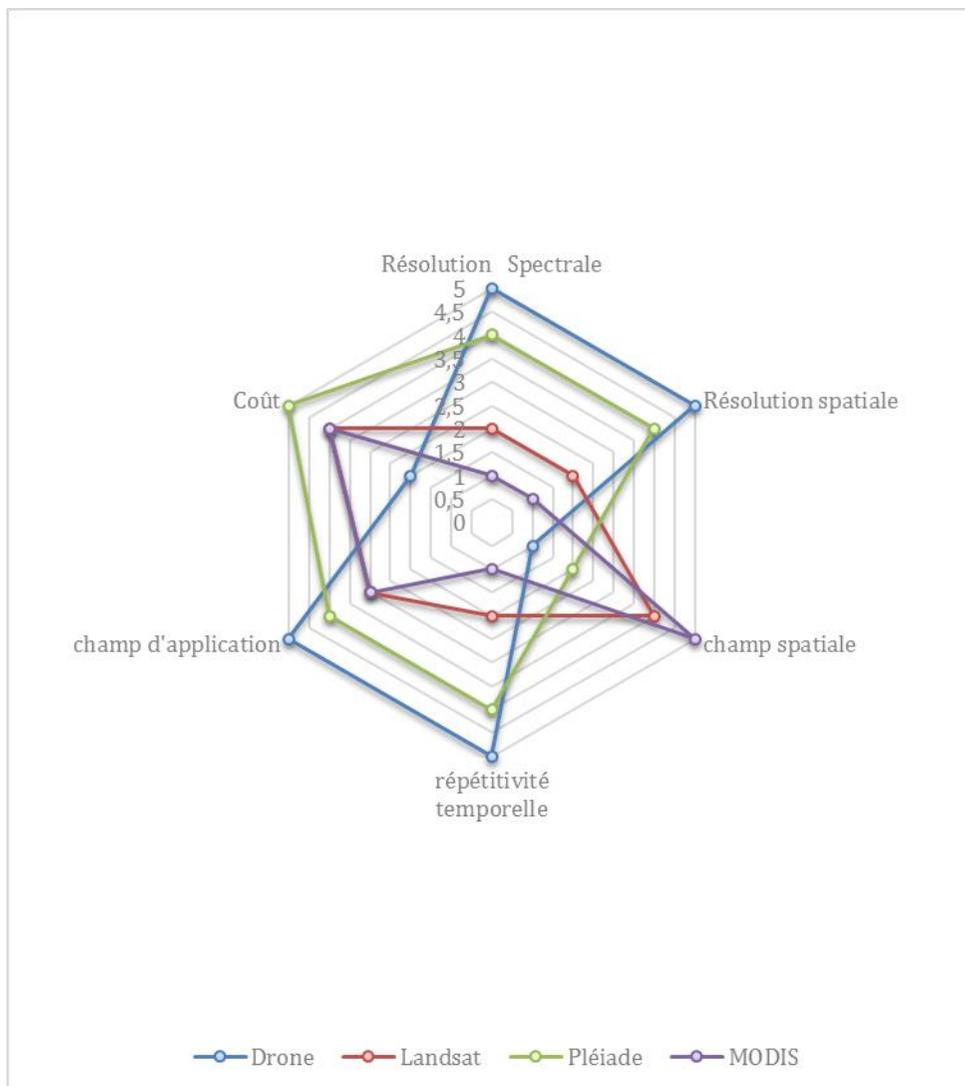


Figure 1. Comparaison des caractéristiques entre les images satellitaires (MODIS, Landsat 8, Pléiade) et de drone

Au regard de la comparaison présentée dans la figure précédente, il ressort que les images de drones sont les plus appropriées par rapport à la résolution spatiale, la résolution spectrale, le prix, et la période de répétitivité. Mais les drones ont la fauchée la plus petite par rapport aux autres capteurs. En plus de la qualité, le drone donne l'avantage de la flexibilité de temps d'acquisition, de résolution spectrales et spatiales et surtout de coût. Bien évidemment les images Pléiades

occupent le second rang gangant dans le champ spectral. Les capteurs Landsat et MODIS gagnent en grande fauchée. Du point de vue de la précision et des coûts, les images de drones s'avèrent être les plus adéquates. Plus encore, les drones selon les altitudes de vols peuvent atteindre des résolutions de 15 cm en multispectrale et proche infrarouge laissant ainsi libre court.

3. Les drones entre l'humanitaire, les suivi de la dynamique des ressources, la communication et le social

Les drones sont principalement utilisés dans le bassin du Congo à des fins humanitaires. La MONUSCO et récemment l'armée camerounaise les utilisent la première pour le maintien de la paix et la seconde pour les surveillances, l'espionnage, et la détection des mouvements ennemis. Plusieurs media internationaux utilisent cette technologie pour des reportages et des prises de vue aérienne.

La livraison des produits de première nécessité (médicaments et nourriture) par les drones aux populations des zones enclavées est une opportunité saisie au Rwanda et en RDC par les organismes humanitaires (<https://ecceafrica.com/red-line-revolution-drones/>).

Ces trois dernières années ont vu apparaître une génération de chercheurs s'intéresser à l'utilisation des drones pour la recherche. Cette activité est basée sur le monitoring des forêts, de la biodiversité et de la faune. Ces études ont permis de montrer l'efficacité des drones tant dans leur flexibilité que dans le rendu finale des images fournies. Le suivi de la déforestation et de la dégradation dans le cadre de la REDD+ et de la lutte contre le changement climatique est révolutionné grâce au drone à voilure fixe (Capelouto, Gallacher et Lisein, 2013). Plus spécialement dans le cadre de la modélisation de la canopée et des inventaires forestiers, les drones volent à basse altitude, mais génèrent des images des hautes résolutions permettant un monitoring à l'échelle locale de la biodiversité(Lisein, 2013).

Les essences arboricoles sont discriminées, les hauteurs sont évaluées et les modèles de canopée sont générés grâce à des images de drone (Koh and Wich, 2012 ; Lisein, Bonnet et *al.*, 2014 ; Lisein, Michez et *al.*, 2014). Dans le même sens le suivi de la déforestation dans le cadre de la mise en place de MRV serait renforcé par l'utilisation des UAV pour les monitoring locaux. Plus encore, les améliorations de l'utilisation des drones concourent amplement à la mise en place d'un monitoring local basé sur les communautés (Paneque-Gálvez, McCall et *al.*, 2014, Torres and Skutsch 2015). Mais on note une rareté de l'utilisation des images des drones dans le suivi de la déforestation et de la dégradation. Quels peuvent être les raisons qui influencent ce déficit d'engouement?

4. Entraves institutionnelles à l'utilisation des drones dans le bassin du Congo

Le motif financier ne saurait être mis en avant car au vu des coûts d'acquisition, les drones demeurent les moins chers. Les causes sont ailleurs puisque si l'on s'en tient au résultat aux conclusions de Linchant, Lejeune et *al.* (, Linchant, Vermeulen et *al.* (2013), Linchant, Lejeune et *al.* (2014), Linchant, Lisein et *al.* (2015). On pourrait aussi affirmer que les acteurs ou experts des domaines d'application respectifs ne trouvent pas la nécessité de déploiement des drones. Le déplacement de l'expertise européenne est à n'en point douter l'une des raisons puisque les coûts de transports, de location et de consultation se chiffrent à des dizaines de milliers d'Euros. Le manque de l'expertise à l'échelle locale représente un facteur limitant. Il y a une nécessité de création et d'implantation des bureaux de prestation, spécialisés dans ce domaine. des cabinets disposant de drones quadricoptères au Cameroun exercent dans le domaine de l'audiovisuel (clip vidéo, film, prise de vue aérienne).

Le vide juridique et la situation sécuritaire dans le bassin du Congo représentent des blocages certains pour l'utilisation des drones. Les textes et lois sur les aéronefs et infrastructures aéroportuaires ne mentionnent pas spécifiquement les drones de basses et de hautes altitudes. Cette absence de textes peut entraîner des abus de la part des autorités et des usagers. Ceci

représente un couteau à double tranchant. L'Agence pour la Sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) qui représente l'autorité aéronautique, ne dispose pas de réglementation en vigueur sur le sujet. Sur ce point, les pays développés ont les mêmes problèmes. Même si certains pays comme la France ou la Belgique ont déjà statué sur la question, il existe encore un vide juridique (Gregory , Fargeon and Lefaudeux 2008, Cavoukian 2012, Chamayou 2013, Vilmer 2013, Swart 2014, Reh fuss 2015). Les autorisations de survol des territoires nationaux dans les pays du bassin du Congo sont des documents importants à acquérir auprès des administrations concernées.

Le drone offre une opportunité pour le suivi des activités à l'échelle locale. Les exploitants forestiers dans la mesure du possible peuvent s'en servir pour le suivi des activités pré exploitation, exploitation et post exploitation. Le suivi des inventaires et identification de la ressource, la réalisation des projets routes et parcs avant exploitation, le suivi de l'ouverture des routes et autres dégâts de l'exploitation forestière reposent sur l'utilisation des outils pouvant fournir des images de haute résolution. Le développement des drones de plus en plus performants et moins coûteux représente une aubaine pour le domaine de la recherche. L'étude de la déforestation et la dégradation à une large échelle peut être complétée par des images de drone au niveau local. La dégradation, plus difficile à monitorer, trouve les images de drone de haute résolution comme un outil approprié de suivi efficace (Sufo et *al.*, 2016).

Conclusion.

L'avènement des UAV a révolutionné le secteur aéronautique boostant ainsi les le domaine militaire, de la recherche, de l'humanitaire et de la sécurité. De plus en plus le monitoring des forêts et de la biodiversité que regorgent le bassin du Congo représente des enjeux importants. Les produits issus des drones loin de concurrencer ceux des satellites, se positionnent comme un complément à l'échelle plus locale. Le drone offre une opportunité de monitoring des forêts dans un contexte de mutation du couvert forestier et de changement

climatique. Les drones offrent des pistes non négligeables dans la résolution des problèmes d'acquisition des images et de monitoring des activités en milieu forestier parfois difficile à percevoir.

Bibliographie

- Apuuli, K. P., 2014. "The use of unmanned aerial vehicles and united nations peacekeeping: the case of monusco in the Democratic Republic of the Congo." *African Yearbook of International Law Online/Annuaire Africain de droit international Online* 19(1): 325-342.
- Asner, G. P., M. Keller, R. Pereira Jr and J. C. Zweede, 2002. "Remote sensing of selective logging in Amazonia: Assessing limitations based on detailed field observations, Landsat ETM+, and textural analysis." *Remote Sensing of Environment* 80(3): 483-496.
- Baconnet, A., 2014. "Au pays des drones." *Outre-Terre* 38(1): 245-248.
- Barbey, C., J. Helbert, A. Jaën, E. Pagot, J.-C. Samalens, L. Valette, C. Germain, D. Guyon and J.-P. Wigneron, 2014. "Comparaison des images pleiades et drone pour la viticulture de precision dans le cadre du programme earthlab." *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection* N° 208: 123.
- Beaudoin, L., A. Gademer, S. Monat, C. Cherron and J.-P. Rudant "Réalisation d'un drone pour des missions de télédétection THR environnementales à la demande."
- Boutherin, G., 2010. "Un nouveau combat pour les UAV?" *Sécurité globale* 14(4): 111-124.
- Boutherin, G. and E. Goffi, 2010. "Les UAV armés sous le feu des débats." *Defense Nationale et Securite Collective-Edition Francaise* (735): 114.
- Brown, D. S., K. Bird, N. Cerutti, P. Gatto, F. Diaw, C. Fomété, T. Luttrell, C. Navarro, G. Oberndorf and R. Thiel, 2009. *Bois légal: vérification et gouvernance dans le secteur forestier*, CIFOR.
- Brown S., P. T., Moore N., Parveen A., Ambagis S., Shoch D., 2005. Impact of selective logging on the carbon stocks of tropical forests: republic of Congo as a case of study. , winrock international: 21.
- Capelouto, A. Gallacher et Lisein, 2013."Feasibility of Using Drones in *Environmental Decision Making*."

- Cavoukian, A., 2012. Privacy and drones: Unmanned aerial vehicles, Information and Privacy Commissioner of Ontario, Canada.
- Chamayou, G., 2013. *Théorie du drone*, La Fabrique éditions.
- Clarke R., 2014. "What drones inherit from their ancestors." *Computer Law & Security Review* 30(3): 247-262.
- De Wasseige C. and Defourny P., 2004. "Remote sensing of selective logging impact for tropical forest management." *Forest Ecology and Management* 188(1-3): 161-173.
- Demaze, M. T., 2007. La déforestation en Amazonie brésilienne : une rupture apparente entre développement et environnement. Le Mans, 23p. http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/30/89/73/PDF/Tsayem_deforestation_Amazonie.pdf
- Du, L., T. Zhou, Z. Zou, X. Zhao, K. Huang and H. Wu, 2014. "Mapping Forest Biomass Using Remote Sensing and National Forest Inventory in China." *Forests* 5(6): 1267.
- Everaerts, J., 2008. "The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for remote sensing and mapping." *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 37: 1187-1192.
- Fargeon, C. and F. Lefaudeux, 2008. "Les drones au service de la sécurité et de l'environnement." *Revue de l'Électricité et de l'Électronique* 6: 32.
- Fuller, D. O., 2006. "Tropical forest monitoring and remote sensing: A new era of transparency in forest governance?" *Singapore Journal of Tropical Geography* 27(1): 15-29.
- Goodyer, J., 2013. "Drone rangers." *Engineering & Technology* 8(5): 60-61.
- Hardin, P. J. and T. J. Hardin (2010). "Small-Scale Remotely Piloted Vehicles in Environmental Research." *Geography Compass* 4(9): 1297-1311.
- Havens, K. J. and E. J. Sharp, 2016. Chapter 3 - Remote Sensing. *Thermal Imaging Techniques to Survey and Monitor Animals in the Wild*. K. J. H. J. Sharp. Boston, Academic Press: 35-62.
- Hippler, T. *Chapitre État du monde 2015. Drones: le triomphe d'une nouvelle arme?*, La Découverte.
- Holton, A. E., S. Lawson and C. Love (2015). "Unmanned Aerial Vehicles." *Journalism Practice* 9(5): 634-650.
- KAKAES K., 2015. "What drones can do and how they can do it." *drones and aerial observation: new technologies for property rights, human rights, and global development a primer*: 9.

- Keane, J. F. and S. S. Carr, 2013. "A brief history of early unmanned aircraft." *Johns Hopkins APL Technical Digest* 32(3): 558-571.
- Keenan, R. J., G. A. Reams, F. Achard, J. V. de Freitas, A. Grainger and E. Lindquist, 2015. "Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015." *Forest Ecology and Management* 352: 9-20.
- Koh, L. P. and S. A. Wich, 2012. "Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation." *Tropical Conservation Science* 5(2): 121-132.
- Laliberte, A. S., J. E. Herrick, A. Rango and C. Winters, 2010. "Acquisition, orthorectification, and object-based classification of unmanned aerial vehicle (UAV) imagery for rangeland monitoring." *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 76(6): 661-672.
- Linchant, J., P. Lejeune and C. Vermeulen, 2014. "Les drones au secours de la grande faune menacée de RDC." *Parcs et Réserves* 69(3): 5-13.
- Linchant, J., J. Lisein, J. Semeki, P. Lejeune and C. Vermeulen, 2015. "Are unmanned aircraft systems (UASs) the future of wildlife monitoring? A review of accomplishments and challenges." *Mammal Review* 45(4): 239-252.
- Linchant, J. C., Vermeulen J., Lisein, Lejeune P. and Bouché P., 2013. *Using drones to count the elephants: a new approach of wildlife inventories*. 31st Congress of the International Union of Game Biologists.
- Lisein, J., 2013. *Le drone: un nouvel outil au service de l'inventaire des ressources forestières*. Réunion de travail à l'IGN France, laboratoire MATIS.
- Lisein J., Bonnet S., Lejeune P. and Pierrot-Deseilligny M., 2014. "Modélisation de la canopée forestière par photogrammétrie depuis des images acquises par drone." *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection* 206: 45-54.
- Lisein, J., Michez A. and Lejeune P., 2014. *Discrimination des essences forestières via des collections d'images multidates acquises par drone*. Colloque scientifique francophone Drones et moyens légers aéroportés d'observation.
- Lutete, C. (2012). "Guerre dans l'Est de la Rdc: l'ONU prête à l'utilisation des drones de surveillance." [Digitalcongo. net, http://www.digitalcongo.net/article/88116](http://www.digitalcongo.net/article/88116).
- Masek, J. G., Hayes D. J., Joseph Hughes M., Healey S. P. and Turner D. P., 2015. "The role of remote sensing in process-scaling studies of managed forest ecosystems." *Forest Ecology and Management* 355: 109-123.

- Paneque-Gálvez, J., McCall M. K., Napoletano B. M., Wich S. A. and Koh L. P., 2014. "Small drones for community-based forest monitoring: an assessment of their feasibility and potential in tropical areas." *Forests* 5(6): 1481-1507.
- Rasmussen, J., Nielsen J., Garcia-Ruiz F., Christensen S. and Streibig J. C. 2013. "Potential uses of small unmanned aircraft systems (UAS) in weed research." *Weed Research* 53(4): 242-248.
- Rehfuss A., 2015. "Domestic Use of Drones and the Fourth Amendment, The." *Alb. Gov't L. Rev.* 8: 313.
- Rhiat, A., L. Moisan and C. Perche "Un système de collecte de données dans un entrepôt à l'aide d'un Drone."
- Romijn, E., C. B. Lantican, M. Herold, E. Lindquist, R. Ochieng, A. Wijaya, D. Murdiyarto and L. Verchot, 2015. "Assessing change in national forest monitoring capacities of 99 tropical countries." *Forest Ecology and Management* 352: 109-123.
- Sandvik, K. B. and M. G. Jumbert, 2015. "Les drones humanitaires." *Revue internationale et stratégique*(2): 139-146.
- Sartre P., 2013. "Drones de guerre." *Études* 419(11): 439-448.
- Swart X., 2014. "Drones have practical applications: SAGI." *IMIESA* 39(2): 26-28.
- Tang, L. and G. Shao, 2015. "Drone remote sensing for forestry research and practices." *Journal of Forestry Research*: 1-7.
- Torres, A. B. and M. Skutsch, 2015. "Special Issue: The Potential Role for Community Monitoring in MRV and in Benefit Sharing in REDD+." *Forests* 6(1): 244-251.
- Valavanis, K. P., 2008. *Advances in unmanned aerial vehicles: state of the art and the road to autonomy*, Springer Science & Business Media.
- Vilmer, J.-B. J., 2013. "Légalité et légitimité des drones armés." *Politique étrangère*(3): 119-132.
- Watts, A. C., V. G. Ambrosia and E. A. Hinkley (2012). "Unmanned aircraft systems in remote sensing and scientific research: Classification and considerations of use." *Remote Sensing* 4(6): 1671-1692.
- WICH, S. A., 2015. "Drones and conservation." *drones and aerial observation: new technologies for property rights, human rights, and global development a primer*. 63. <http://conservationdrones.org/> consulté le 03 novembre 2015.

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Pour faciliter l'édition, les auteurs sont invités à suivre les recommandations suivantes :

1-Volume de la contribution : sauf dérogation exceptionnelle accordée par la direction pour des raisons scientifiques, aucun article ne doit occuper plus de 15 pages bibliographie et annexes inclus dans notre revue, aucune note ou aucun compte-rendu plus de 7 pages, tout compris, sachant qu'une page de la revue contient environ 500 mots.

2- Le manuscrit : il doit être soumis en version électronique. La première page indiquera : le titre de l'article (il doit être concis mais complet et précis), le nom de l'auteur suivi de son titre académique, le nom de l'institution où a été effectué le travail et son adresse, le résumé, les mots clés (entre 5 et 7), l'Abstract, les Key Word. Le texte doit être saisi au format A4 avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page doit être numérotée. Les subdivisions du texte doivent être bien hiérarchisées en chiffre arabe.

3- Il est demandé à l'auteur d'envoyer son texte traité en WORD sur PC ou Macintosh par courriel à l'adresse suivante :

rigager@gmail.com

4- Le résumé : tout article doit être accompagné d'un résumé en français et d'un abstract en anglais, chacun n'excédant pas 200 mots. Le résumé et l'abstract doivent permettre au lecteur d'apprécier exactement l'intérêt de l'article, de connaître avec précision les méthodes employées, les résultats obtenus et les problèmes posés. Ils doivent être rédigés avec le plus grand soin, dans une langue claire.

5- Références bibliographiques : elles doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (Atango, 1975). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de : "et *al.*"

Références bibliographiques

A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique et de date pour un même auteur.

Ouvrages imprimés

NOM, Prénom ou Initiales. Année de publication, *Titre en italique*. Lieu d'édition : Editeur, nombre de pages p.

Ouvrages électroniques

NOM, Prénom ou Initiales. Année de publication recommandée. *Titre en italique*. [en ligne ou cédérom ou bande magnétique ou disquette], Lieu d'édition : Editeur, [référence du JJ/mois/AAAA (date à laquelle le document a été consulté)]. Renseignements nécessaires pour localiser ou identifier le document cité (ex. URL).

Chapitre dans un ouvrage imprimé

Nom, Prénom ou Initiales. Année de publication, Titre du chapitre. In : NOM, Prénom ou Initiales (éd.), *Titre de l'ouvrage en italique*. Lieu d'édition

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

In order to facilitate editing, authors are requested to follow the following recommendations :

1- Volume of the contribution; giving that, a page of our Review should contain about 500 words and apart from exceptional derogation granted by the editorship for scientific reasons, no article, with everything included, should be longer than 15 pages, also, no note, or no review should exceed 7 pages, knowing that one page of the Journal contains about 500 words.

2- The manuscript: it must be submitted in electronic version. The first page will indicate: the title of the article (which should be concise, complete and precise), the name of the author shall be followed by his academic rank, the name and the address of the institution where the research had been carried out, the Abstract, Key Words, Résumé, Mots clés (within 5 and 7). The text must be typed on the A4 format with double spacing on one side of the paper only. Each page shall be numbered, and the subdivisions of the text well structured.

3- Authors are strongly advised to send their texts through Internet in word on P.C or Macintosh at **rigager@gmail.com**

4- The abstract: every text must be accompanied with an abstract of not more than 200 words, and translated into the other language of the Journal. The abstract should enable the reader to understand the main focus of the article and to know the methods used, the results reached, and the problems raised. It must be written with the maximum of care and lucidity.

5- Bibliographic references: reduced to the ones absolutely necessary to a good understanding of the text, they must be quoted in the text in the following manner: (Atango, 1975). Where there are more than three authors, only the first one shall be cited followed by & *al.* At the end of the article, the references constituting the bibliography must be quoted in their chronological order for the same author.

References

At the end of the article, the references constituting the bibliography must be quoted in alphabetical order and date for the same author.

Printed book

Name, Surname or Initials. Year, *Title in italics*. Place of publication : Publisher, number of pages

Electronic Book

Name, Surname or Initials. Year. Title in italics. [Online or CD rom or magnetic band or disk], place of publication, Publisher, Date

: Editeur, nombre de pages p.

Rapports imprimés

NOM, Prénom ou Initiales. Année de publication. *Titre en italique*. Lieu de publication,

Travaux universitaires

Nom, Prénom ou Initiales. Année de soutenance, *Titre du mémoire ou de la thèse en italique*. Nature de la thèse ou du mémoire, Université de soutenance, Nombre de pages p.

Articles de périodiques imprimés

NOM, Prénom ou Initiales. Année de publication, Titre de l'article. *Titre du périodique en italique*, volume et/ou numéro, pagination

Articles de périodiques électroniques

NOM, Prénom ou Initiales. Année de publication, Titre de l'article. *Titre du périodique en italique*, [en ligne ou cédérom ou bande magnétique ou disquette], volume et/ou numéro, [référence du JJ mois AAAA (date à laquelle le site a été consulté)]. Renseignements nécessaires pour localiser ou identifier le document cité (ex. URL)

Communication dans un congrès

NOM, Prénom ou Initiales. Titre de la communication. In : NOM, Prénom ou Initiales (éd.), *Titre du congrès, Lieu du congrès, Date du congrès*. Lieu d'édition : Editeur, Date de publication, pagination

Sites web consultés

Nom du site. [Référence du JJ mois AAAA (date à laquelle le site a été consulté)], URL du site
Ex.

Le magazine des semences du monde végétal, qu'est-ce que la biodiversité ? In Biodiversité <http://www.semences.mag.fr/lessemencesaucoeurdelavie>, 18-02-2009 consulté le 26-10-2009 www.crdi.ca/un_fucus.

6 - Les notes infrapaginales: elles doivent être en bas de chaque page et mentionnées dans le texte par leur numéro respectif.

7 - Les cartes et graphiques : ils doivent être produits à l'échelle définitive avec des dimensions adaptées au format de la revue.

8 - Les photographies : il faut fournir des tirages bien contrastés en couleur. Lorsque les photographies ne sont pas originales, l'auteur doit se charger d'obtenir, au préalable, les autorisations nécessaires.

9 - Les tableaux et les figures : ils doivent être numérotés en chiffres arabe. Pour chaque tableau, le titre doit être placé avant alors que pour la figure, son titre est placé après.

Tout article soumis n'est pas immédiatement accepté. Il ne peut en être fait état dans vos publications qu'après acceptation par le comité scientifique. Par ailleurs, les articles ne peuvent pas être soumis à plusieurs revues en même temps ou avoir déjà fait l'objet d'une publication.

L'évaluation

Les articles sont soumis à l'avis d'un comité de

the publication was found, [Reference of DD/Month/AAAA (Actual date the document was consulted)]. Necessary way to find or identify the location of the document (ex. URL).

Chapter in a Printed Book

Name, Surname or initial, Year of publication Chapter title. In: name, surname or initial (ed.), *title of the book in italics*. Place of publication, Publisher, Number of pages, p.

Printed Report

Name, Surname or Initials. Year of publication. *Title in italics*. Place of publication.

University Work

Name, Surname or Initials. Year of defense, *Title of the dissertation or thesis in Italics*. Nature of the thesis or dissertation, University of defense, Number of pages, p.

Article in a Printed Review

Name, Surname or Initials. Year, Title of the article. *Title of the Review in Italics*, Volume and/or Number, Page

Article in an electronic review

Name, Surname or Initials. Year. Title of the review in italics, [Reference of DD/Month/AAAA (Actual date the document was consulted)]. Necessary way to find or identify the location of the document (ex. URL)]

Presentation at a convention, colloquium, congress

Name, Surname or Initials. Year, Title of presentation, In: Name, Surname or Initials. (ed) Year, Title of convention (in italics), Place of the convention (in Italics), Date of convention (In italics), Place of publication. Publisher, Number of pages, p.

Web Sites consulted

Site name [Reference of DD/Month/AAAA (Actual date the document was consulted)]. Necessary way to found or identify the location of the document (URL of the site)]
Ex.

Le magazine des semences du monde végétal, qu'est-ce que la biodiversité ? in *Biodiversité* <http://www.semences.mag.fr/lessemencesaucoeurdelavie>, 18-02-2009 consulté le 26-10-2009

www.crdi.ca/un_fucus.

6- The Footnotes: they must be put at the end of each page in exactly the same order as they appear in the article.

7- Maps and graphs: they must be produced to their final scales with the dimensions adapted to the format of the Journal.

8- The photographs: black and white, well contrasted photographs must be produced. For photographs, which are not taken by the author himself/herself, the latter should endeavor to copyright their sources.

9 - Tables and figures: they should be

lecture, comme pour les revues imprimées, selon les étapes suivantes :

Au moins deux lecteurs sont choisis parmi les membres du comité éditorial pour donner leur avis.

Une synthèse de ces informations (acceptation ou rejet, demandes de modifications ou de compléments) est communiquée à l'auteur, qui retourne alors une version révisée selon les recommandations. Veuillez-vous conformer aux instructions du "guide de soumission aux auteurs" en ligne sur la plate-forme. Les articles acceptés sont mis en ligne pour un libre accès en mode lecture simple sur le site web. Les frais associés à l'évaluation et à la mise en ligne d'un article sont de 20 000 FCFA (30,5 €). Un tiré-à-part numérique coûte 3500 FCFA (5 €), un volume numérique coûte 13500 FCFA (20 €), un volume papier coûte 32500 (50 €).

L'article électronique comporte des potentialités inédites en permettant l'accès instantané à un réseau de ressources, de références et de débats. Nous encourageons donc fortement les auteurs à insérer des liens hypertextes vers leurs sources (articles cités, simulations, bases de données etc.) de façon à accroître l'interactivité. De notre côté, nous nous engageons à publier les réactions argumentées que votre article aura suscitées.

Les droits d'auteurs

RIGAGER est une revue en ligne avec version papier, l'auteur conserve intégralement ses droits d'auteur tout en donnant l'autorisation à la revue de publier son article.

Le texte

Le **texte** : veuillez appliquer le style "Normal" sans tabulation. N'utiliser en aucun cas les tabulations, espaces ou saut de page, ils disparaîtront à la mise en ligne.

Pour les **titres**, veuillez appliquer le style. Titre 1, Titre 2, Titre 3 selon les niveaux dans Microsoft Word.

Les **liens** doivent renvoyer vers des sites accessibles sur le web et non pas vers des fichiers en local.

Les **tableaux** seront faits sous word par le menu "tableau + insertion"

Les **graphiques** Excel seront convertis en images

Les **citations** sont indiquées entre guillemets et en italique. Les références des citations se font directement dans le texte et non par note de bas de page. Une citation se termine par une parenthèse indiquant l'auteur, l'année. Ex. (Tchotsoua, 2001 ; Havard, 2001). Si le nom de l'auteur est cité dans la phrase, indiquez la date. Les **notes** se trouvent en bas de page avec un appel de notes dans le texte.

L'orthographe et la syntaxe

La revue attend des auteurs que leur article soit rédigé conformément aux règles courantes

numbered in Arabic numerals, but the first have their titles above them, whereas the latter have theirs below.

Submitted articles are not accepted immediately. This can only be reflected in your publications only after acceptance by the Scientific Committee. In addition, articles cannot be submitted to several journals at the same time or should not have already been published.

The evaluation

The articles are submitted to the opinion of a reading committee, as for the printed magazines, according to the following stages: At least two readers are chosen from the members of the editorial board to give their opinion.

A summary of this information (acceptance or rejection, requests for modifications or additions) is communicated to the author, who then returns a revised version according to the recommendations. Please follow the online "author submission guide" instructions on the Web site.

Accepted articles are posted online for a free access on the Journal site

The costs associated with the evaluation and putting on line of an article are 20 000 CFAF (30,5 €). A digital release costs 3500 CFAF (5 €), a digital volume costs 13500 CFAF (20 €), a paper volume costs 32500 (50 €).

The electronic article has unprecedented potentialities by allowing instant access to a network of resources, references and debates. We strongly encourage authors to insert hypertext links to their sources (cited articles, simulations, databases, etc.) in order to increase interactivity. For our part, we undertake to publish the reasoned reactions that your article will have aroused.

Copyright

IJGLRM is an on-line magazine with paper version; the author retains all his copyright while giving permission to the magazine to publish his article.

The text

The text: please apply the "Normal" style without tabulation. Do not use tabs, spaces or page breaks; they will disappear when put online.

For titles, please apply Style: Title 1, Title 2, Title 3 according to levels in Microsoft Word. Links should refer to sites that are accessible on the web and not to local files.

The tables will be made under word by the menu "table + insert"

Excel charts will be converted to images

Quotations are in quotation marks and in italics. References to citations are made directly in the text and not by footnote. A quotation ends with a parenthesis indicating

d'orthographe et de syntaxe. Une relecture attentive est donc exigée de la part des auteurs avant soumission. Un article qui ne respecterait pas les règles élémentaires d'écriture pourra être rejeté pour ce simple motif.

Les images et les fichiers supplémentaires

Dans l'article, la présentation des images se fait de la façon suivante :

Illustration

Titre de l'illustration

- Source de l'illustration (facultative)
- Légende de l'illustration (facultative)
- Pour les cartes, toujours indiquer l'échelle.

Les **illustrations** doivent être insérées dans votre texte, mais également fournies dans des fichiers à part (fichiers supplémentaires) lors de votre dépôt sur notre plate-forme. Au moment du dépôt du fichier supplémentaire, veuillez entrer les informations suivantes dans le titre :

NomAuteur_TypeFigureNumFigure

Exemple : Talla_carte1.jpg/ Talla_tableau1.doc / dupont_figure1.png

Pour éviter toute erreur :

Vous devez insérer chaque image à sa place dans l'article ou, à défaut, indiquer le nom du fichier fourni séparément pour éviter toute confusion dans le placement et l'ordre des figures.

Vous indiquerez également l'emplacement précis des tableaux avec le nom du fichier, que vous avez mis en fichiers supplémentaires afin qu'il n'y ait aucune confusion.

Par ailleurs, n'oubliez pas de vérifier que les renvois cités dans le corps du texte correspondent bien à la numérotation des illustrations avant de déposer votre article.

Le format des images

On recommande aux auteurs de bien vérifier que les illustrations aient une résolution suffisante pour être lisibles à l'impression, au moins 200 à 300 dpi.

Une image insérée dans un document Word prévue dans le corps de l'article devrait faire au minimum de 1 000 pixels de large. Lorsqu'il s'agit d'un fichier placé en annexe, sa largeur devrait être comprise entre 2 500 et 3 500 pixels.

Il est également important de faire en sorte que la qualité de l'image subisse le moins de dégradations possibles au cours de son traitement, et de s'assurer qu'une version retravaillée est autant que possible fidèle à l'originale (il faut s'assurer notamment qu'au moment de la réduction d'une image, les proportions hauteur/largeur sont bien conservées). Vous trouverez ci-dessous à la section "Pour obtenir une qualité optimale" une aide à la réalisation de vos images.

Quelques recommandations essentielles

Dans Photoshop, il est déconseillé de choisir

the author, the year. Ex. (Tchotsoua, 2001, Havard, 2001). If the name of the author is quoted in the sentence, indicate the date.

The notes are at the bottom of the page with a call of notes in the text.

Spelling and syntax

The journal expects authors to have their article written according to the common rules of spelling and syntax. Careful proofreading is therefore required on the part of the authors before submission. An article that does not respect the basic rules of writing may be rejected for this simple reason.

Additional images and files

In the article, the presentation of the images is done in the following way:

Illustration

- Title of illustration
- Source of illustration (optional)
- Legend of illustration (optional)

For maps, always indicate the scale.

The illustrations must be inserted in your text, but also provided in separate files (extra files) when you deposit on our platform. When submitting the additional file, please enter the following information in the title:

NameAuthor_TypeFigureNumFigure

Example: Talla_carte1.jpg/Talla_table 1.doc / dupont_figure1.png

To avoid mistakes:

You must insert each image in its place in the article or, failing that, indicate the name of the file provided separately to avoid any confusion in the placement and order of the figures.

You will also specify the exact location of the tables with the file name, which you have put in additional files so that there is no confusion.

Also, do not forget to check that the references cited in the body of the text correspond to the numbering of the illustrations before depositing your article.

The format of the images

Authors should check that the illustrations have a resolution sufficient to be legible at least 200 to 300 dpi.

An image inserted into a Word document provided in the body of the article should be at least 1,000 pixels wide. For a file in the appendix, its width should be between 2,500 and 3,500 pixels.

It is also important to ensure that the quality of the image suffers the least possible degradation during its processing, and to ensure that a reworked version is as faithful as possible to the original (It is necessary to ensure, in particular, that at the time of the reduction of an image, the proportions height / width are well preserved). You will find below in the section "To obtain an optimal

l'option « Enregistrer pour le Web », afin de limiter certaines dégradations de l'image (la diminution de la résolution notamment) ; il est donc préférable d'utiliser l'option « enregistrer sous » qui permet de conserver la meilleure qualité possible d'une image au moment de son enregistrement.

L'enregistrement d'une image pour publication sur le Web peut se faire au format GIF, JPEG ou PNG, mais ne devrait se faire qu'au format JPEG ou PNG. Pour l'édition électronique, les images couleurs au format JPEG et PNG doivent être en mode RVB et non en mode CMJN (utilisé pour l'impression).

Dans quels cas utiliser ces formats d'image

Le format de compression GIF est utilisé pour les images contenant des aplats de couleurs, et peu de dégradés (illustrations, dessins...); ce format est à éviter autant que possible, notamment pour les photographies, car il ne supporte que 256 couleurs et dégrade fortement la qualité des images ;

Si vous utilisez un logiciel de traitement d'image, reportez-vous à sa documentation pour connaître la manière d'enregistrer l'image aux formats JPEG ou PNG dans la meilleure qualité possible.

Il est déconseillé d'utiliser le format PNG pour des images contenant des zones de transparence car ces zones seront mal interprétées par certains navigateurs et perdront leur transparence.

Pour obtenir une qualité optimale

Les formats d'images pour le Web avec perte (JPEG et GIF) dégradent la qualité de l'image, notamment en supprimant ou en remplaçant des pixels. Le but de ce type de format est de produire une image d'un poids moins important que l'originale, en jouant sur des altérations normalement invisibles (ou quasiment invisibles) à l'œil nu.

L'enregistrement dans un de ces formats ne doit intervenir qu'à la fin du traitement de l'image, lorsque celle-ci est prête à être publiée de manière définitive, la qualité de l'image se dégradant un peu plus à chaque nouvel enregistrement, de manière irréversible, ce qui peut produire des images au final totalement illisibles ou inexploitable au moment de leur publication. Il est donc fortement recommandé d'enregistrer une image dans ces formats uniquement lorsque toutes les modifications souhaitées ont été apportées à l'image.

Jusqu'à sa dernière modification, l'image ne devrait donc être enregistrée que dans des formats sans perte (PSD, PNG, TIFF) et à la fin au format JPEG ou GIF. Le format PNG est le plus recommandé.

Les titres des illustrations

Les titres des tableaux sont placés au-dessus et numérotés aux chiffres arabes. Pour les autres

quality" a help to the realization of your images.

Some key recommendations

In Photoshop, it is not recommended to choose the option "Save for the Web", in order to limit certain degradations of the image (the reduction of the resolution in particular); It is therefore preferable to use the option "save as" to keep the best possible quality of an image at the time of recording.

Saving an image for publication on the Web can be done in GIF, JPEG or PNG format, but should only be in JPEG or PNG format. For electronic publishing, color images in JPEG and PNG format must be in RGB mode and not in CMYK mode (used for printing).

When to use these image formats

The GIF compression format is used for images containing flat areas of colour, and few gradients (illustrations, drawings ...); This format is to be avoided as much as possible, especially for photographs, because it only supports 256 colours and greatly degrades the quality of the images;

If you are using image processing software, see the documentation for how to save the image in JPEG or PNG format in the best possible quality.

It is not recommended to use the PNG format for images containing areas of transparency because these areas will be misinterpreted by some browsers and will lose their transparency.

For optimum quality

Image formats for Web (JPEG and GIF) degrade image quality, such as removing or replacing pixels. The purpose of this type of format is to produce an image of less weight than the original, playing on alterations normally invisible (or almost invisible) by the eye.

The recording in one of these formats must take place at the end of the processing of the image. That is when the image is ready to be published definitively. For the quality of the image deteriorates a little more each time irreversibly and that can produce images that are totally illegible or unusable at the time of their publication. It is therefore strongly recommended to save an image in these formats only when all the desired changes have been made to the image.

Until its last modification, the image should be saved only in lossless formats (PSD, PNG, TIFF) and at the end in JPEG or GIF format. The PNG format is most recommended.

Titles of illustrations

The titles of the tables are placed above and numbered with Arabic numerals. For the other illustration's (figures, photos, boxes), the titles are placed after. The titles do not

illustrations (figures, photos, encadrés), les titres sont placés après. Les titres n'apparaissent pas dans l'illustration, mais dans le texte et respectent la présentation suivante :
Figure 1. Evolution des types d'occupation du sol sur le plateau de l'Adamaoua entre 2000 et 2016.

Les sources des illustrations

La source de l'illustration doit être indiquée clairement. On précisera la source des données ayant permis la réalisation de l'illustration (par exemple : Earth Explorer, 2001) et la source de l'illustration elle-même si l'auteur utilise une illustration déjà publiée dans un ouvrage.

appear in the illustration but in the text and respect the following presentation:

Figure 1. Evolution of land-use patterns on the Adamaoua plateau between 2000 and 2016.

Sources of illustrations

The source of the illustration must be clearly indicated. The source of the data used to produce the illustration (e.g., Earth Explorer, 2001) and the source of the illustration itself should be specified if the author uses an illustration already published in a book.